

ing. Cristina – Otilia Voicu

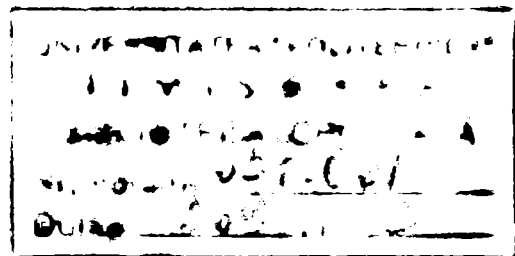
TEZA DE DOCTORAT

CONTRIBUȚII LA STUDIUL INFLUENȚEI TERENULUI
DE FUNDARE ASUPRA VIABILITĂȚII DRUMURILOR
ÎN CONDIȚIILE ZONEI DE CÂMPIE A BANATULUI

Conducători științifici : prof. dr. ing. Laurențiu Nicoară

prof. dr. ing. Ion Costescu

BIBLIOTECA CENTRALA
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"
TIMISOARA



TIMISOARA 2003

CUPRINS

PREFAȚĂ	5
Cap. I. INTRODUCERE	7
1.1. Elemente generale ale strategiei de dezvoltare a infrastructurii transporturilor rutiere din România în perioada următoare	9
1.1.1. Reabilitarea drumurilor naționale.....	10
1.1.2. Construcția de autostrăzi	11
1.1.3. Întreținerea și repararea drumurilor	12
1.1.4. Perfecționarea administrării și gestiunii drumurilor	13
1.2. Rolul ingineriei geotehnice în creșterea viabilității căilor de comunicație terestre	14
Cap. II. PARTICULARITĂȚI TEHNICO-GEOLOGICE ȘI GEOTEHNICE ALE ZONEI DE CÂMPIE A BANATULUI	20
2.1. Condiții geologico-morfologice și seismo-tectonice	20
2.2. Condiții hidrologice și hidrogeologice	24
2.3. Condiții climaterice și pluviometrice	26
2.4. Particularități și aspecte geotehnice	27
2.4.1. Aspecte geotehnice caracteristice Câmpiei Timișului	29
2.4.2. Aspecte geotehnice caracteristice Câmpiei Vingăi	39
2.4.3. Aspecte geotehnice caracteristice Câmpiei Arancăi	42
2.4.4. Alte aspecte geotehnice specifice zonei de câmpie a Banatului	44
2.5. Concluzii	50
Cap. III. CERCETĂRI ASUPRA TERENULUI DE FUNDARE LA UNELE DRUMURI ÎN VEDEREA CORELĂRII CARACTERISTICILOR GEOTEHNICE CU VALORILE INDICELUI CBR	52
3.1. Scopul și particularitățile metodei CBR	52
3.2. Considerații asupra unor cercetări destinate perfecționării aparaturii folosite la încercările CBR	59
3.3. Investigații geotehnice asupra terenului de fundare la drumurile luate în studiu	63
3.3.1. Inventarierea și analiza unor date geotehnice existente în arhiva Direcției Regionale de Drumuri și Poduri Timișoara	63
3.3.2. Tipuri de pământuri analizate și caracteristicile lor geotehnice	67
3.4. Metodologia de cercetare și de prelucrare a rezultatelor	68
3.4.1. Amprentele pământurilor analizate	68

3.4.2. Încercări Proctor și de determinare a indicelui CBR	73
3.5. Unele aspecte caracteristice privind metodologia aplicată la prelucrarea rezultatelor	75
3.5.1. Variația valorilor indicelui CBR într-un domeniu de stare definit de w (%) și V ($\text{cm}^3/100 \text{ g}$)	76
3.5.2. Relația de legătură dintre aria relativă a amprentei (A_r) și valoarea indicelui CBR	80
3.6. Concluzii	81
Cap.IV. CONSIDERAȚII ASUPRA ROLULUI STRATULUI DE FORMĂ ÎN SPORIREA VIABILITĂȚII DRUMURILOR ȘI SOLUȚII TEHNICE DE REALIZARE	83
4.1. Elemente principale de definiție a stratului de formă	83
4.1.1. Rolul și funcțiunile stratului de formă	84
4.1.2. Alcătuirea stratului de formă	85
4.1.3. Principii de dimensionare a stratului de formă	87
4.2. Materiale utilizate la realizarea stratului de formă	90
4.2.1. Pământuri și alte agregate naturale	90
4.2.2. Sisteme de clasificare și criteriile de folosire a pământurilor în tehnica rutieră	93
4.2.3. Lianți minerali și puzzolanici	104
4.2.4. Geotextile și geogrilă	113
4.3. Soluții și tehnologii de realizare a stratului de formă	113
4.3.1. Strat de formă realizat din materiale necoezive	113
4.3.2. Strat de formă din pământuri tratate cu var	116
4.3.3. Strat de formă realizat din pământuri stabilizate cu ciment.....	119
4.3.4. Strat de formă realizat din pământ stabilizat cu zgură granulată și var sau ciment	123
4.3.5. Strat de formă realizat din pământ stabilizat cu cenușă de termocentrală	126
4.4. Considerații asupra comportării în timp a stratului de formă realizat din pământuri stabilizate cu lianți minerali	133
4.4.1. Deformațiile pământurilor stabilizate cu lianți minerali la acțiunea solicitărilor mecanice	134
4.4.2. Dilatarea și contracția termică a pământurilor stabilizate cu lianți minerali	136
4.4.3. Contracția hidrolică	139
4.4.4. Comportarea pământurilor stabilizate cu lianți minerali la acțiunea de îngheț-dezghet	142

Cap. V. STUDIUL UNOR DEFEȚIUNI ȘI DEGRADĂRI ALE DRUMURILOR INFLUENȚATE DE NATURA ȘI PROPRIETĂȚILE TERENULUI DE FUNDARE	143
5.1. Defecțiuni și degradări ale drumurilor cu îmbrăcăminte bituminoasă	144
5.1.1. Defecțiuni ale suprafeței de rulare și ale îmbrăcămintei structurii rutiere	144
5.1.2. Defecțiuni și degradări ale structurii rutiere	146
5.1.3. Defecțiuni și degradări ale complexului rutier	153
5.2. Defecțiuni și degradări caracteristice drumurilor cu îmbrăcăminte din beton de ciment	156
5.3. Defecțiuni și degradări caracteristice drumurilor cu îmbrăcăminte din pavale din piatră	164
5.4. Degradări caracteristice drumurilor fără îmbrăcăminți moderne	166
5.5. Studii și cercetări privind cauzele unor degradări produse pe unele drumuri din zona de câmpie a Banatului	170
5.5.1. Studii și cercetări efectuate pe DN 57	171
5.5.2. Studii și cercetări efectuate pe DJ 571	194
5.6. Concluzii	200
Cap.VI. CONCLUZII FINALE	202
BIBLIOGRAFIE	208
ANEXE LA CAPITOLUL III	217

PREFAȚĂ

Cele mai uzitate transporturi sunt cele efectuate pe căile de comunicație terestre, respectiv drumuri și căi ferate, acestea constituind baza infrastructurii economice a societății.

Cu toate că în ultimii 10 ani s-au luat unele măsuri la nivel național și s-au realizat acțiuni privind modernizarea și dezvoltarea rețelei rutiere din țara noastră, starea tehnică a acesteia este necorespunzătoare, fiind sub nivelul exigențelor transportului rutier din Europa, în care dorim și trebuie să ne integrăm. Faptul că peste 40 % din drumurile din afara localităților sunt fără îmbrăcăminti moderne, iar mai mult de jumătate din rețeaua de drumuri are durata de exploatare expirată, confirmă pe deplin condițiile extrem de dificile în care se desfășoară transporturile rutiere în România.

Alături de mulți alți factori, care contribuie la deteriorarea stării tehnice a drumurilor, un rol esențial îl are și factorul geotehnic.

Cunoașterea naturii și proprietăților terenului de fundare, respectiv interpretarea și folosirea corectă a acestora în proiectarea, construcția și întreținerea drumurilor, sunt absolut necesare și uneori chiar hotărâtoare în alegerea unor soluții optime, privind alcătuirea constructivă a structurilor rutiere, tehnologia de execuție a lucrărilor și materialele folosite.

Practica a demonstrat că neglijarea aspectelor de inginerie geotehnică, în general, și de geotehnică rutieră, în particular, conduce în multe situații la degradări mari ale drumurilor și ale lucrărilor de artă aferente, a căror remediere necesită eforturi financiare însemnate.

Având în vedere atât necesitatea obiectivă a modernizării și dezvoltării rețelei rutiere din țara noastră, cât și rolul ingineriei geotehnice în realizarea acestui deziderat, s-a ales și tematica prezentei teze de doctorat, care se axează pe studierea unor aspecte legate de influența terenului de fundare asupra viabilității drumurilor în condițiile zonei de câmpie a Banatului.

Conținutul tezei are un pronunțat caracter aplicativ, oferind unele concluzii și date utile activității rutiere, specifice zonei de câmpie a Banatului.

Teza de doctorat se extinde pe 216 pagini, fiind structurată pe șase capitole, în care sunt incluse 94 figuri și fotografii, 32 relații de calcul și 52 tabele. De asemenea, teza conține și trei anexe aferente capitolului III, însumând 31 pagini.

Autoarea aduce un pios omagiu regretatului prof.dr.ing. Laurențiu NICOARĂ, care i-a fost dascăl și sub a cărei conduceri științifice și-a efectuat o bună parte din activitatea de doctorat.

Multă recunoștință și deosebit respect aduc d-lui prof.dr.ing. Ion COSTESCU, decanul Facultății de Construcții și Arhitectură, care mi-a asigurat coordonarea științifică în elaborarea și finalizarea tezei de doctorat.

Cu deosebită considerație, autoarea mulțumește doamnei conf.dr.ing. Maria ȘTEFĂNICĂ, d-lui prof.dr.ing. Augustin POPA și d-lui prof.dr.ing. Gheorghe LUCACI, referenți științifici oficiali, care cu multă bunăvoință și sollicitudine au analizat conținutul tezei de doctorat, oferind sfaturi prețioase pentru finalizarea acesteia.

Adresez sincere și calde mulțumiri tuturor colegilor din Departamentul de Inginerie Geotehnică și Căi de Comunicație Terestre, și în mod special d-lui conf.dr.ing. Ioan Petru Boldurean, pentru ajutorul și indicațiile științifice acordate.

Mulțumesc de asemenea, conducerii Direcției Regionale de Drumuri și Poduri Timișoara, precum și Filialei SEARCH CORPORATION din Timișoara, pentru oferirea unor date de arhivă privind starea tehnică și date de proiectare, referitoare la unele drumuri din zona de câmpie a Banatului.

Autoarea

Cap. I. INTRODUCERE

Evoluția și progresul unei societăți nu se pot realiza fără transporturi, fără mișcare. Istoria a demonstrat că întreaga dezvoltare a societății omenești merge în paralel cu dezvoltarea căilor de comunicație, civilizația însăși fiind condiționată de posibilitățile de transport.

Mișcarea constituie o caracteristică a naturii și activității organizate; în spațiu și în timp viața nu poate fi concepută în mod static; oamenii, bunurile materiale, progresul tehnic și cultural, cu alte cuvinte întreaga viață înseamnă mișcare. Romanii spuneau “Via Vita”, sintetizând dezvoltarea omenirii de până atunci și anticipând progresul ulterior al societății. Vehicularea dintr-o zonă în alta, înseamnă transfer de idei, de experiență practică și de bunuri materiale.

Între modul de producție al unei societăți, mijloacele de transport și căile de transport există o stânsă legătură. Dezvoltarea căilor și mijloacelor de transport merge, de regulă, înaintea oricărei activități economice de transport, iar producția la rândul ei și progresul tehnico-economic împing înainte transporturile.

Într-o prezentare mai sugestivă se poate face o analogie între rețeaua de vase sanguine din corpul omenesc și rețeaua terestră de căi de transport, arătând că pe cât de importantă este circulația sanguină pentru sănătatea și vigoarea organismului omenesc, tot așa este și rețeaua de transport pentru economia și bunăstarea unei națiuni. Acolo unde rețeaua sanguină nu funcționează bine, acea zonă a corpului omenesc îmbătrânește, se atrofiază și boala afectează întregul organism. În mod analog, acolo unde rețeaua căilor de comunicație terestre nu funcționează corect și eficient, zona respectivă este afectată, iar economia suferă și influențează negativ întreaga viață socială [97].

Este știut că nu se poate produce nimic în lume, fără să se facă transporturi de oameni și materiale. De la cel mai mărunț obiect uzual, cum ar fi acul de cusut, spre exemplu, care presupune transportul minereului de fier, transportul fierului prelucrat, transportul uneltelor de lucru și al oamenilor, până la cele mai complexe și sofisticate rachete, sunt necesare transporturi însemnate ca număr și spații de parcurs. După cum se cunoaște cele mai uzitate transporturi sunt cele efectuate pe căile de comunicație terestre, respectiv drumuri și căi ferate,

acestea constituind baza infrastructurii economice a societății și au deci importanța unei temelii pentru un edificiu. De aceea, se poate estima că **pentru a avea o economie puternică și sănătoasă este necesar să se asigure în primul rând căi de comunicație corespunzătoare.**

Preocupările pe care oamenii le-au avut, încă din cele mai vechi timpuri, în direcția realizării de căi terestre de transport, în primul rând drumuri, constituie dovada cea mai convingătoare a rolului pe care acestea l-au avut și îl au în dezvoltarea civilizației și progresului tehnic, în desfășurarea normală a întregii vieți sociale și economice a societății omenești. Este suficient pentru exemplificare, să se menționeze drumul cu două benzi, în lungime de 800 km, adiacent celebrului zid chinezesc, construit în jurul anului 300 î.e.n. sau celebrele drumuri amenajate pentru transportul materialelor necesare construcției marilor piramide din Egipt. Rămânând tot în negurile istoriei, se știe că cei mai mari constructori de drumuri, poduri și tuneluri au fost romanii, care cunoșteau încă atunci construcția în boltă și utilizau varul hidraulic. Pentru țara noastră, ca un exemplu de referință îl constituie podul realizat de Apolodor din Damasc peste Dunăre la Drobeta Turnu-Severin, dar și o rețea de drumuri în interiorul Daciei, a căror vestigii se păstrează și în prezent.

Revenind la prezent, desigur că este necesar a explica ce se înțelege prin căi de comunicație corespunzătoare unei economii puternice și sănătoase. Pentru aceasta se poate arăta că aproximativ o zecime până la o optime din perioada demiurgică a oamenilor activi se consumă într-un mijloc de transport. În acest interval de timp, deși oamenii se consideră în activitate, nu produc nimic, sau aproape nimic. În consecință, reducerea timpului de transport, deci a timpului ce poate fi considerat "mort" pentru producție este un deziderat al tuturor vremurilor. Evident că acest lucru se poate realiza în primul rând prin sporirea vitezei de circulație, ceea ce înseamnă pe de o parte vehicule tot mai performante, iar pe de altă parte căi de comunicație terestre tot mai bune. Traseele întortocheate, cu elemente geometrice neadecvate, cu unele obstacole, între care în ultimul timp se numără din ce în ce mai pregnant și degradările din partea carosabilă a drumurilor și străzilor din țara noastră, nu fac decât să îngreuneze traficul și să reducă viteza de circulație. În același timp și în aceleași proporții este diminuată siguranța circulației, este redus confortul utilizatorilor și se favorizează producerea de accidente de circulație.

O cale de transport corespunzătoare unei economii dezvoltate și sănătoase înseamnă o cale cu elemente geometrice apte pentru asigurarea unei viteze sporite de circulație în depline condiții de siguranță, o cale cu obstacole cât mai reduse, cu o capacitate portantă ridicată și cu suprafața de rulare cât mai bună, în cazul căilor rutiere de transport.

Existența, respectiv realizarea acolo unde nu există, unei rețele judicioase de autostrăzi reduce la jumătate timpul de transport, având efecte benefice uriașe, directe sau indirecte pentru economia unei țări.

Importanța deosebită pe care o prezintă transporturile și rolul hotărâtor pe care acestea îl au pentru dezvoltarea și progresul tehnic al societății, fac ca în majoritatea țărilor dezvoltate, **problema căilor de comunicație și în special a rețelei rutiere să constituie o problemă prioritară de stat.** Implicarea organelor abilitate ale statului în realizarea, întreținerea și exploatarea căilor de comunicație pentru transport înseamnă de fapt implicarea întregii societăți, care în mod real este beneficiarul facilităților oferite de aceste bunuri.

1.1. Elemente generale ale strategiei de dezvoltare a infrastructurii transporturilor rutiere din România în perioada următoare

După cum rezultă și din datele prezentate sintetic în tabelul 1.1, situația actuală a infrastructurii rutiere din România este sub nivelul exigențelor europene, atât din punct de vedere al densității rețelei de drumuri publice, cât și în ceea ce privește gradul de modernizare a acesteia, respectiv starea tehnică a drumurilor cu îmbrăcămînți moderne. Se observă că drumurile pietruite sau din pământ din afara localităților reprezintă circa 44 %, iar peste 60 % din lungimea rețelei de drumuri naționale județene și comunale au durata de exploatare expirată.

Având în vedere acest lucru, Ministerul Lucrărilor Publice, Transporturilor și Locuinței (M.L.P.A.T.), prin Administrația Națională a Drumurilor (AND), a elaborat o strategie pentru perioada următoare, care să conducă la îmbunătățirea substanțială a situației rețelei de drumuri publice din România, îmbunătățire care să permită integrarea infrastructurii transporturilor rutiere în sistemul european de căi de comunicație terestre [65], [90].

Situația rețelei rutiere din România la începutul mileniului al treilea

Tabelul 1.1.

Categorii de drumuri	Total km	Drumuri în exploatare, din care:				Cu durata de exploatare expirată	
		Modernizate km/%	Cu îmbrăc. bit ușoare km/%	Pietruite km/%	Din pământ km/%	Total (din 2+3) km/%	Modernizate km/%
0	1	2	3	4	5	6	7
DRUMURI PUBLICE	78615	18884	24912	26285	8534	26874	11359
din care		24,1	31,6	33,3	10,8	61,3	60,1
DRUMURI NAȚIONALE	14824	13438	1168	218	0	9426	8398
din care		90,6	7,9	1,5	0	64,5	62,5
DRUMURI JUDEȚENE	36010	4611	19661	10010	1728	14278	2521
din care		12,8	54,6	27,8	4,8	59	54,7
DRUMURI COMUNALE	27781	835	4083	16057	6806	3170	440
din care		3	14,7	57,8	24,5	64,4	52

Principalele repere ale strategiei de dezvoltare a infrastructurii rutiere din România în perioada 2002...2012 constau în:

- reabilitarea drumurilor naționale;
- construcția de autostrăzi și lărgirea la patru benzi a unor sectoare de drumuri naționale;
- întreținerea și repararea drumurilor naționale;
- perfecționarea administrării și gestiunii drumurilor;
- modernizarea drumurilor publice pietruite și din pământ.

1.1.1. Reabilitarea drumurilor naționale

Drumurile naționale din România însumează o lungime de 14824 km, din care 113 km cu funcțiuni de autostrăzi și 4680 km de drumuri naționale europene.

Pe rețeaua de drumuri naționale se derulează în prezent circa 65 % din traficul rutier total și 90 % din traficul internațional.

În ultimii 10 ani volumul total al traficului rutier pe drumurile naționale a crescut cu 47 %, iar prognozele actuale evaluează o creștere anuală în continuare de aproximativ 4 %.

Până în prezent în cadrul primelor trei etape de reabilitare a rețelei de drumuri naționale cofinanțate de Guvernul României din împrumuturi ale Instituțiilor Financiare Internaționale (B.E.R.D., B.I.R.D., B.E.I.), precum și din alte surse nerambursabile PHARE, au fost reabilitați și recepționați 1495 km. Între drumurile naționale reabilite în primele două etape (până în anul 2000) se înscriu și DN 69 Timișoara-Arad și DN 59 Timișoara-Moravița, pentru ambele studiile geotehnice necesare întocmirii proiectelor tehnice de reabilitare fiind efectuate de către Departamentul de Inginerie Geotehnică și Căi de Comunicație Terestre de la Facultatea de Construcții și Arhitectură din Timișoara. La sfârșitul etapei a III-a ce se extinde până la finele anului 2003, se preconizează a se realiza 2275 de kilometri de drumuri naționale reabilite.

În 2002 este prevăzută începerea reabilitării a încă unui sector de drum național din zona de câmpie a Banatului și anume DN 6 Lugoj-Timișoara, pentru care studiul geotehnic a fost întocmit, de asemenea, de către Departamentul de Inginerie Geotehnică și Căi de Comunicație Terestre de la Timișoara [140].

Obiectivele principale ale lucrărilor de reabilitare a drumurilor naționale se pot sintetiza astfel:

- îmbunătățirea de ansamblu a infrastructurii transporturilor rutiere și a condițiilor de trafic cu încadrarea în normele europene;
- creșterea capacității portante a sectoarelor de drumuri reabilite pentru a putea trece de la sarcina pe osie de 10 tone la 11,5 tone;
- aducerea tuturor podurilor de pe traseele reabilite la clasa E de încărcare;
- îmbunătățirea în unele situații a elementelor geometrice ale drumurilor reabilite;

- realizarea benzii a treia pe pante și rampe pentru crearea condițiilor de selectare a traficului greu;
- îmbunătățirea sistemelor de colectare și evacuare a apelor pluviale și subterane;
- reducerea impactului drumului asupra mediului înconjurător, în sensul asigurării protecției acestuia din urmă;
- realizarea unui sistem eficient de semnalizare pentru siguranța circulației și îmbunătățirea gestiunii traficului.

Este evident că realizarea unora dintre aceste obiective este dependentă în măsură mai mare sau mai mică și de proprietățile de rezistență și de deformabilitate ale terenului de fundare, respectiv de particularitățile specifice ale comportării în timp a acestuia.

În prezent există un plan de reabilitare a drumurilor naționale din țara noastră, structurat pe etape până la etapa a XV-a, care prevede reabilitarea a cca 5900 km de drumuri naționale. Acțiunea de reabilitare va continua și în perspectivă pe alte trasee de drumuri naționale, ce se vor alege în funcție de evoluția traficului rutier și a stării tehnice a acestora. De asemenea, se au în vedere și noi programe de urmărire permanentă a evoluției stării tehnice a drumurilor naționale reabilite, în scopul optimizării intervențiilor de întreținere.

1.1.2. Construcția de autostrăzi

În prezent în România sunt operaționali 113 km de autostradă în zona de sud-est a țării, respectiv București-Pitești (97 km) și Cernavodă-Fetești (17 km). De asemenea, după cum se cunoaște au început lucrările de execuție la autostrada București-Cernavodă pe sectoarele București-Fundulea, Fundulea-Lehliu și Lehliu-Drajna, care se vor construi la profil complet de autostradă.

Programul de aderare a României la Uniunea Europeană include ca obiectiv major și integrarea căilor rutiere magistrale din România în rețeaua transeuropeană de transport (TEM-TR) a Uniunii Europene. Procesul de extindere a rețelei TEM se desfășoară în concordanță cu prevederile acordului existent referitor la necesitățile privind dezvoltarea și modernizarea infrastructurii statelor candidate la aderare.

Elaborarea strategiei de realizare a rețelei de autostrăzi în România s-a bazat pentru început pe necesitatea construirii unei "coloane vertebrale" pentru transportul rutier, reprezentată de coridorul pan-european IV, care pe teritoriul țării noastre leagă capitala București de Nădlac și de Constanța.

În afară de continuarea lucrărilor pentru realizarea autostrăzii București-Fetești-Cernavodă, prima etapă din programul național de autostrăzi cuprinde un număr de 10 faze, a căror criterii de definire s-au bazat pe aprecierea rentabilității și pe minimizarea investiției

inițiale. Succesiunea de atacare a realizării celor 10 faze este dependentă în cea mai mare măsură de găsirea surselor de finanțare necesare executării lor. Aceste faze sunt:

- faza 1: tronsonul de autostradă București-Ploiești;
- faza 2: centura de Nord București;
- faza 3: tronsonul de autostradă Lugoj-Nădlac;
- faza 4: tronsoanele de autostradă Comarnic-Brașov și Sibiu-Lugoj (prima cale);
- faza 5: tronsonul de autostradă Brașov-Sibiu;
- faza 6: tronsonul de autostradă Comarnic-Brașov (a doua cale);
- faza 7: centura București Sud;
- faza 8: tronsonul de autostradă Sibiu-Lugoj (a doua cale);
- faza 9: completare coridorul IX (coridor care pe teritoriul țării noastre străbate distanța București-Albita de 339 km);
- faza 10: completarea celorlalte etape de coridorul IV București-Sibiu.

Realizarea primelor trei faze presupune construcția a 240 km de autostrăzi, însumând un cost total de aproximativ 1,2 miliarde dolari.

După cum se poate observa în rândul celor trei faze se înscrie și tronsonul de autostradă Lugoj-Nădlac, a cărui traseu străbate din plin zona de câmpie a Banatului. Pentru acest tronson, ca și pentru altele de pe traseul viitoare autostrăzi care leagă capitala de vestul extrem al țării, respectiv punctul de frontieră Nădlac, este întocmit studiul de fezabilitate, iar investigațiile geotehnice necesare întocmirii acestuia au fost, de asemenea, efectuate de către Facultatea de Construcții și Arhitectură din Timișoara, prin Departamentul de Inginerie Geotehnică și Căi de Comunicație Terestre, acțiune la care a participat și autorul prezentei lucrări [140].

1.1.3. Întreținerea și repararea drumurilor naționale

Referitor la lucrările de întreținere strategia Administrației Naționale a Drumurilor cuprinde două componente și anume: reabilitarea primară și întreținerea propriu-zisă.

Reabilitarea primară este nominalizată pentru prima dată ca program de sine stătător, cuprinzând lucrările de întreținere și reparații periodice la drumurile naționale neincluse în programele și etapele de reabilitare stabilite deja sau care sunt prevăzute în etape de perspectivă cu un orizont mai îndepărtat. Lucrările aferente acestei componente se referă la covoare asfaltice, ranforsări ale structurilor rutiere, straturi bituminoase subțiri, tratamente bituminoase etc. pe o lungime de cca. 7300 km, fiind împărțite în subetape, concretizate pe ani și sectoare de drumuri naționale.

Componenta de întreținere propriu-zisă cuprinde lucrările de întreținere curentă și siguranță rutieră, serviciile pregătitoare și de întreținere propriu-zisă, conform prevederilor din

nomenclatorul lucrărilor de întreținere și reparații a drumurilor. Volumul anual total al fondurilor necesare acestor lucrări se ridică la circa 80 milioane dolari, finanțarea făcându-se din Fondul Special al Drumurilor, transferuri de la buget și din venituri proprii. Pentru prima dată se are în vedere și eventuala posibilitate a finanțării acestor lucrări și printr-un sistem de parteneriat public-privat (PPP) prin atragerea unor bănci autohtone sau străine.

1.1.4. Perfecționarea administrării și gestiunii drumurilor

În scopul adaptării administrării drumurilor naționale la normele din țările Uniunii Europene, în perioada 1993...2001, Administrația Națională a Drumurilor a parcurs deja un program intens de restructurare și modernizare [28], [91], în baza unei strategii etapizate și aprobate la nivel național, în aplicarea căreia a beneficiat de asistența și cofinanțarea Băncii Europene de Reconstrucție și Dezvoltare (BERD).

În anul 2001 s-a aplicat cea de a treia etapă a acestei strategii prin externalizarea unor activități de mecanizare și echipamente "nestrategice" din structura teritorială a direcțiilor regionale de drumuri și poduri, creîndu-se societăți comerciale care realizează pentru AND o parte din activitățile de întreținere curentă (cele nestrategice). Astfel că, în execuția directă a Administrației Naționale a Drumurilor prin unitățile sale teritoriale au rămas numai activitățile de întreținere curentă ce au caracter strategic (întreținerea pe timp de iarnă, întreținerea elementelor de siguranță a circulației, de estetică a drumurilor etc). De asemenea, unităților teritoriale ale AND le revine sarcina monitorizării traficului cât și cea mai mare parte a serviciilor privind pregătirea aferentă exploatării și întreținerii, respectiv a investițiilor la drumurile naționale. Gestionarea drumurilor naționale, pregătirea documentațiilor tehnico-economice și a organizarea licitațiilor, asigurarea calității și controlului tehnic al calității, coordonarea tehnică și metodologică a întregii rețele de drumuri publice, politica rutieră la nivel național și de corelare internațională, reprezintă alte atribute importante ale activității de administrare rutieră la nivel național și teritorial.

Realizarea în bune condiții a acestor activități, respectiv gestionarea eficientă a întregii infrastructuri rutiere presupune utilizarea unor sisteme bazate pe metodologii moderne, prin care să se asigure monitorizarea realizării unor condiții cât mai bune și omogene de circulație pe întreaga rețea de drumuri administrată, cu cheltuieli cât mai reduse[61], [76].

În ceea ce privește modernizarea metodologiei de gestionare a rețelei de drumuri, este necesară dezvoltarea unor sisteme moderne de informatică și management privind administrarea și exploatarea drumurilor naționale, a celor județene și locale, prin reglementări tehnice unitare. Se pot menționa în acest sens sistemele moderne de evaluare a stării tehnice a drumurilor și podurilor PMS (Pavement Management System) și BMS (Bridge Management System), care

sunt de mare utilitate și importanță pentru rețeaua drumurilor publice din țara noastră. Având în vedere acest lucru, Administrația Națională a Drumurilor are în vedere crearea premiselor necesare implementării acestor sisteme moderne în primul rând la nivelul rețelei de drumuri naționale. Reușita acestei acțiuni presupune la rândul său crearea la nivel teritorial și central a unei bănci solide de date, privind principalii factori care determină starea tehnică a drumurilor și podurilor, inclusiv factorul geotehnic.

Ca o concluzie finală la aspectele prezentate în legătură cu problematica generală a strategiei de dezvoltare a rețelei rutiere din țara noastră, în perioada următoare, se poate afirma că anii care urmează vor constitui pentru sectorul de drumuri publice o perioadă deosebit de activă pe toate coordonatele, în vederea modernizării acestuia și aducerea cât mai aproape de cel din țările Uniunii Europene, la care dorim și trebuie să ne aliniem.

1.2. Rolul ingineriei geotehnice în creșterea viabilității căilor de comunicație terestre

Cunoașterea proprietăților terenului de fundare, respectiv interpretarea corectă a acestora în procesele de proiectare, execuție și întreținere a tuturor categoriilor de construcții, inclusiv a căilor de comunicație terestre, sunt absolut necesare și nu de puține ori chiar hotărâtoare, în alegerea soluției optime atât pentru alcătuirea și sistemul constructiv, cât și pentru tehnologia de execuție și întreținere a construcției respective.

Spre deosebire de alte construcții cu amplasamente de extindere mai redusă, pe traseul unei căi de comunicație terestre probabilitatea diversității elementelor geologice și geotehnice este mult mai mare, putând fi întâlnite diverse zone cu terenuri dificile (compresibile, sensibile la umezire, cu umflări și contracții mari, cu sensibilitate ridicată la îngheț, alunecătoare etc). Deși ampriza propriu-zisă a căii este relativ redusă, funcționalitatea și viabilitatea căii pot fi mult influențate uneori în sens defavorabil și de comportarea terenului din zonele adiacente (cazul versanților adiacenți potențial instabili, a zonelor inundabile, etc). În astfel de situații, aspectele de inginerie geotehnică trebuie cunoscute și mai în detaliu, ele având rol determinant în soluționările tehnice care se adoptă și în aprecierea modului de comportare în timp a căii respective de transport [50].

Pe de altă parte, la proiectarea și execuția căilor de comunicație terestre, inclusiv la unele lucrări de modernizare sau reabilitare, în majoritatea cazurilor natura pământurilor de pe traseu interesează nu numai ca teren de fundare, ci și ca material de construcție a terasamentelor, fapt care, de asemenea, necesită o bună cunoaștere sub aspect geotehnic.

Din păcate, nu sunt rare cazurile și în domeniul căilor de comunicație terestre când nu se acordă importanța cuvenită aspectului geotehnic al proiectării și realizării unor astfel de

construcții, proiectanții și executanții nedisponând de datele geotehnice necesare adoptării unor soluții tehnice de calitate, atât sub aspect tehnic cât și economic. Tot atât de adevărat este și faptul că nici proiectanții și executanții nu țin seama întotdeauna de cele prevăzute în studiul geotehnic, mai ales atunci când terenul de fundare prezintă unele particularități, fiind alcătuit din diferite pământuri dificile ca suport al construcțiilor sau ca material de construcție al terasamentelor [115].

Practica a demonstrat că neglijarea aspectelor de inginerie geotehnică, fie prin neefectuarea sau efectuarea unor investigații geotehnice insuficiente, fie prin tratarea superficială a proiectării sub aspect geotehnic, conduce în unele situații la degradări ale căilor de comunicație terestre sau ale lucrărilor de artă aferente, a căror remediere de cele mai multe ori necesită un efort financiar mai mare decât cel necesar efectuării, prealabil proiectării, a unor cercetări și investigații geotehnice complete.

În ultimele decenii nivelul ingineriei geotehnice a crescut mult pe plan mondial, atât în domeniul perfecționării și diversificării metodelor de investigare geotehnică, cât și în ceea ce privesc metodele și modelele de calcul, mai ales prin prisma folosirii metodelor numerice, respectiv a tehnicii automate de calcul.

Este evident că pe zi ce trece lumea devine din ce în ce mai mult digitală. În curând probabil că se va ajunge la un asemenea stadiu, încât nimic nu va mai putea fi proiectat sau evaluat decât pe cale numerică prin folosirea calculatorului. Chiar și în această situație, judecata inginerescă, investigarea experimentală și observația rămân pârghiile esențiale în întreg domeniul ingineriei construcțiilor, și cu atât mai mult în ingineria geotehnică [27]. Oricât de sofisticate ar fi metodele de calcul aplicate în proiectarea geotehnică, veridicitatea rezultatelor depinde de modul și corectitudinea cu care au fost efectuate investigațiile geotehnice și au fost determinate mărimile parametrilor geotehnici introduși în calcul.

Prin specificul lor căile de comunicație terestre impun cercetării și investigării geologico-tehnice și geotehnice pe traseul lor anumite particularități specifice. Acest lucru este dovedit și de faptul că în țara noastră există o reglementare tehnică destinată special investigării geologico-tehnice și geotehnice pentru căi de comunicație terestre și anume, STAS 1242/2-83, intitulat "Cercetări geologico-tehnice și geotehnice specifice traseelor de căi ferate, drumuri și autostrăzi".

În principiu aceste particularități specifice ale investigării geologico-tehnice și geotehnice derivă din următoarele elemente:

- lungimea mare a traseului care sporește probabilitatea diversității elementelor geologice și geotehnice;

- necesitatea extinderii investigații geologico-tehnice și geotehnice și în zonele adiacente amprizei căii, mai ales dacă acestea pot fi afectate de unele fenomene de instabilitate;
- necesitatea cartării geologico-tehnice pentru a avea date asupra stratificației și tectonicii, a fenomenelor fizico-geologice, a morfologiei și a antecedentelor terenului;
- acordarea unei atenții sporite fazei de recunoaștere a terenului pentru depistarea unor zone cu pământuri dificile ca teren de fundare, precum și observarea fenomenelor specifice alunecărilor de teren, în special pentru faza primară a acestora de alunecare lentă;
- necesitatea identificării zonelor de traseu cu rambleuri înalte și debleuri adânci;
- necesitatea efectuării unor cercetări geologico-tehnice și geologice destinate evidențierii calității și rezervei unor surse de materiale locale ce pot fi folosite la construcția terasamentului căii.

Programul investigațiilor geologico-tehnice și geotehnice, care cuprinde volumul, natura cercetărilor și dispunerea acestora de-a lungul căii de comunicație, se stabilește de către proiectant împreună cu specialiști în geologie inginerească și geotehnică, în funcție de faza de proiectare pentru care se execută investigațiile, de gradul de cunoaștere a antecedentelor terenului din zonă, de particularitățile specifice ale acestuia și ale construcției.

Pentru traseele de drumuri, autostrăzi și căi ferate, studiile și cercetările geologico-tehnice și geotehnice se programează și se execută înaintea următoarelor etape de proiectare:

- studiu de fezabilitate, când prin investigațiile efectuate se urmărește obținerea unor date geologico-tehnice și geotehnice necesare stabilirii variantelor posibile de traseu și evaluării economice a acestora;
- proiect tehnic, în care prin investigațiile geologico-tehnice și geotehnice executate trebuie obținute toate datele necesare stabilirii soluțiilor tehnice definitive;
- detalii de execuție, în care se realizează aprofundarea unor investigații în vederea obținerii unor date suplimentare necesare detalierii soluțiilor tehnice adoptate, în special pe sectoarele mai dificile ale traseului sau pentru lucrările de artă aferente căii.

Etapele studiilor și cercetărilor geologico-tehnice și geotehnice pentru căile de comunicație terestre sunt aceleași ca și pentru alte tipuri de construcții, referindu-se la recunoașterea terenului, la lucrări de explorare de suprafață și de adâncime a terenului, la determinări geotehnice "in situ" și în laborator.

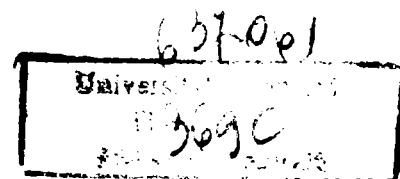
La căile de comunicație terestre, fiind vorba de trasee cu lungimi mari, este foarte important modul în care se realizează etapa de recunoaștere a terenului, care dacă se efectuează cu profesionalism, poate furniza foarte multe elemente concrete și deosebit de utile pentru alegerea variantelor și elaborarea programului de investigații corespunzătoare etapelor următoare.

Recunoașterea terenului are ca scop principal identificarea particularităților morfologice, hidrologice și de vegetație ale regiunii în care se încadrează traseul căii de comunicație. În afară de inspectarea zonei și observarea vizuală a unor elemente și fenomene caracteristice, se pot obține informații importante și utile scopului urmărit din consultarea unor studii anterioare efectuate în zonă, din analiza comportării unor construcții existente, precum și din cartarea geologică și hidrologică a zonei.

Lucrările de explorare de suprafață și de adâncime a terenului pe traseele căilor de comunicație terestre constau în sondaje deschise și foraje, cu prelevări de probe care se supun apoi încercărilor de laborator. Distanțele dintre sondaje și foraje se stabilesc în conformitate cu STAS 1242/2-83, ținând seama de neuniformitatea morfologică și geologică a zonei, respectiv de necesitatea executării unor rambleuri înalte sau debleuri adânci.

Datorită distanțelor relativ mari între sondaje deschise sau foraje, de regulă cuprinse între 100 și 500 m, precum adâncimii de multe ori insuficientă a acestora, există posibilitatea neinterceptării unor zone în care structura litologică, natura rocilor, parametrii geotehnici ai acestora, elementele hidrogeologice etc. pot influența defavorabil viabilitatea și buna exploatare a unei căi de comunicație terestră.

Experiența practică, inclusiv cea acumulată în cadrul Departamentului de Inginerie Geotehnică și Căi de Comunicație Terestre, de la Facultatea de Construcții și Arhitectură din Timișoara, în domeniul cercetării terenului "in situ", a dovedit că metoda penetrării statice sau dinamice cu con, dacă este aplicată cu discernământ, poate diminua sau chiar elimina pericolul neinterceptării unor astfel de zone dificile din punct de vedere geotehnic. Prin sondaje de penetrare executate între foraje sau sondaje deschise se pot sesiza zonele în care apar modificări litologice evidente față de ceea ce se constatare în forajele sau sondajele deschise vecine. De asemenea, în cazul existenței unor fenomene de instabilitate sub formă de alunecări se poate determina destul de precis poziția suprafeței de alunecare [43], [45]. Odată ce sunt depistate astfel de zone prin sondaje de penetrare, fie că se rămâne la concluziile și evaluările cantitative și calitative privind unele caracteristici geotehnice ale pământurilor din aceste zone, făcute în funcție de mărimile caracteristice ale penetrărilor (rezistența la penetrare, număr de lovituri/10 cm etc), fie se impune executarea unor foraje sau sondaje deschise suplimentare.



În practica cercetării și investigării geologico-tehnice și geotehnice pe traseele căilor de comunicație terestre și în zonele adiacente acestora din rândul metodelor de cercetare a terenului "in situ", deosebit de utile și eficiente sunt încercările cu placa, inclusiv în faza de execuție a unor lucrări de terasamente, precum și încercările înclinometrice folosite pentru determinarea unor elemente caracteristice alunecărilor de teren.

O metodă foarte mult folosită în străinătate pentru determinarea capacității portante a terenului natural și a terasamentelor, precum și a unor strate ale structurilor rutiere (fundăție, strat de formă) este metoda CBR (Californian Bearing Ratio). În momentul de față există unele preocupări pentru implementarea acestei metode și la noi în țară, inclusiv prin prisma corelării unor caracteristici geotehnice cu valorile indicelui californian de capacitate portantă (CBR).

Având în vedere că în general la execuția unei căi de comunicație terestre lucrările de terasamente pot atinge până la 40..60 %, iar materialul utilizat în aceste terasamente (pământuri de regulă) este supus, în afară de solicitările din trafic, la acțiunea continuă a factorilor meteorologici și climaterici care pot provoca permanent modificări în sens defavorabil caracteristicilor fizico-mecanice ale materialului pământos respectiv, se impune ca o necesitate obiectivă acordarea unei maxime atenții aspectului geotehnic în proiectarea și execuția și a acestei categorii de construcții.

Neglijarea sau tratarea superficială a aspectului geotehnic poate influența negativ asupra viabilității căii de transport respective, constituind un risc geotehnic asumat atât pentru structura căii cât și pentru lucrările de artă aferente, al cărui grad este de regulă invers proporțional cu gradul de dezvoltare și realizare a programului de investigare geologico-tehnică și geotehnică pe traseul respectivei căi de comunicație terestre.

* * *

Pomind pe de o parte de la perspectivele și necesitatea obiectivă a dezvoltării infrastructurii rețelei rutiere din țara noastră, iar pe de altă parte și de la rolul pe care-l are ingineria geotehnică, respectiv caracteristicile geotehnice ale terenului de fundare în asigurarea viabilității căilor de comunicație terestre, s-au stabilit și obiectivele prezentei teze de doctorat.

Delimitând aria lucrării la studiul unor aspecte ale influenței terenului de fundare asupra viabilității drumurilor în condițiile zonei de câmpie a Banatului, un prim obiectiv al tezei îl constituie efectuarea unei radiografii a acestei zone din punct de vedere a particularităților specifice de ordin geologic, seismo-tectonic, hidrologic și hidrogeologic, climateric și pluviometric, și în primul rând de ordin geotehnic. În soluționarea acestui obiectiv și parțial și a unora dintre celelalte, se are în vedere analizarea unui volum însemnat de date geotehnice,

obținute prin numeroase lucrări de investigare geotehnică, executate în special pe traseele unor drumuri, dar și pe alte amplasamente din zona de câmpie a Banatului, de către Departamentul de Inginerie Geotehnică și Căi de Comunicație Terestre de la Facultatea de Construcții și Arhitectură din Timișoara, la unele dintre acestea participând și autorul.

Având în vedere importanța pe care o au metodele și procedeele de investigare și verificare geotehnică pentru căile de comunicație terestre, un alt obiectiv al tezei de doctorat constă în efectuarea unor cercetări experimentale sistematice, privind perfecționarea sistemului de înregistrare a datelor la încercarea CBR (Californian Bearing Ratio), respectiv a metodologiei de prelucrare și interpretare a acestor rezultate, inclusiv prin prisma corelării unor caracteristici geotehnice cu valorile indicelui californian de capacitate portantă (CBR).

Faptul că pe traseele căilor de comunicație terestre, mai ales în zonele de câmpie, se întâlnesc și porțiuni cu terenuri de fundare având capacitate portantă redusă sau cu unele particularități specifice de comportare, impune aplicarea a diverse metode și procedee de îmbunătățire a conlucrării terenului de fundare cu structura rutieră, în vederea asigurării viabilității acesteia din urmă. Printre alte procedee și soluții tehnice destinate acestui scop, se înscrie și interpunerea unui strat de formă între structura rutieră propriu-zisă și terenul natural sau partea superioară a terasamentului rambleiat. De aceea, evidențierea unor considerații asupra rolului și funcțiunilor stratului de formă, respectiv a tehnologiilor și soluțiilor tehnice de realizarea acestuia, inclusiv unele cercetări experimentale privind realizarea stratului de formă din pământ stabilizat cu cenușă de termocentrală, ciment sau var, reprezintă alt obiectiv al prezentei lucrări.

Concretizarea și argumentarea unor considerații și concluzii privind influența terenului de fundare asupra viabilității căilor de comunicație terestre se prevede a se face în partea finală a tezei, prin prezentarea și analizarea unor studii de caz selectate de pe unele drumuri din rețeaua rutieră din zona de câmpie a Banatului, caracteristice din punct de vedere a naturii terenului de fundare.

Concluziile finale, desprinse din studiile și cercetările ce se întreprind, sunt utile în proiectarea și execuția unor lucrări de dezvoltare, modernizare și reabilitare a rețelei rutiere din zona de câmpie a Banatului, inclusiv a tronsonului Lugoj-Nădlac al viitoarei autostrăzi, care așa cum s-a mai spus, traversează din plin această zonă, ce are anumite particularități specifice de ordin geotehnic.

Cap.II. PARTICULARITĂȚI TEHNICO-GEOLOGICE ȘI GEOTEHNICE ALE ZONEI DE CÂMPIE A BANATULUI

Din punct de vedere administrativ, zona de câmpie a Banatului aparține aproape în totalitate județului Timiș (fig.2.1) [123], [124].

Prin poziția sa geografică, prin morfologia și litologia sa, prin regimul climatic și pluviometric, zona de câmpie a Banatului se deosebește față de marile unități geografice de pe cuprinsul țării noastre, prezentând sub aspect geologic, seismo-tectonic și geotehnic unele particularități specifice [53], [86], [115]. Necunoașterea sau neluarea în considerare a acestor particularități specifice la proiectarea și execuția diverselor construcții, poate influența defavorabil asupra comportării în timp a construcțiilor respective.

2.1. Condiții geologico-morfologice și seismo-tectonice

Sub aspect geologic, întreaga parte de vest a țării noastre s-a format la începutul erei cuaternare, în urma unor frământări tectonice succedate de retragerea lacului Panonic, ce ocupa șesul întins de astăzi al Tisei [123]. Sub raportul alcătuirii litologice, se menționează o mare eterogenitate de roci eruptive, metamorfice și sedimentare.

Reprezentând fundul colmatat al lacului Panonic, litologia zonei de câmpie a Banatului cuprinde o succesiune de straturi aluviale (argile, prafuri, nisipuri și pietrișuri) așezate pe un fundament eruptivocristalin. Datele seismice de reflexie, corelate cu datele structurale, au confirmat o grosime a depozitelor sedimentare de 1000...1200 m în regiunea Banloc-Partoș și de peste 3500 m în regiunea Comloș-Sânnicolau Mare. În partea centrală a zonei de câmpie a Banatului, grosimea depozitelor sedimentare variază între 2000 și 2500 m, adâncimea lor crescând de la est spre vest. Pe alocuri, la suprafața acestor depozite este prezentă o manta de acoperire, formată din materiale loessoide, mai ales în câmpia înaltă și colinară.

Din punct de vedere morfologic, în cadrul zonei de câmpie a Banatului se diferențiază o treaptă mai înaltă, cu altitudine de 120...170 m, formată din convergența glaciațiunilor subcolinare, a cărei bază este constituită din nisipuri și argile, peste care se suprapun pietrișuri și prafuri. A doua treaptă o constituie câmpiile joase (80...115 m), de divagare a unor ape curgătoare, lipsite în mod practic de terase, cu lunci largi și albiu puternic meandrate, relativ instabile și puțin adânci (2...4 m) [123].

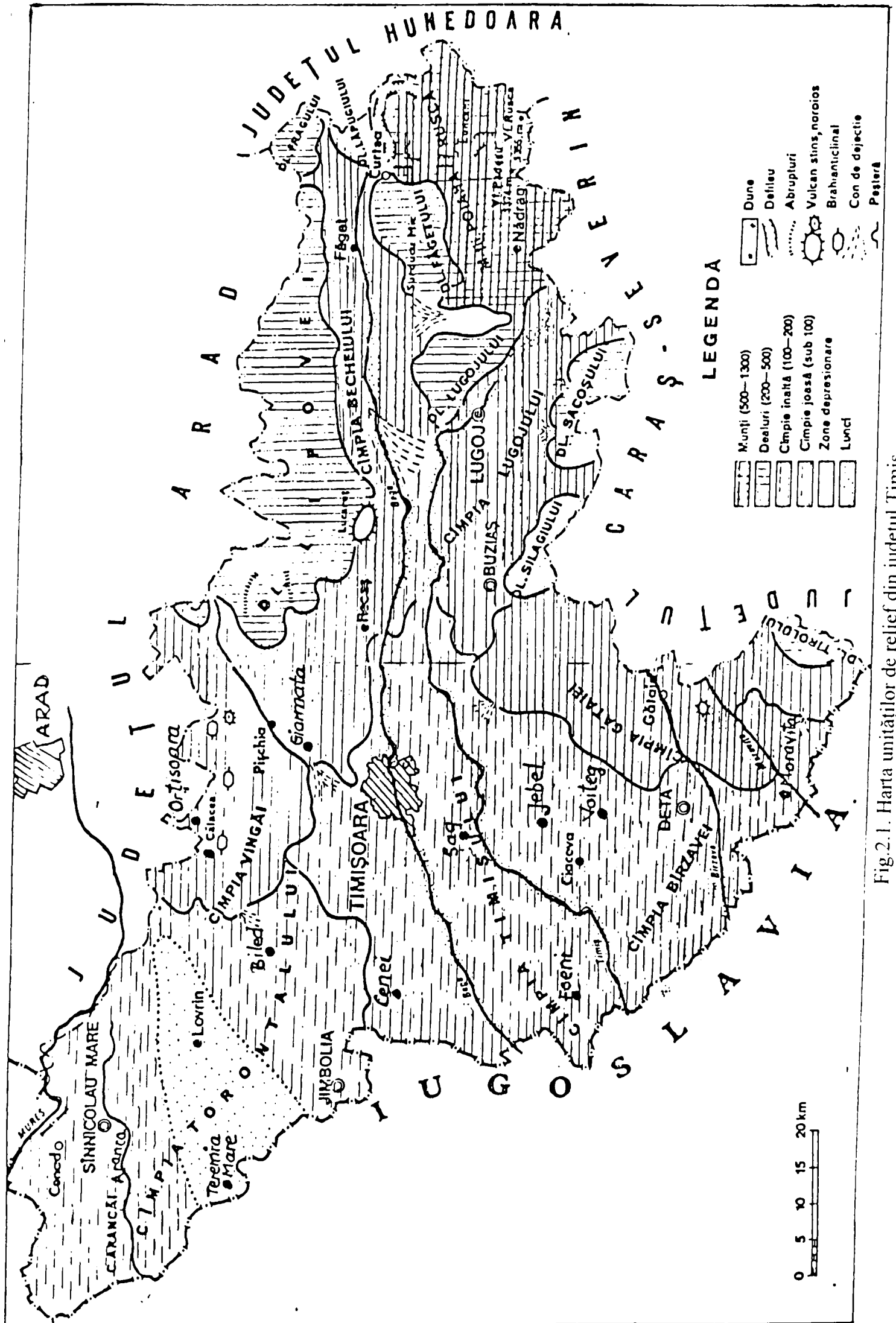


Fig.2.1. Harta unităților de relief din județul Timiș

În treapta înaltă se încadrează Câmpia Vingăi (Mureș-Bega), care reprezintă o veche zonă deltaică a Mureșului, fapt atestat prin prezența unor văi surprinzător de largi. Pe interfluvii sunt specifice forme ușor bombate (domuri și brahianticinale), bine individualizate în vecinătatea localității Calacea. Versanții văilor care brăzdează Câmpia Vingăi sunt de regulă disimetrice, iar talvegul acestor văi este foarte larg.

Tot treptei înalte îi aparține și Câmpia Gătaia, caracterizată prin suprafața sa ușor ondulată de pe aceeași altitudine. Este dominată de mamelonul de la Șumig (în apropiere de Gătaia), a cărui geneză este legată de aparițiile bazaltice pe o linie de fractură dirijată pe direcția nord-sud, cu activitate vulcanică de slabă intensitate.

Câmpia Timișului, extinsă în mare parte în lungul celor două râuri interioare principale ale Banatului, Timișul și Bega, împreună cu Câmpia Bârzavei, aparțin treptei joase. Câmpia Timișului este cea mai tipică dintre cele aparținătoare treptei joase, având altitudini absolute de 80...90 m și reprezentând de fapt o luncă largă, în care tasarea subsidentă locală a determinat acoperirea loessurilor și chiar a nisipurilor eoliene cu aluviuni noi.

În treapta joasă se încadrează și Câmpia Arancăi (Mureș-Aranca), ce cuprinde lunca largă de peste 10 km a Mureșului și pe cea a Arancăi, separate între ele de un interfluviu nu prea înalt, neinundabil, pe care se păstrează urmele unor albie părăsite, grinduri și ostroave. Acestei câmpii îi este specific relieful de nisipuri dunificate din zona localității Teremia.

Din punct de vedere seismo-tectonic în majoritate partea de câmpie a Banatului se încadrează în zona D de intensitate seismică, cu valoarea coeficientului $K_S=0,16$ și perioada de colț, $T_C=1,0$ sec, excepție făcând o parte a Câmpiei Bârzavei, din apropierea localității Deta, care se încadrează în zona C ($K_S=0,20$ și $T_C=1,0$ sec).

După zona Vrancea, regiunea seismică Banat (RSB fig.2.2) care include în totalitate Câmpia Banatului, este considerată a doua zonă din țara noastră, cu importanță din punct de vedere al hazardului și riscului seismic [85], avându-se în vedere următoarele elemente:

- numărul mare de cutremure produse în această zonă (începând cu anul 1766 peste 3500);
- intensitățile macroseismice maxime observate (VIII^o MSK) asociate unui număr relativ mare de focare;
- particularitățile seismo-tectonice regionale (fracturi crustale cu potențial seismic ridicat).

Dintre aspectele specifice și relevante ale seismicității Banatului se pot menționa:

- a. Activitate seismică intensă în perioada 1766 - prezent, în care a fost consemnat un număr semnificativ de cutremure de pământ cu intensitatea $I_0 \geq VI^o$ MSK, inclusiv preșocuri,

șocuri principale și replici (35 cutremure de pământ cu $I_0 = VI^{\circ}$ MSK, 23 cu $I_0 = VII^{\circ}$ MSK și 7 cu $I_0 = VIII^{\circ}$ MSK):

b. Gruparea epicentrelor cutremurelor cu $I \leq VIII^{\circ}$ MSK în 3 zone:

- o zonă de nord, dezvoltată la nord de paralela municipiului Timișoara, cu un singur cutremur având intensitatea maximă de $VIII^{\circ}$ MSK, observat în perimetrul orașului Szeged, din Ungaria:

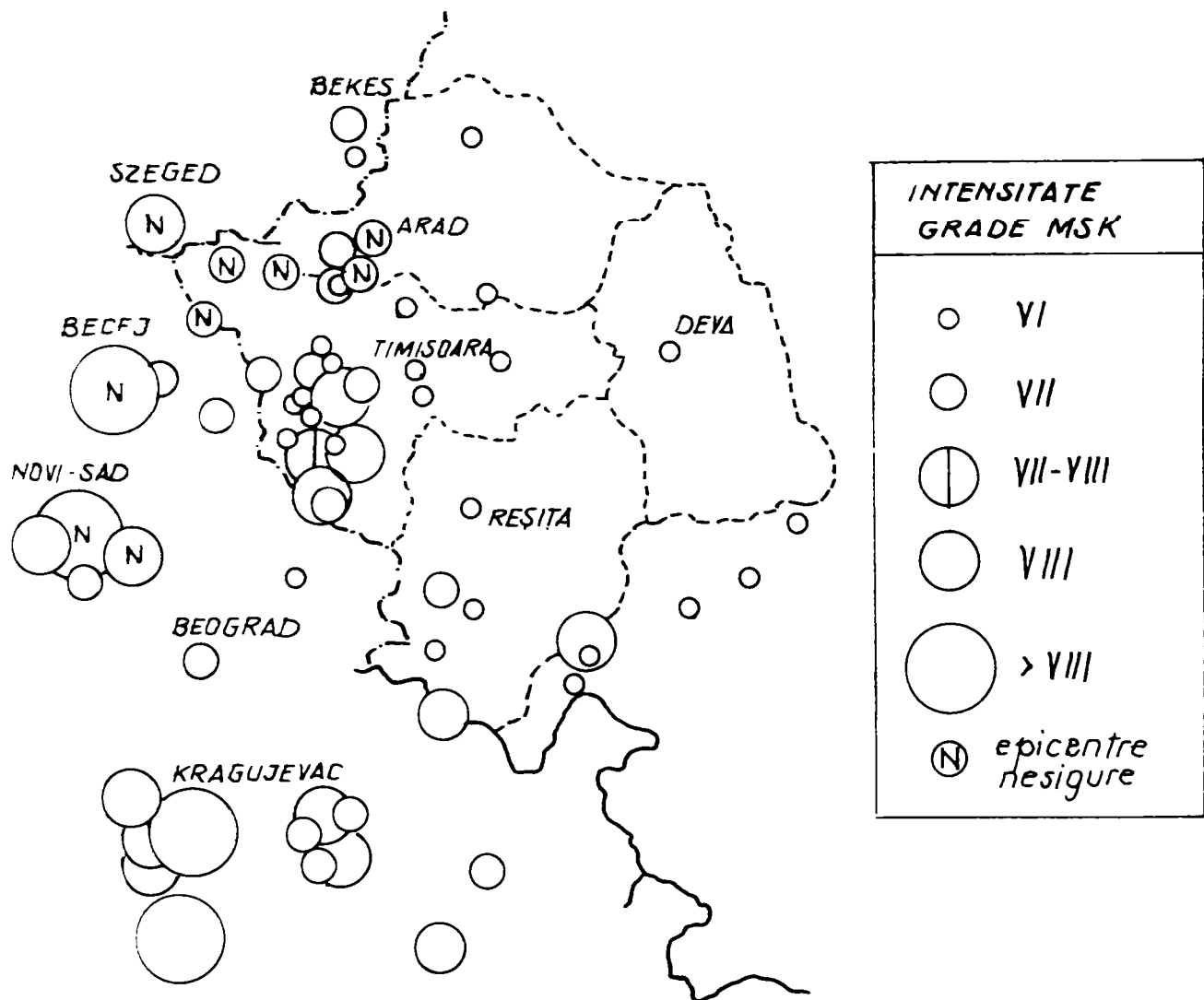


Fig.2.2. Distribuția epicentrelor cutremurelor de pământ cu $I_0 \geq VI^{\circ}$ MSK produse în RSB și în zonele învecinate (perioada 1945...1999)

- o zonă centrală, delimitată de paralele orașelor Timișoara și Reșița, cu focarele concentrate în jurul localităților Șag-Parța, Voiteg, Banloc- Ofenița;

- o zonă de sud, situată între paralela oraşului Reşiţa şi Dunăre, cu focarele la Moldova Nouă şi Băile Herculane;

c. Adâncimile focarelor sunt cuprinse în general între 5 şi 20 km, cele mai mici predominând în zona centrală (Şag - Parţa, 27 mai 1959, $h = 5$ km; Banloc - Ofseniţa, 19 octombrie 1915, $h = 5$ km; Banloc - Ofseniţa, 12 iulie 1991, $h = 10$ km; Voiteg, 02 decembrie 1991, $h = 5$ km; Sânmihaiu Român, 06 septembrie 1936, $h = 5$ km), iar adâncimile mai mari s-au înregistrat în zona de sud (Anina, 31 august 1909, $h = 19$ km), în zona de nord (Maşloc, 19 decembrie 1991, $h = 19$ km; Variaş, 17 aprilie 1974, $h = 20$ km), precum şi la frontiera cu Iugoslavia (Srbskz Ittebej, 02 aprilie 1901, $h = 18$ km);

d. Concentrarea activităţii seismice cu $I_0 \geq VII^0$ MSK după anul 1900 în zona centrală şi reducerea acesteia în celelalte două zone, aspect sesizabil o perioadă lungă de timp, până în anul 1991, când s-a produs seismul puternic cu epicentrul la Băile Herculane ($I_0 = VIII^0$ MSK).

Seismicitatea zonei de câmpie a Banatului, caracterizată așa cum s-a arătat prin focare de adâncime relativ redusă, este asociată câmpului de fracturi crustale aferente regiunilor Vârşeţ-Banloc-Vest Timișoara și respectiv, Est Jimbolia-Periam-Arad.

Specific cutremurelor bănăţene este și caracterul polikinetice al acestora, fiind însoțite de replici sub formă de șocuri, care pot surveni după câteva minute sau câteva ore, uneori acestea putând dura mult timp (5 luni la cutremurul din 1879, cu epicentrul la Moldova Nouă și intensitatea $I_0 = VIII^0$ MSK).

O altă caracteristică a cutremurelor din Banat este atenuarea rapidă, exponențială a intensităților macroseismice odată cu creșterea distanței față de epicentru. Această caracteristică este legată direct de adâncimile mici ale focarelor și de influența straturilor relativ groase de roci sedimentare neconsolidate și slab consolidate. Acest lucru este confirmat și de cutremurele care au avut loc în Banat în ultimul deceniu al secolului trecut, a căror efecte de avariere și distrugere a construcțiilor au fost semnificative doar în zonele epicentrale.

2.2. Condiții hidrologice și hidrogeologice

Zona de câmpie a Banatului este străbătută de următoarele râuri principale: **Mureșul** și **Aranca** în partea de nord, **Bârzava** și **Moravița** în partea de sud, iar în partea centrală, **Bega Veche** (Begheiul), **Bega** și **Timișul**. Fiecare dintre aceste râuri, mai ales cele din partea centrală a zonei de câmpie a Banatului, au o serie de afluenți cu debit permanent sau temporar, care alcătuiesc o rețea hidrografică destul de haotică, atât ca dispunere cât și ca direcții de curgere. Pantele reduse, respectiv condițiile dificile de drenare hidrografică, au favorizat meandrarea pronunțată a cursurilor de apă în zona de câmpie a Banatului, precum și apariția a numeroase brațe moarte colmatate, în general cu aluviuni nisipoase și prăfos-mâloase.

Râurile aferente zonei de câmpie a Banatului, cu excepția Mureșului și Begheiului, se încadrează în grupa râurilor de sud-vest ale României, iar prin faptul că bazinele lor hidrografice se suprapun peste o zonă cu individualitate fizică și geografică, aceste râuri au regimuri hidrologice cu unele caracteristici specifice.

Astfel, **râul Mureș**, pe porțiunea aferentă zonei de câmpie, se caracterizează printr-o albie minoră și albie majoră bine dezvoltate, iar panta medie este foarte redusă (circa 0,22 m/km).

Râul Aranca, situat la sud de Mureș, curge de la nord-est către sud-vest și se suprapune peste un vechi curs al Mureșului. Pantele reduse ale râului și constituția litologică de suprafață luto-argiloasă favorizează stagnarea apelor meteorice și a celor de inundații în lunci și pe interfluvii. Acesta este și motivul pentru care în zonă s-au construit o serie de canale care au dublu rol: de prevenire a inundațiilor prin evacuarea apelor mari din bazinul Arancăi în cel al Mureșului, care este îndiguit, respectiv în perioadele secetoase de a aduce apa din bazinul Mureșului în cel al Arancăi, pentru irigații.

Râul Bega Veche (Begheiul) urmează cursul inferior al vechiului traseu al Begăi, fiind o continuare a râului Beregsău, ce izvorăște din dealurile Lipovei. Bega Veche s-a individualizat cu un curs aparte la începutul secolului al XIX-lea, în urma construirii canalului navigabil Bega. În vederea prevenirii inundațiilor, în zona de câmpie Bega-Veche este îndiguită, iar pentru evacuarea apelor meteorice care stagnează au fost amenajate sisteme de desecare.

Râul Bega reprezintă unul din principalele cursuri de apă care străbate Banatul, fiind și arteră navigabilă. În scopul combaterii inundațiilor, care în trecut afectau mari suprafețe de teren agricol din zona de câmpie a Banatului, cursul inferior al râului a fost amenajat și rectificat, construindu-se începând cu anul 1764 canalul navigabil Bega, între orașul Timișoara și confluența cu râul Tisa. Tot odată au fost construite și două canale de legătură cu râul Timiș, unul de alimentare (între Coștei și Chizătău) și altul de desecare (între Topolovătu Mare și Hitiaș). Primul canal are triplu rol: alimentare cu apă, irigații și diluție, iar al doilea servește la descărcarea undelor de viitură pentru a preveni inundarea municipiului Timișoara.

Râul Timiș este un alt important curs de apă care străbate și drenează Banatul, pe cursul său fiind situate și două orașe importante din Banat: Lugoj și Caransebeș. În aval de confluența cu unul din afluenții săi principali, Pogonișul, Timișul se desparte în două brațe: Timișul și Timișul Mort, care apoi se unesc în apropierea localității Rudna.

Cele mai sudice râuri care străbat și zona de câmpie a Banatului sunt **Bârzava** și **Moravița**, a căror bazine hidrografice oferă condiții favorabile stagnării apelor de suprafață.

O altă caracteristică din punct de vedere hidrologic a zonei de câmpie a Banatului o constituie prezența a numeroase bălți, cu regim de apă, de regulă, temporar, precum și a unor

lacuri, cu suprafață mai mare sau mai mică și având permanent apă. Sub aspectul genezei se disting trei tipuri de lacuri, și anume: **lacurile relict**, rezultate din mlaștinile care au acoperit în trecut o mare parte din câmpie (spre exemplu cele de la Satchinez și Becicherecu Mic); **lacuri fluviale**, formate în brațele moarte și parțial colmatate ale râurilor Timiș, Bega, Bârzava, cum sunt cele de la Macedonia, Cebza, Ionel, Obad ș.a.; **lacurile de tasare**, ce sunt alimentate atât din precipitații cât și din pânza freatică, putându-se menționa spre exemplificare cele de la Valcani, Deta, Voiteg și Izvin.

La tipurile de lacuri menționate se adaugă și unele **lacuri artificiale**, formate fie în urma unor acțiuni indirecte, fie prin acțiuni directe, conștiente, efectuate de către oameni în scopuri economice. În această categorie se încadrează lacurile formate în excavațiile executate pentru extragerea argilei, cum sunt cele de la Timișoara, Deta, Jimbolia, Cărpiniș și Sânnicolau Mare. De asemenea, eleșteele piscicole, și acumulările realizate prin construirea de baraje în scopul reținerii apei în cazul viiturilor, se încadrează tot în categoria lacurilor artificiale.

Regimul apelor subterane din zona de câmpie a Banatului, care se găsesc atât sub formă de pânză freatică cât și de straturi de apă subterană de medie și mare adâncime, este determinat de altitudinea scăzută și de structura geologică caracteristică zonei.

Prin natura mineralogică și modul de așezare a lor, îndeosebi încrucișat, straturile aluviale prezente în litologia zonei favorizează formarea a numeroase depozite de ape superfreatice, freatice și subterane, cu diferite grade de mineralizare, unele dintre acestea fiind sub presiune și cu temperaturi ridicate.

Apa din pânza freatică este continuă și are, în general, nivel ridicat, fiind cantonată în depozitele aluviale de vârstă cuaternară, a căror adâncime ajunge până la 20...30 m.

Apa subterană din stratele de medie adâncime este cantonată atât în depozite cuaternare, cât și în cele de panonian superior, în unele locuri având însușirea de apă minerală carbogazoasă (spre exemplu Buziaș, Pișchia ș.a).

Apa subterană din straturile de mare adâncime este cantonată în depozite de vârste geologice diferite (panonian, miocen, cretacic), fiind cu nivel sub presiune (arteziană), iar gradul de mineralizație și temperatura ei sporesc cu adâncimea.

2.3. Condiții climaterice și pluviometrice

Zona de câmpie a Banatului se caracterizează printr-un climat temperat continental moderat cu unele influențe mediteraniene și oceanice, datorită faptului că se găsește la adăpostul lanțului carpatic care oprește masele de aer rece dinspre nord și nord-vest și permite pătrunderea celor maritime din sud-vest și vest.

Temperatura medie anuală este relativ ridicată, fiind de 10...11 ° C. Potențialul termic global al zonei de câmpie a Banatului este destul de ridicat, numărul zilelor de vară fiind în jur de 100, din care circa 40 pot fi considerate tropicale, iar numărul mediu al zilelor de îngheț este relativ mai redus (în jur de 90).

Se remarcă și faptul că în zona de câmpie a Banatului și chiar în cea a dealurilor joase, primăverile sunt mai timpurii decât în restul țării, datorită invaziei de aer cald dinspre sud-vest.

În stabilirea regimului termic al zonei de câmpie a Banatului au influențat și cele două vânturi caracteristice acestei zone și anume: Vântul de Vest și Austrul. Vântul de Vest bate vara de la nord-vest, iar iarna de la sud-vest, fiind un vânt călduț și umed care provoacă precipitații abundente în perioada de sfârșit a primăverii (lunile mai și iunie). Austrul bate de la sud-vest, dinspre Marea Adriatică, în toate anotimpurile. În timpul verii este uscat, în vreme ce iarna aduce umezeală, influențând temperatura în sensul moderării ei.

Sub aspect pluviometric zona de câmpie a Banatului se situează în apropierea izohietei de 600 mm, cu mențiunea că în câmpiile din Banat oscilațiile pluviometrice sunt destul de mari de la un an la altul. Astfel, în anii ploioși precipitațiile pot ajunge până la o valoare medie de 1000 mm, pentru ca în anii secetoși să scadă până în jur de 300 mm. De regulă, cele mai bogate precipitații în zona de câmpie se înregistrează în lunile mai și iunie (circa 23...24 % din cantitatea medie anuală), iar cele mai sărace, în luna februarie.

Adâncimea maximă de îngheț în zona de câmpie a Banatului este de 60...70 cm (STAS 6054-77), exceptând partea vestică a Câmpiei Arancăi, unde poate depăși 70 cm, apropiindu-se de 80 cm.

În conformitate cu STAS 1709/1-90 referitor la adâncimea de îngheț în complexele rutiere, zona de câmpie a Banatului se încadrează majoritar în zona de tip climatic I, valoarea medie a indicelui de umiditate fund: $I_m = -20...0$. Excepție face partea estică a Câmpiei Timișului, ce se încadrează în zona cu tip climatic II, având indicele de umiditate $I_m = 0...20$.

2.4. Particularități și aspecte geotehnice

În general stratificația terenului în zona de câmpie a Banatului, pe adâncimea care interesează în practica proiectării și executării construcțiilor, cuprinde strate aluviale, de natură nisipoasă, prăfoasă și argiloasă, cu așezare, de regulă, încrucișată.

Analiza și interpretarea rezultatelor a numeroase investigații geotehnice, efectuate de către Departamentul de Inginerie Geotehnică și Căi de Comunicație Terestre de la Facultatea de Construcții și Arhitectură din Timișoara în diverse localități din zona de câmpie a Banatului, precum și pe traseele unor drumuri naționale, ce brăzdează Banatul (DN 59 - Timișoara-Moravița, DN 69 - Timișoara-Arad, DN 6 - Lugoj-Timișoara-Sânnicolau Mare, DN 57 -

Moravița-Oravița), inclusiv pe traseul viitoarei autostrăzi Nădlac-Arad-Timișoara, unde au fost executate circa 100 foraje, permit evidențierea unor aspecte specifice și din punct de vedere geotehnic pentru această zonă [53], [54], [138], [139], [140], [145].

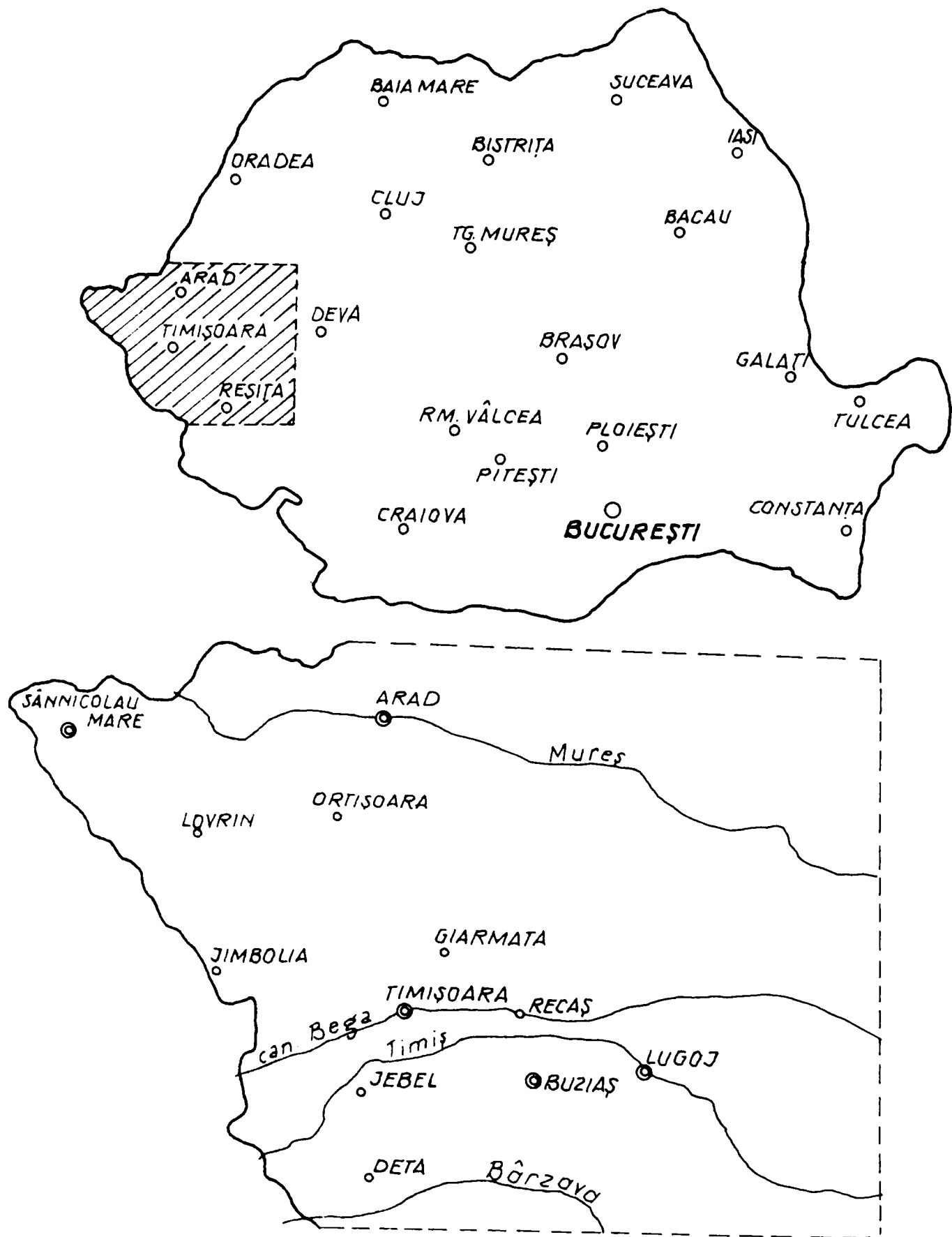


Fig.2.3. Localități din Banat caracterizate geotehnic.

În continuare se va face o caracterizare geotehnică generală a principalelor unități morfologice din zona de câmpie a Banatului, cu unele particularizări la diverse localități amplasate în cadrul acestora (fig.2.3).

2.4.1. Aspecte geotehnice caracteristice Câmpiei Timișului

În câmpia Timișului pe adâncimea care interesează din punct de vedere geotehnic, stratificația terenului se caracterizează printr-o neuniformitate relativ pronunțată. Deși aproape în totalitate stratificația este de tip aluvionar, cuprinzând straturi de natură nisipoasă, prăfoasă sau argiloasă, prin caracterul său încrucișat și ponderea cu care este prezent fiecare tip de pământ, pot apărea diferențieri în stratificație de la un loc la altul.

În luncile râurilor Timiș și Bega, care străbat de la est la vest Câmpia Timișului, precum și în zonele de divagare a acestora, în stratificația terenului este prezentă o crustă relativ subțire (1...2 m) de natură semicoezivă (prafuri nisipoase, prafuri, prafuri argiloase), urmată de straturi nisipoase de diverse granulozități, începând de la nisipuri prăfoase și argiloase până la nisipuri mijlocii și mari, cu sau fără pietriș. Încercările de penetrare efectuate au evidențiat o îndesare relativ redusă a nisipurilor fine din zona superioară a stratificației, mai ales pe intervalul de variație a nivelului apei subterane.

Starea de îndesare relativ redusă, corelată cu nivelul ridicat al apei subterane, sporește potențialul de lichefiere a acestor nisipuri.

În zonele limitrofe luncilor celor două râuri, stratificația terenului își păstrează caracterul încrucișat, în alcătuirea sa predominând pământurile prăfoase și argiloase, fără a lipsi și incluziunile nisipoase.

Existența în Câmpia Timișului a numeroase meandre, brațe moarte, lacuri și bălți, colmatate natural sau artificial, asociate unor condiții reduse de drenare gravitațională a apei, face ca pe alocuri în stratificația terenului să fie prezente și pământuri de natură măloasă.

Pe o suprafață destul de mare din zona de câmpie a Banatului, inclusiv în Câmpia Timișului sunt prezente pământuri active, în general cu potențial de umflare-contrație mediu, dar și mare în unele locuri (Giarmata, Sacoșu Turcesc etc).

Aspectele generale de ordin geotehnic, caracteristice Câmpiei Timișului și subliniate mai sus, sunt confirmate de lucrările de investigare geotehnică efectuate de către Departamentul de Inginerie Geotehnică și Căi de Comunicație Terestre, atât în diverse localități situate în această câmpie, cât și pe traseele drumurilor naționale, DN 6 sectorul Lugoj-Timișoara (44 foraje și 87 sondaje de penetrare dinamică cu con), respectiv DN 59, Timișoara-Moravița (43 foraje și 26 sondaje de penetrare).

Prezentarea în detaliu a condițiilor geotehnice din câteva localități situate în Câmpia Timișului, respectiv municipiile Lugoj și Timișoara și comunele Recaș și Jebel, particularizează unele din aspectele generale de ordin geotehnic expuse anterior.

2.4.1.1. Municipiul Timișoara

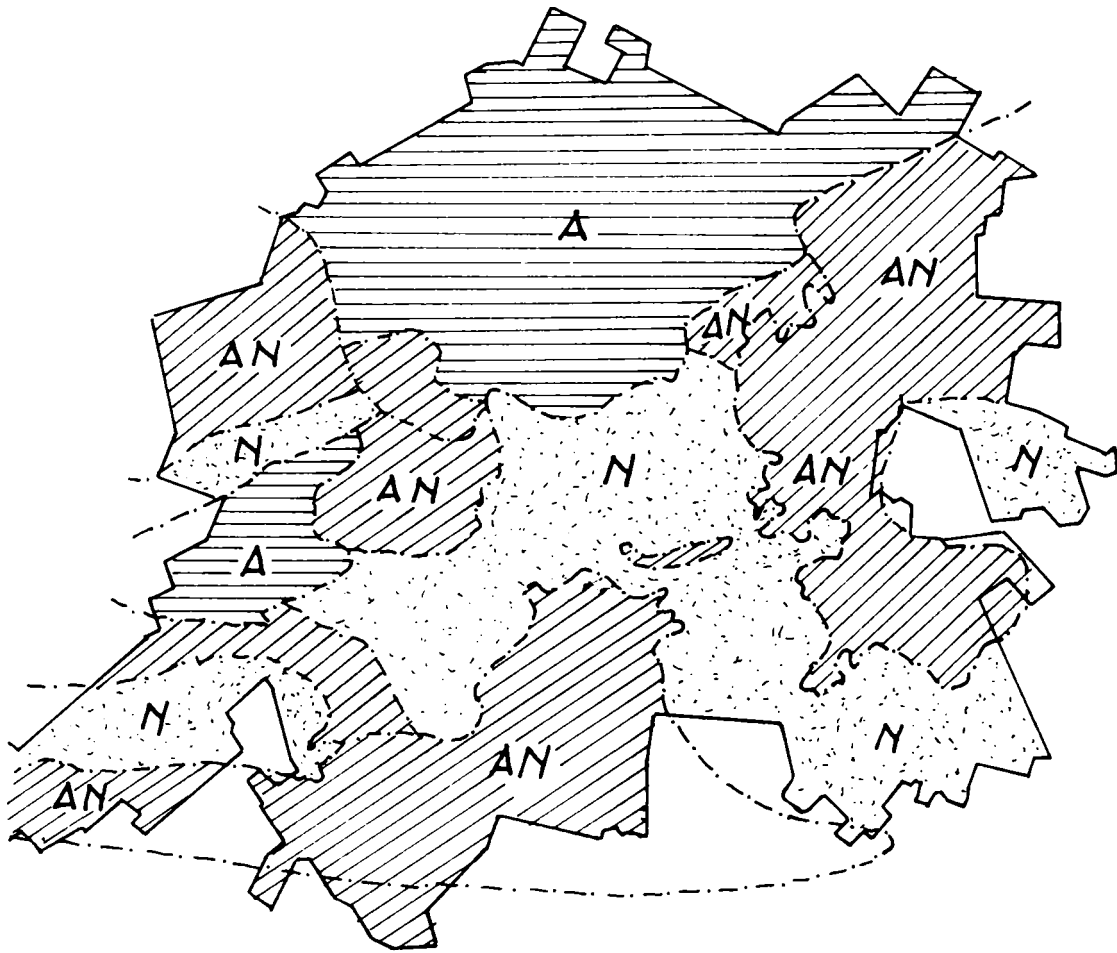
Porțiunea din Câmpia Timișului (de fapt Timiș-Bega) în care se situează municipiul Timișoara are altitudinea sub 100 m. Acest lucru a făcut ca până nu de mult (sec.XVIII) actualul intravilan să fie brăzdat de o serie de albi rătăcitoare, puternic meandrate, abandonate și rambleiate ulterior execuției canalului navigabil Bega, începând din anii 1764...1765. La acestea se mai adaugă existența numeroaselor șanțuri de apărare ale vechilor fortificații din zona centrală a municipiului, precum și a unor gropi de împrumut care au condus la apariția pe o mare parte din vatra orașului a umpluturilor neomogene, cu grosimi variabile, frecvent cuprinse între 2 și 4 m [137].

Existența Canalului Bega, care traversează localitatea aproximativ după direcția nord-est spre sud-vest, a condiționat și regimul apei subterane. Astfel, în zonele limitrofe canalului care are și rol de dren (cu excepția zonei din amonte de uzina hidroelectrică unde canalul alimentează pânza freatică), apa subterană se găsește la adâncimi relativ mai mari (2,5...3,5 m). Efectul de drenare se resimte la distanța mai mare pe porțiunile unde stratificația terenului este dominată de nisipuri și evident mai mică în cazul pământurilor argiloase. Efect de drenare, respectiv de coborâre a nivelului apei subterane îl are și rețeaua de canalizare a orașului. Se remarcă totuși și prezența unor zone dominate de pământuri nisipoase cu nivel ridicat al apei subterane (1,0...1,5 m), cauzat de altitudinea scăzută a terenului (în special zona de sud-vest a localității), precum și a unor zone cu altitudine mai ridicată cu pământuri argiloase, dar lipsite de pantă și de o rețea de canalizare care să asigure evacuarea apelor meteorice. În aceste zone sunt și cele mai mari ecarturi ale oscilațiilor nivelului apei subterane (1,0...1,5 m).

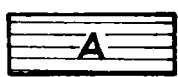
Chimismul apei subterane, investigat prin numeroase analize de laborator care au fost studiate și interpretate, indică în conformitate cu standardele în vigoare o agresivitate a acesteia față de betoane, în cea mai mare parte de tip carbonic și sulfatic. Se remarcă agresivitatea multiplă și mai pronunțată a apei subterane în zonele cu antecedente marcate de mlaștini, bălți sau gropi umplute cu diverse deșeuri menajere și industriale.

Stratificația terenului până la adâncimi ce interesează din punct de vedere geotehnic este dominată de pământuri argiloase în zona de nord a localității, de pământuri nisipoase în zona mediană și de sud, iar în zonele de trecere și pe porțiuni din estul localității prezintă caracter încrucișat. În fig.2.4 este prezentată zonificarea intravilanului municipiului Timișoara după

tipurile de pământuri prezente preponderent în stratificația terenului pe adâncime de până la 6...8 m [115], [137].



Legendă:



argile, argile prăfoase plastic consistente la vârtose.



nisipuri fine prăfoase, nisipuri fine și mijlocii cu îndesare redusă în zona superioară (pe intervalul de variație a apei subterane).



succesiune de pământuri argilaase și nisipoase.

Fig.2.4. Zonarea geotehnică a Municipiului Timișoara.
Tipuri de pământuri interceptate în zona superficială (0...6-8 m); scara 1:5000

Valori medii ale caracteristicilor geotehnice pentru pământurile argiloase din municipiul Timișoara

Tabelul 2.1.

Zona	Natura terenului	Cota probelor [m]	Granulozitatea		I _p [%]	I _c [-]	γ [kN/m ³]	γ _d [kN/m ³]	n [%]	e [-]	M _{2,1} [kPa]	ε ₂ [cm/m]	Φ _u [gr]	c _u [kPa]
			N+P [%]	A [%]										
A	Argilă, argilă prăfoasă	1,5...2,5	56	44	33	0,66	19,3	15,4	41,7	0,72	7 200	4,91	17	51
		3,5...4,5	62	38	28	0,76	19,1	15,3	41,5	0,71	6 800	5,54	17	32
		5,5...6,5	65	45	32	0,78	19,6	16,0	41,9	0,72	7 100	4,81	16	35
N	Argilă, argilă prăfoasă-nisipoasă	7,5...8,5	58	42	31	0,78	19,4	15,4	41,2	0,70	7 400	4,75	15	32
		9,5...10,5	61	39	29	0,77	20,0	16,2	39,5	0,65	8 500	4,63	17	32
		6,0...10,0	60	40	28	0,71	19,8	15,8	41,7	0,71	6 400	5,55	17	33
AN	Lentile de argilă incluse în masa nisip.	2,0...4,0	66	34	29	0,83	19,6	15,9	40,7	0,69	7 300	4,61	18	44
		6,0...10,0	60	40	30	0,72	19,3	15,7	42,1	0,73	6 500	5,52	16	33
		2,0...4,0	66	34	29	0,83	19,6	15,9	40,7	0,69	7 300	4,61	18	44
A, N, AN	Argilă prăfoasă, praf argilos	15,0...20,0	62	38	30	0,73	19,6	16,2	40,9	0,69	8 400	4,05	17	37

Valorile medii ale caracteristicilor geotehnice rezultate prin prelucrare statistică pentru pământurile argilos-prăfoase, grupate pe zone și strate semnificative, sunt prezentate în tabelul 2.1.

Din analiza caracteristicilor fizico-mecanice ale pământurilor argiloase și prăfoase din diferitele zone ale municipiului Timișoara și de la adâncimi până la 15...20 m, rezultă că acestea sunt sensibil apropiate. Succint analizate aceste pământuri se caracterizează prin plasticitate relativ mare ($I_p = 28...33 \%$), situație în general caracteristică întregii zone de câmpie a Banatului. Consistența poate fi apreciată ca fiind medie (domeniul plastic consistent spre vârtos, $I_c = 0,65...0,83$). De asemenea, tot ca medie poate fi cotate și porozitatea ($n = 39,5...43,1 \%$), în schimb valorile modulului de deformație edometric ($M_{2-3} = 6100...8500 \text{ kPa}$) și ale tasării specifice corespunzătoare presiunii de 200 kPa ($\epsilon_2 = 4,05...5,79 \text{ cm/m}$) indică o compresibilitate relativ mare a acestor pământuri.

Referitor la pământurile nisipoase prezente în stratificația terenului din unele zone ale municipiului Timișoara și reprezentate prin toată gama de nisipuri, începând de la nisipuri prăfoase până la nisipuri mijlocii și mari cu sau fără pietriș mic, se menționează că acestea au fost investigate, în general, prin încercări de penetrare cu PDU și mai puțin prin determinări densimetrice, efectuate pe probe netulburate prelevate din sondaje deschise.

Rezultatele numeroaselor încercări de penetrare PDU analizate arată că starea de îndesare a straturilor de nisip situate la adâncime mai mare (peste 3...4 m) se poate încadra în domeniul îndesării mijlocii, dar în zona superioară a stratificației, mai ales pe intervalul de variație a nivelului apei subterane, îndesarea nisipurilor fine și mijlocii este mai slabă, fiind reflectată prin numărul mic de lovituri, $N_{10} \leq 4...8$ lovituri/10 cm, căruia îi corespunde un grad de îndesare $I_D = 0,3...0,4$.

2.4.1.2. Municipiul Lugoj

Municipiul Lugoj este situat în partea estică a Câmpiei Timișului, iar din punct de vedere morfologic se desfășoară pe terasa inferioară de pe ambele maluri ale râului Timiș și pe lunca slab dezvoltată și inundabilă a acestuia.

Altitudinea terenului este cuprinsă între cotele de 120 m și 122 m (NMB). Relieful calm al suprafeței terenului, cu pante relativ reduse dar continue spre râul Timiș și paralel cu acesta, constituie o situație favorabilă din punct de vedere al stabilității generale a terenului și al colectării și drenării apelor meteorice spre râu.

Apa subterană constă în apa freatică cantonată și cu circulație în complexul de aluviuni grosiere cu extindere generală în zonă și cu permeabilitate relativ mare ($k_{med} = 10^{-2}...10^{-1} \text{ cm/sec}$). În general nivelul apei subterane se interceptează la adâncimi de

2...4 m, excepție făcând zona nord-estică, de la ieșirea spre Făget, unde prezența în suprafață a unor argile cu potențial contractil ridicat, precum și apropierea de versanții dealurilor de racord cu Munții Poiana Ruscăi, favorizează în perioadele ploioase formarea unei ape subterane "suspendate", apropiată de suprafața terenului. Oscilațiile nivelului apei subterane sunt dependente de regimul de precipitații, dar și de regimul hidrologic al râului Timiș.

Din punct de vedere a chimismului apei subterane, buletinele de analiză studiate indică o împrăștiere mare a acțiunii acesteia față de materialele uzuale de construcții (beton, oțel). În majoritatea cazurilor apa subterană prezintă agresivitate sulfatică față de betoane, agresivitatea carbonică fiind mai rar întâlnită.

Stratificația terenului (fig.2.5) se caracterizează prin existența peste formațiunile pliocene din bază (argile, argile prăfoase cu aspect marnos sau nisipuri îndesate și slab liantate) a aluviunilor grosiere, constituite din bolovănișuri cu pietrișuri și nisipuri mari, cu îndesare medie spre îndesată, frecvent interceptate la adâncimi de 4...6 m. În zonele limitrofe râului Timiș, complexul de aluviuni grosiere este parazitat de straturi lenticulare de grosimi reduse (0,2...1,0 m), alcătuite din nisipuri fine prăfos-argiloase, cu unele resturi organice și relativ compresibile.

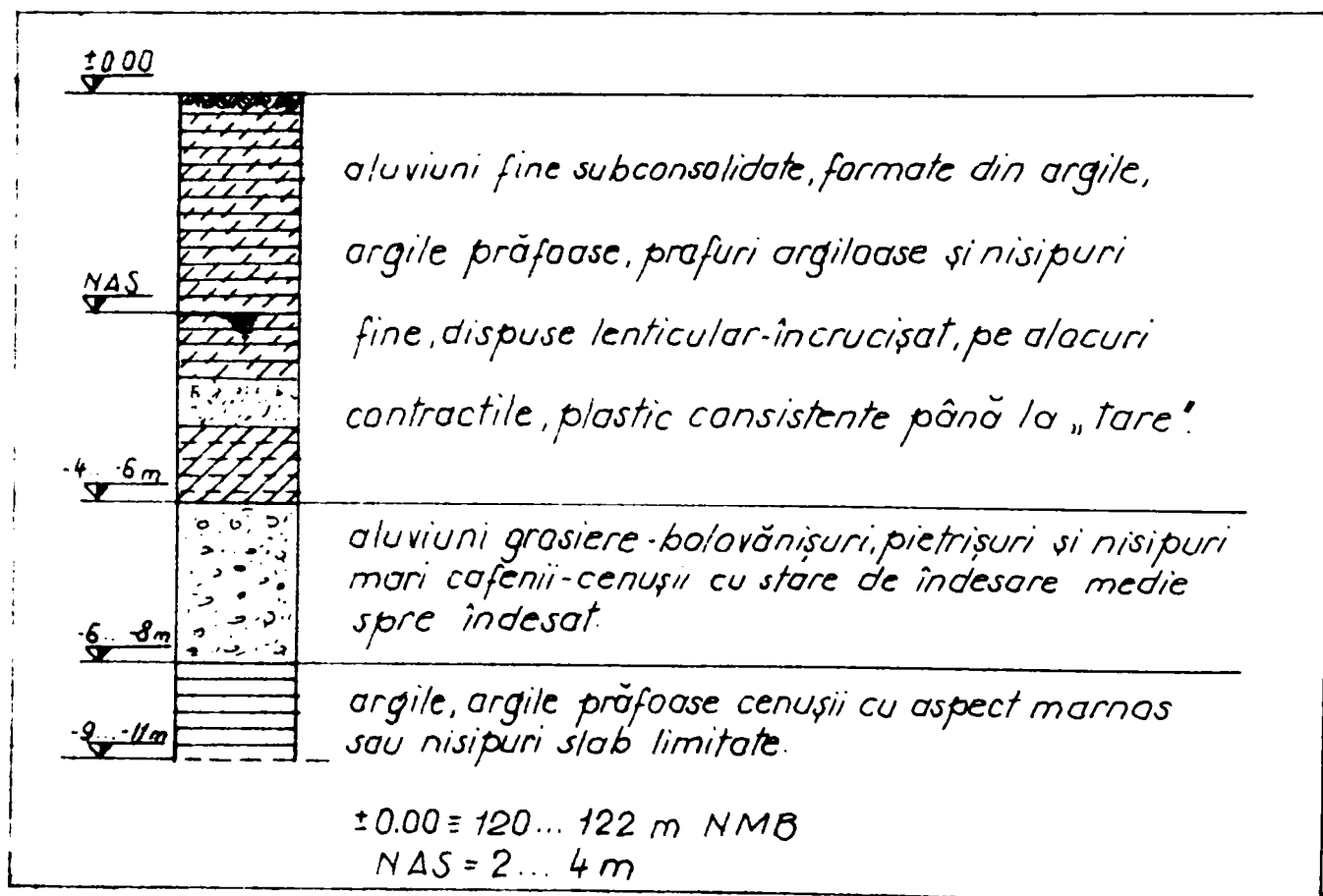


Fig.2.5. Stratificația caracteristică municipiului Lugoj.

Partea superioasă a stratificației terenului este ocupată de o copertă acoperitoare, formată din aluviuni fine, în general, subconsolidate și reprezentate prin toată gama de pământuri argiloase și fin-nisipoase dispuse lenticular-incrucșat.

Pe alocuri aluviunile fine din partea superioară a stratificației terenului sunt la rândul lor acoperite sau chiar înlocuite în diverse proporții de umpluturi rezultate atât în urma unor lucrări de nivelare și sistematizare cât și a altor lucrări de construcții.

O categorie aparte a pământurilor din coperta acoperitoare a stratificației terenului o constituie argilele existente în partea de nord-est a localității, unde datorită apropierii de zona colinară au probabil o proveniență de tip proluvial și manifestă proprietăți evidente de contracție-umflare, fiind active.

Domeniile de variație ale valorilor principalelor caracteristici geotehnice, pentru pământurile argiloase și prăfoase din stratificația caracteristică a municipiului Lugoj, se pot urmări în tabelul 2.2.

Din analiza datelor prezentate în tabelul 2.2 se poate remarca împrăștierea relativ mare a valorilor caracteristicilor geotehnice, fapt datorat atât naturii cât mai ales diverselor stări fizice în care se găsesc pământurile argilos-prăfoase prezente în stratificația terenului.

Domeniile de variație ale principalelor caracteristici geotehnice pentru pământurile argiloase din municipiul Lugoj.

Tabelul 2.2

Caracteristici geotehnice	Tipuri de pământuri	
	Aluviuni fine recente alcătuite din argile prăfoase, prafuri argiloase și prafuri nisipo-argiloase	Aluviuni fine alcătuite din argile și argile prăfoase cu umflări și contracții mari (PUCM)
Greutatea volumică: γ [kN/m ³]	15,1...19,0	18,4...21,0
Greutatea volumică în stare uscată: γ_d [kN/m ³]	13,1...15,4	14,2...16,0
Porozitatea: n [%]	42...59	32...49
Indicele porilor: e	0,72...1,44	0,47...0,75
Indicele de plasticitate: I_p [%]	15...32	26...46
Indicele de consistență: I_c	0,50...0,90	0,76...1,10
Modulul de deformație edometric: M_{2-3} [kPa]	3000...10.000	5500...11.000
Tasarea specifică: ϵ_2 [cm/m]	3,5...10	3,3...10
Unghiul de frecare interioară: Φ_u [grade]	16...22	11...21
Coeziunea specifică: c_u [kPa]	10...35	55...110

Sondajele de penetrare dinamică efectuate cu PDU au indicat pentru aluviunile necoezive grosiere valori ale numărului de lovituri N_{10} de peste 15...20 lovituri/10 cm, ceea ce corespunde domeniului îndesării medii. De asemenea, la sondajele de penetrare statică au rezultat valori ale rezistenței la penetrare pe con R_p cuprinsă între 14000 și 40000 kPa, respectiv ale modulului de deformație de 18000...30000 kPa.

2.4.1.3. Localitatea Recaș

Localitatea Recaș este situată pe traseul drumului național DN 6, sectorul Lugoj-Timișoara, la distanță de circa 20 km față de Timișoara.

Morfologic, localitatea se încadrează în terasa Recaș-Remetea a râului Timiș, partea joasă-mijlocie a acesteia, având altitudini cuprinse între 100 și 110 m (NMB), în timp ce lunca Timiș-Bega prezintă în dreptul localității altitudini sub 98 m (NMB).

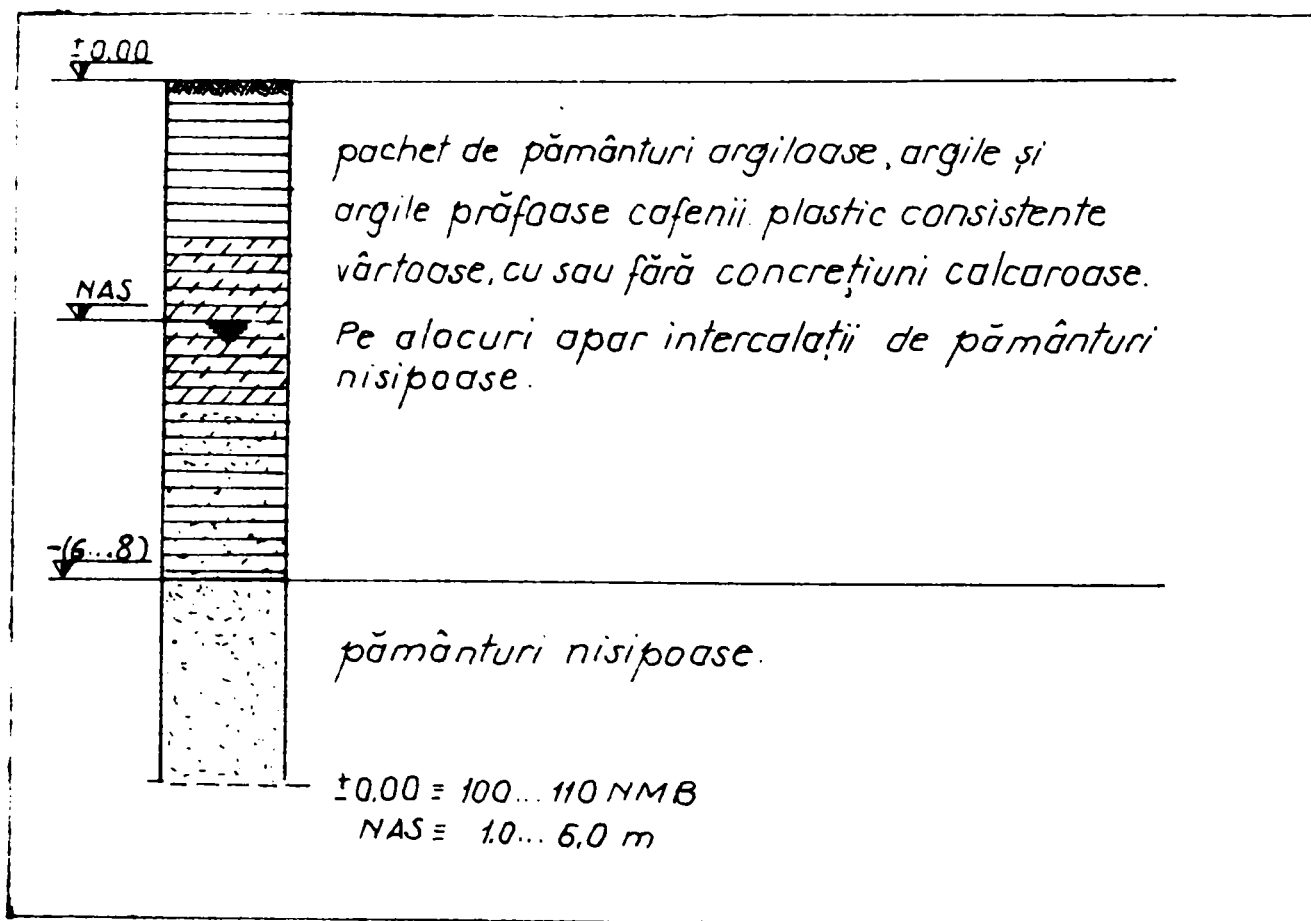


Fig.2.6. Stratificația caracteristică localității Recaș

Terenul prezintă o ușoară pantă de la nord-est spre sud-vest având stabilitatea generală asigurată. În condițiile geomorfologice date, în care nivelul de bază de colectare și drenare a apelor este situat cu 2...10 m sub nivelul suprafeței terenului din intravilanul localității, iar pe primii 6 m în stratificație predomină pământurile argiloase, apa subterană cantonată temporar în pachetul argilos prezintă un regim de nivel special, caracterizat prin oscilații pronunțate și mult dependente de volumul precipitațiilor. Astfel, în foraje executate în intravilan au fost înregistrate

nivele ale apei subterane cuprinse între 1,0 și 6,0 m adâncime, funcție de altitudinea locului de execuție și de volumul precipitațiilor. Din punct de vedere chimic, apa prezintă agresivitate slabă spre medie, atât carbonică cât și sulfatică.

Stratificația terenului (fig.2.6) se caracterizează prin predominarea pe primii 6...10 m a pământurilor argiloase reprezentate prin argile și argile prăfoase cafenii, cu sau fără concrețiuni calcaroase. Este posibil ca în zona de contact cu lunca Timișului să se intercepteze și pământuri nisipoase, mai ales sub formă de incluziuni lenticulare. Se poate aprecia uniformitatea relativ pronunțată a stratificației pe întregul intravilan al comunei Recaș, caracteristică care poate fi atribuită, în general, stratificației de pe tot sectorul Lugoj-Timișoara, a drumului național DN 6.

Pachetul argilos predominant în stratificația terenului se caracterizează prin valori ale indicilor geotehnici înscrise în domeniile de variație arătate în tabelul 2.3.

Domeniile de variație ale caracteristicilor geotehnice pentru pământurile argiloase-localitatea Recaș

Tabelul 2.3

Caracteristici geotehnice	Simbol	UM	Domeniul de variație
Greutatea volumetrică	γ	kN/m ³	18,4...19,7
Greutatea volumică în stare uscată	γ_d	kN/m ³	14,6...16,5
Porozitatea	n	%	39...44
Indicele porilor	e	-	0,64...0,79
Umiditatea naturală	w	%	19...26
Gradul de umiditate	S_r	-	0,78...0,96
Indicele de plasticitate	I_p	%	25...35
Indicele de consistență	I_c	-	0,72...0,80
Modul de deformare edometric	M_{2-3}	kPa	5900...12.500
Tasarea specifică	ϵ_2	cm/m	3,0...5,3
Unghiul de frecare interioară	Φ_u	grade	15...19
Coeziunea specifică	c_u	kPa	35...113

2.4.1.4. Localitatea Jebel

Localitatea Jebel este situată la circa 20 km în direcția sud-vest de Timișoara, intravilanul și extravilanul său înscriindu-se de o parte și de alta a drumului național DN 59 Timișoara-Moravița. În imediata sa apropiere curge râul Timișul Mort, care este foarte pronunțat meandrat.

Stratificația terenului din intravilanul și extravilanul localității Jebel se caracterizează, în general, printr-o copertă de suprafață extinsă până la adâncime de 3...4 m și alcătuită din alternanțe de straturi nisipos-argiloase și prăfos-nisipoase, evident situate sub solul vegetal (fig.2.7). Stratificația terenului continuă cu un pachet de natură argilos-prăfoasă (argilă prăfoasă, praf argilos) până în jurul adâncimii de 10...12 m, unde își fac apariția orizonturi nisipoase (în

special nisipuri fine), ce se extind în adâncime și sub 15 m. Din sondajele de penetrare, rezultă o stare de îndesare medie spre îndesată a acestor orizonturi nisipoase.

Stratificația caracteristică localității Jebel este redată în fig.2.7, iar domeniile de variație ale principalelor caracteristici geotehnice ale pământurilor argiloase, în tabelul 2.4.

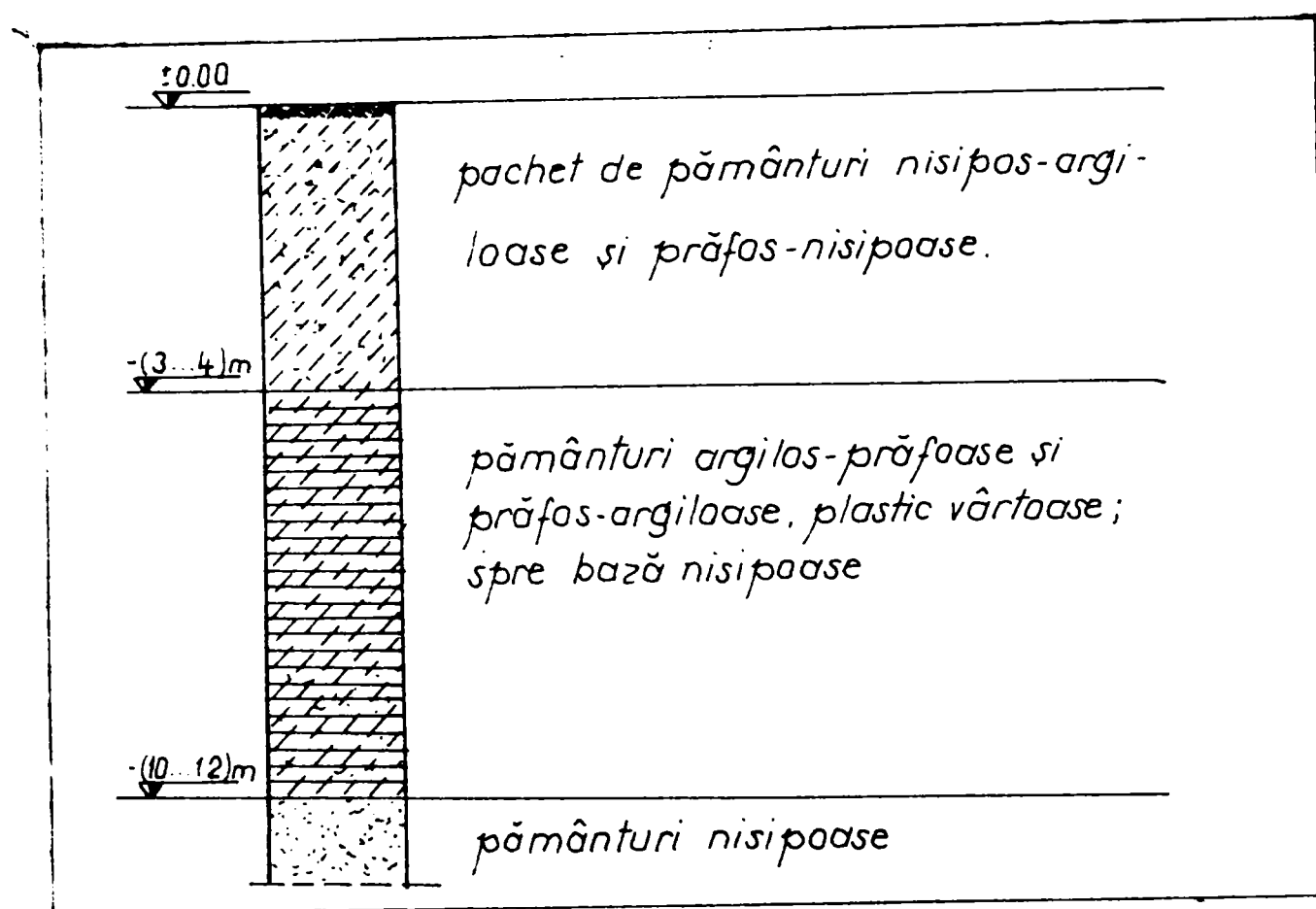


Fig.2.7. Stratificația caracteristică a comunei Jebel.

Domeniile de variație ale caracteristicilor geotehnice pentru pământurile argilos-prăfoase - specifice localității Jebel

Tabelul 2.4

Caracteristici geotehnice	Simbol	UM	Domeniul de variație
Greutatea volumică	γ	kN/m^3	18,0...19,4
Greutatea volumică în stare uscată	γ_d	kN/m^3	14,4...16,05
Porozitatea	n	%	37...46
Indicele porilor	e	-	0,60...0,85
Umiditatea naturală	w	%	21...25
Gradul de umiditate	S_r	-	0,75...0,86
Indicele de plasticitate	I_p	%	18...25
Indicele de consistență	I_c	-	0,70...0,90
Modul de deformare edometric	M_{2-3}	kPa	10.500...15.400
Tasarea specifică	ε_2	cm/m	1,85...3,10
Unghiul de frecare interioară	Φ_u	grade	16...20
Coeziunea specifică	c_u	kPa	15...48

2.4.2. Aspecte geotehnice caracteristice Câmpiei Vingăi

La baza caracterizării sub aspect geotehnic a Câmpiei Vingăi stau investigațiile geotehnice efectuate de către Departamentul de Inginerie Geotehnică și Căi de Comunicație Terestre cu participarea autorului, pe DN 69 Timișoara-Arad, pentru reabilitarea acestui drum, respectiv pe traseul autostrăzii Nădlac-Arad-Timișoara, sectorul Timișoara-Arad, în vederea elaborării studiului de fezabilitate a acestei artere de circulație [138], [139].

Sub aspect geotehnic Câmpiei Vingăi îi este caracteristică prezența în stratificația terenului a unor pământuri argilos-prăfoase de natură loessoidă, în care calcarul diseminat sau în formă de concrețiuni este omniprezent. După caracteristicile fizico-geologice a acestor formațiuni loessoide, se poate face presupunerea că ele aparțin ultimei perioade a Pleistocenului superior și primei perioade a Holocenului inferior. De asemenea, originea acestor pământuri argiloase loessoide din Câmpia Vingăi nu este suficient de bine elucidată. Poate fi admisă, cu unele rezerve, ipoteza remanierii depozitelor loessoide în perioada existenței unui nivel ridicat al apei subterane. Astfel, pe măsura scăderii nivelului apei subterane, determinată de formarea în timp a văilor de drenaj natural și crearea unor condiții "de spălare" și transport pe verticală a calcarului, a fost posibilă o "regenerare" a porilor și cu aceasta reactivarea sensibilității la umezire a pământului respectiv [53], [54].

Ca o caracteristică generală a pământurilor argiloase loessoide din Câmpia Vingăi se poate sublinia culoarea lor cafenie-roșcată, cu orizonturi metrice cafenii gălbui, acestora asociindu-se creșterea conținutului de fracțiuni de praf și nisip.

Tasarea suplimentară la umezire a acestor pământuri argiloase loessoide, care în general depășește 2 %, numai pentru stratele situate până la adâncime de 3...4 m, nu are caracter de prăbușire, ci se datorează accentuării compresibilității odată cu creșterea gradului de umiditate.

În partea de nord a Câmpiei Vingăi, mai exact în zona de luncă a Mureșului, stratificația terenului este alcătuită majoritar din pământuri semicoezive și necoezive, de regulă nisipuri prăfoase sub stratul de pământ vegetal, urmate de nisipuri de diferite granulozități și chiar pietrișuri.

Analizând plasticitatea pământurilor argiloase și argilos-prăfoase, de natură loessoidă, prezente în stratificația terenului din Câmpia Vingăi, s-a constatat că aceasta este mai ridicată decât cea care ar corespunde în mod normal granulozității acestor pământuri, indicii de plasticitate ajungând la valori: $I_p = 40...55 \%$.

Efectuarea de analize chimico-mineralogice asupra acestor pământuri și corelarea rezultatelor privind compoziția mineralogică cu plasticitatea [21], [29], a permis să se tragă concluzia că la sporirea plasticității contribuie în mare măsură conținutul ridicat de smectit

(montmorilonit). Spre exemplificare, în tabelul 2.5 se dau valorile medii referitoare la granulozitate, plasticitate și compoziție mineralogică, obținute în urma prelucrării rezultatelor unor încercări efectuate pe probe de pământuri argilos-prăfoase caracteristice câmpiei analizate, valori care confirmă concluzia subliniată mai sus cu privire la legătura dintre plasticitatea și compoziția mineralogică a acestor pământuri.

Valori medii referitoare la granulozitatea, plasticitatea și compoziția mineralogică a pământurilor argiloase și argilos-prăfoase din Câmpia Vingăi

Tabelul 2.5

Felul pământului	Granulozitatea			Plasticitatea			Compoziția mineralogică		
	N [%]	P [%]	A [%]	w _L [%]	w _p [%]	I _p [%]	Smectit [%]	Illit [%]	Caolinit [%]
Pământuri argiloase și argilos-prăfoase galben-cafenii cu unele concrețiuni calcaroase	18	45	37	19	67	48	72	16	12

Pentru exemplificarea aspectelor geotehnice menționate cu privire la Câmpia Vingăi, prin prisma valorilor și a altor caracteristici fizice și mecanice s-a ales localitatea Orțișoara.

2.4.2.1. Localitatea Orțișoara

Intravilanul și extravilanul localității Orțișoara se află situate aproximativ în centrul Câmpiei Vingăi, având altitudinea de 120...30 m (NMB) și fiind brăzdate de unele văi și depresiuni, care asigură o bună drenare naturală a zonei. Acest lucru face ca pe vatra localității nivelul apei subterane să se găsească la adâncime relativ mare față de suprafața terenului (8...10 m).

După cum se poate vedea și în fig.2.8 stratificația caracteristică localității Orțișoara și în general întregii Câmpii a Vingăi, este constituită din pachetul de pământuri loessoide de natură argiloasă și argilos-prăfoasă, până la adâncime de circa 6,0 m, după care continuă cu o alternanță de pământuri argiloase și nisipoase.

În tabelul 2.6 sunt date domeniile de variație și valorile medii ale principalelor caracteristici geotehnice ale pachetului de pământuri argiloase loessoide, rezultate în urma prelucrării datelor culese din forajele executate în intravilanul și exteriorul localității Orțișoara.

Analizând valorile medii ale caracteristicilor geotehnice prezentate în tabelul 2.6, se mai pot face unele sublinieri cu caracter general privind condițiile geotehnice ale localității analizate, relativ valabile pentru întreaga Câmpie a Vingăi. Astfel, valoarea relativ mare a gradului de umiditate ($S_{med} > 0,6$) denotă o capacitate sporită de reținere a apei din pori, cu efecte pozitive a

umiditate ($S_{rmed} > 0,6$) denotă o capacitate sporită de reținere a apei din pori, cu efecte pozitive a remanierii loessului, dar cu o sporire a sensibilității la îngheț. De asemenea, valoarea medie a densității în stare uscată, de $15,4 \text{ kN/m}^3$, alături de porozitatea relativ redusă raportată la argile prăfoase, indică o capacitate mijlocie spre redusă de tasare sub greutate proprie sau la sarcini reduse, așa cum sunt în mod obișnuit cele provenite din traficul rutier.

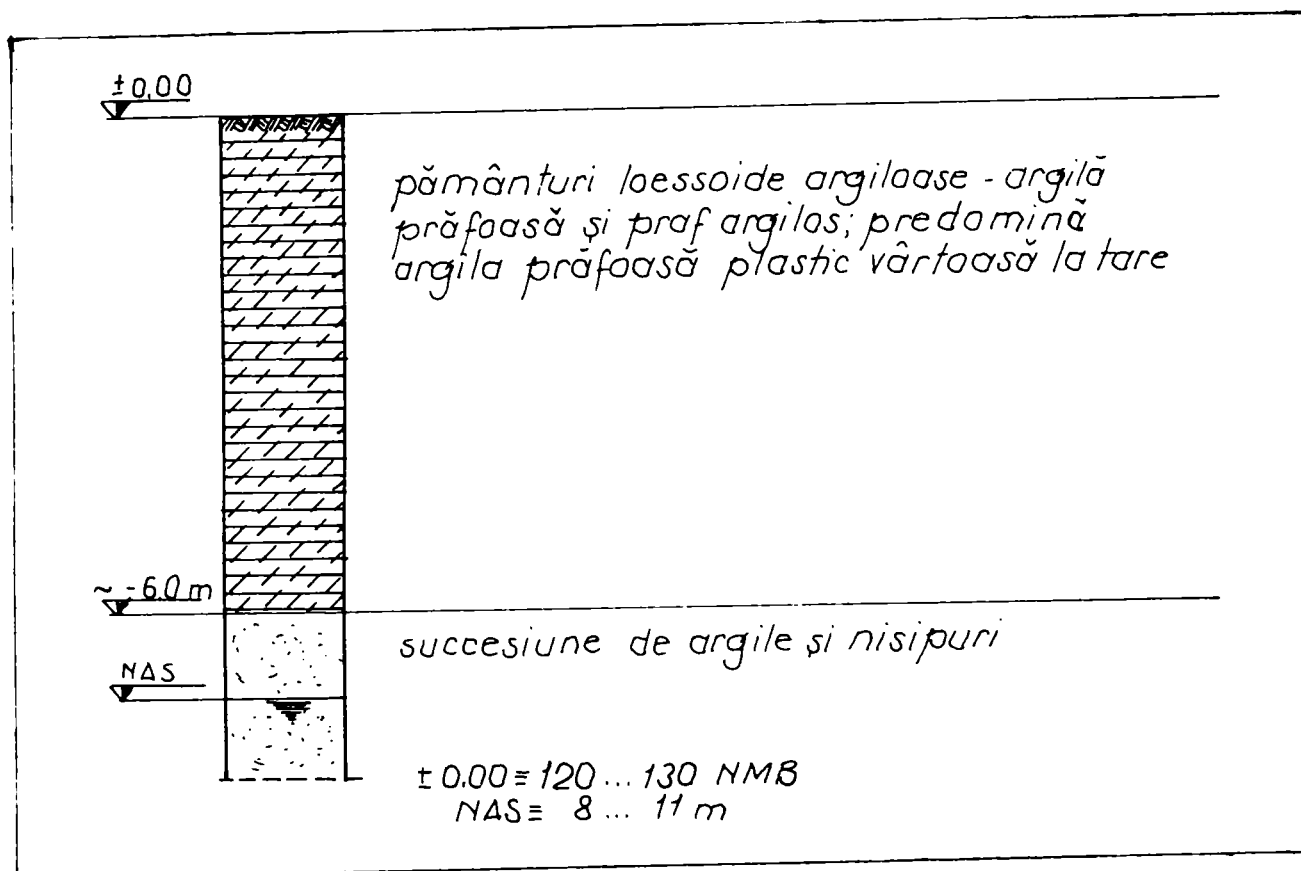


Fig.2.8. Stratificația caracteristică comunei Orțișoara

Caracteristicile geotehnice ale pământurilor argiloase loessoide specifice localității Orțișoara

Tabelul 2.6.

Caracteristici geotehnice	Simbol	U/M	Domeniu de variație	Valoarea medie
Greutatea volumică	γ	kN/m^3	15,6...21,9	18,6
Greutatea volumică în stare uscată	γ_d	kN/m^3	12,0...17,6	15,4
Porozitatea	n	[%]	34...54	42
Indicele porilor	e	-	0,52...1,17	0,72
Umiditatea naturală	w	[%]	15...30	21
Gradul de umiditate	S_r	-	0,44...1,0	0,75
Indicele de plasticitate	I_p	[%]	17...50	35
Indicele de consistență	I_c	-	0,8...1,1	0,85
Modul de deformare edometric	M_{2-3}	kPa	5300...20000	10.200
Tasarea specifică	ϵ_2	cm/m	2...8,2	4,2
Unghiul frecării interioare	ϕ_u	[grade]	15...20	17
Coeziunea specifică	C_u	kPa	60...117	63

2.4.3. Aspecte geotehnice caracteristice Câmpiei Arancăi

Câmpia Arancăi, așa cum s-a arătat aparține treptei joase a zonei de câmpie a Banatului, cu altitudini de 80...90 m. În vederea asanării acestei regiuni, precum și pentru prevenirea inundațiilor râului Mureș, în secolul al XIX-lea a fost realizat canalul Aranca, care străbate în direcția est-vest câmpia Arancăi și intravilanul principalei localități din această câmpie, orașul Sânnicolau Mare.

Stratificația terenului, specifică pentru această câmpie, se caracterizează printr-o relativă neuniformitate. Astfel, sub stratul de pământ vegetal este prezentă, de regulă, fie o crustă argilos-prăfoasă, cu extindere în adâncime până în jur de 4...5 m, urmată de nisipuri, fie direct un complex de pământuri nisipoase. Alternanța de straturi semicoezive se păstrează până la adâncime în jur de 10 m, unde, de regulă, sunt prezente straturi de argilă.

Apa subterană prezintă și în această câmpie nivele relativ ridicate, libere sau ușor ascensionale.

Spre exemplificarea celor arătate, mai jos se prezintă și se analizează stratificația terenului și condițiile geotehnice specifice orașului Sânnicolau Mare, localitate amplasată aproximativ în centrul acestei câmpii.

2.4.3.1. Orașul Sânnicolau Mare

După cum se poate vedea și în fig.2.9, stratificația terenului caracteristică a orașului Sânnicolau Mare confirmă cele menționate anterior privind prezența crustei superficiale de argilă prăfoasă sub un strat de pământ vegetal sau de umpluturi, urmată de un complex nisipos așezat pe un pachet argilos impermeabil.

Pe teritoriul localității Sânnicolau Mare, nivelele libere sau ușor ascensionale ale apei subterane se găsesc la adâncimi cuprinse între 0,80 și 4,00 m. Freaticul este cantonat în straturile nisipoase, fiind limitat în bază de pachetul argilos impermeabil.

Analizele chimice efectuate asupra probelor de apă subterană au arătat că aceasta prezintă predominant agresivitate "slabă" la "intensă" de tip sulfatic și agresivitate "foarte slabă" de tip carbonic. Local a fost identificată și agresivitate "foarte slabă" de tip magnezian.

Din analiza domeniilor de variație a caracteristicilor geotehnice ale pământurilor argilos-prăfoase, rezultă că acestea au o consistență variabilă între plastic consistent și plastic vârtos, un grad de umiditate de la domeniul umed la cel saturat, respectiv o stare de consolidare medie.

Incercările de penetrare dinamică au indicat pentru complexele nisipoase o stare de îndesare mai slabă în zona apropiată suprafeței terenului, până la adâncimi de 2...3 m, respectiv o îndesare medie la adâncime mai mare.

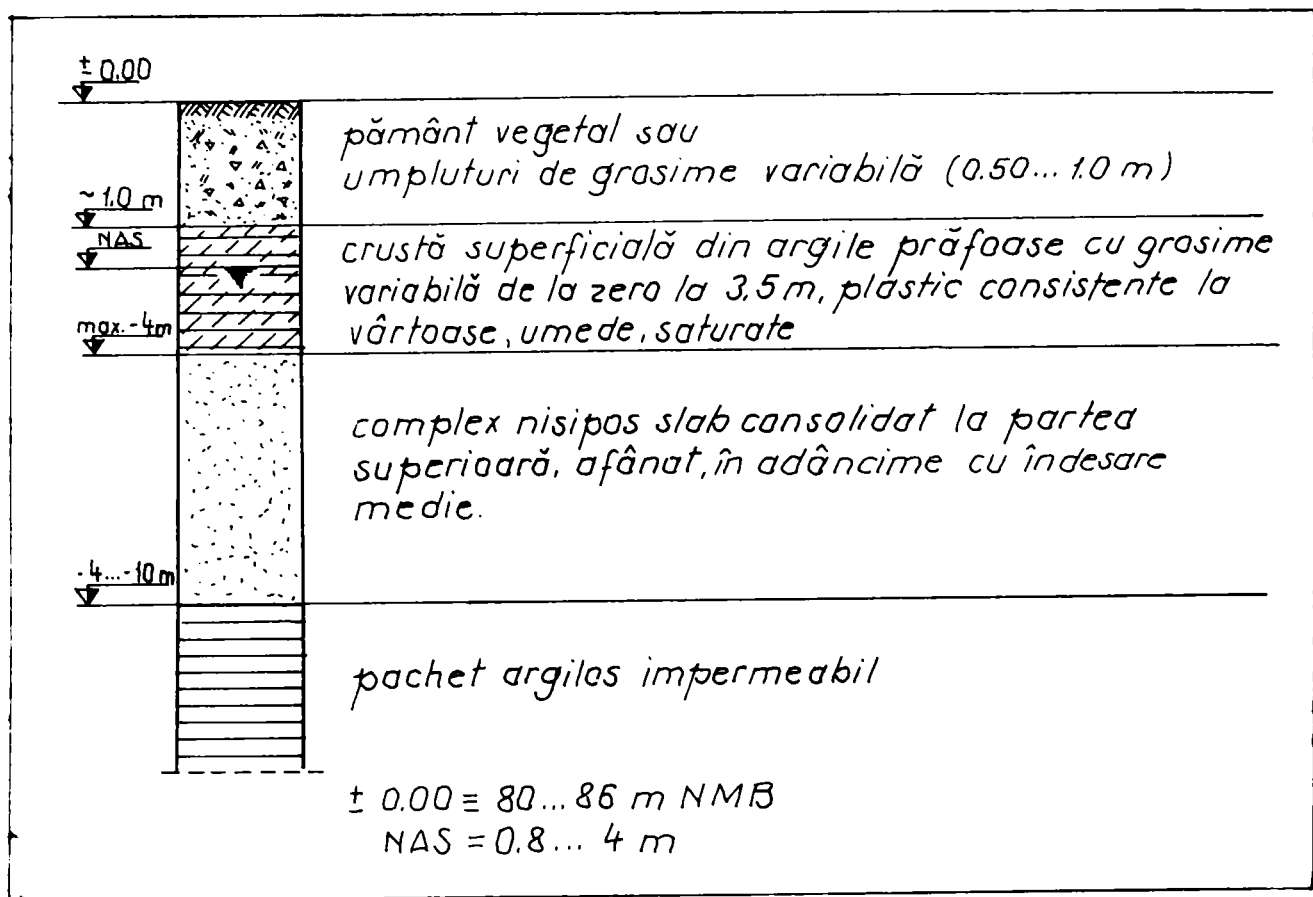


Fig.2.10. Stratificația caracteristică orașului Sănnicolau Mare.

Caracteristicile geotehnice ale pământurilor argiloase din stratificația
 aferentă orașului Sănnicolau Mare

Tabelul 2.7

Caracteristici geotehnice	Simbol	U/M	Domeniu de variație	Valoarea medie
Compoziția granulometrică:				
-nisip	N	%	5...40	
-praf	P	%	50...80	
-argilă	A	%	10...45	
Greutatea volumică	γ	kN/m^3	18,0...19,9	18,7
Porozitatea	n	[%]	41,5...47	44
Indicele porilor	e	-	0,71...0,9	0,8
Indicele de plasticitate	I_p	[%]	22...45	30
Indicele de consistență	I_c	-	0,43...1,00	0,65
Gradul de umiditate	S_r	-	0,68...0,99	0,78
Modul de deformație edometric	M	kPa	5600...12.000	95.30
Deformația specifică	ε_2	cm/m	2,0...7,2	4,1
Unghiul frecării interioare	ϕ	[grade]	16...20	18
Coeziunea specifică	c	kPa	13...52	35

Starea relativ mai redusă de îndesare, precum și faptul că sunt, în general saturate, contribuie la sporirea potențialului de lichefiere a complexelor nisipoase prezente în stratificația terenului.

Domeniile de variație a valorilor principalelor caracteristici geotehnice ale pământurilor argiloase prezente în stratificația terenului, caracteristică orașului Sânnicolau Mare și prin extrapolare Câmpiei Arancăi, sunt prezentate în tabelul 2.7.

2.4.4. Alte aspecte geotehnice specifice zonei de câmpie a Banatului

2.4.4.1. Pământuri cu umflări și contracții mari - PUCM

Pământurile cu umflări și contracții mari (PUCM), denumite și pământuri contractile, expansive sau active, sunt pământuri argiloase care prezintă proprietatea de a-și modifica sensibil volumul, atunci când umiditatea lor variază.

Aria de răspândire pe teritoriul României a pământurilor argiloase active este destul de extinsă (fig.2.10), inclusiv în Banat, unde pe o porțiune relativ mare a zonei de câmpie sunt prezente astfel de pământuri [56], [57].

Toate pământurile argiloase active sunt potențial capabile de umflări și contracții mari la variațiile de umiditate. Această capacitate de umflare-contracție se manifestă însă numai atunci când condițiile locale facilitează manifestarea activă a potențialului de umflare-contracție a pământului.

Identificarea și recunoașterea pământurilor cu umflări și contracții mari se face în funcție de comportarea specifică a acestora la variațiile sezoniere de umiditate, respectiv pe baza unor caracteristici geotehnice proprii acestor pământuri [130].

Astfel, în perioadele secetoase, în zonele cu pământuri active apar în teren crăpături de contracție sub forma unor rețele poligonale (fig.2.11), foarte pronunțate.

Fenomenul este mai pronunțat la pământuri active puternic însoțite și mai ales acolo unde au stagnat ape meteorice (ochiuri de apă, bălți de mică adâncime etc). În aceste cazuri deschiderea fisurilor poate depăși 5 cm.

În perioadele ploioase crăpăturile încep să se închidă, închiderea începând atât de jos, datorită creșterii umidității prin apa infiltrată în straturile inferioare, cât și de sus, unde straturile superioare se umflă prin umezirea uniformă provocată de precipitații.

Pentru identificarea completă și aprecierea gradului de activitate a pământurilor cu umflări și contracții mari (PUCM), este necesar ca investigațiile geotehnice să conducă la determinarea cantitativă a unor caracteristici geotehnice suplimentare, cum sunt: fracțiunea cu mărimea particulelor sub 2μ (A_2), indicele de activitate ($I_A = I_p/A_2$), criteriul de plasticitate (C_P),

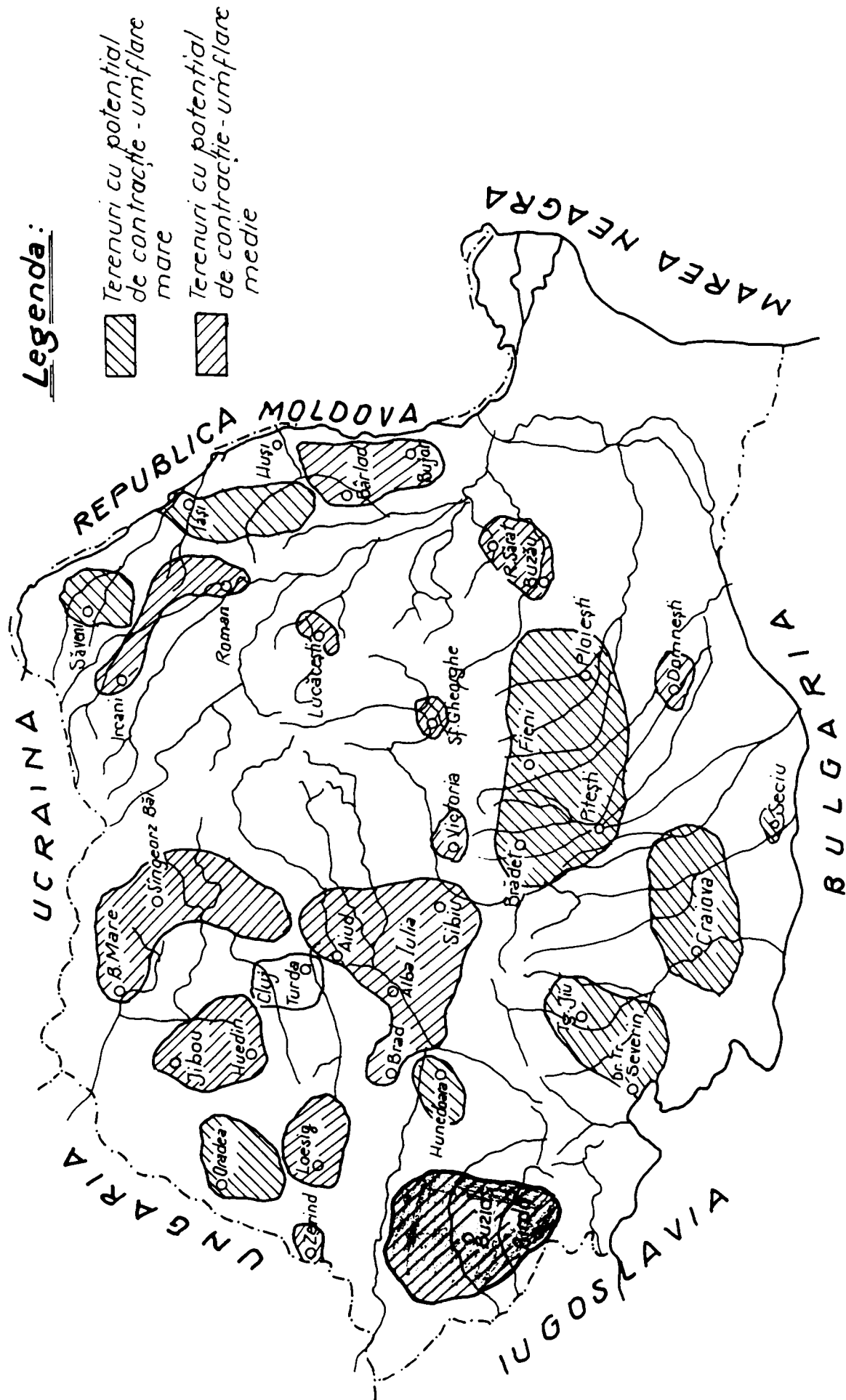


Fig.2.10. Răspândirea pământurilor cu umflări și contracții mari pe terenul României

umflarea liberă (U_L), limita de contractie (w_s), contractia volumică (C_v), căldura maximă de umezire ($q_{u \max}$), presiunea de umflare (p_u).

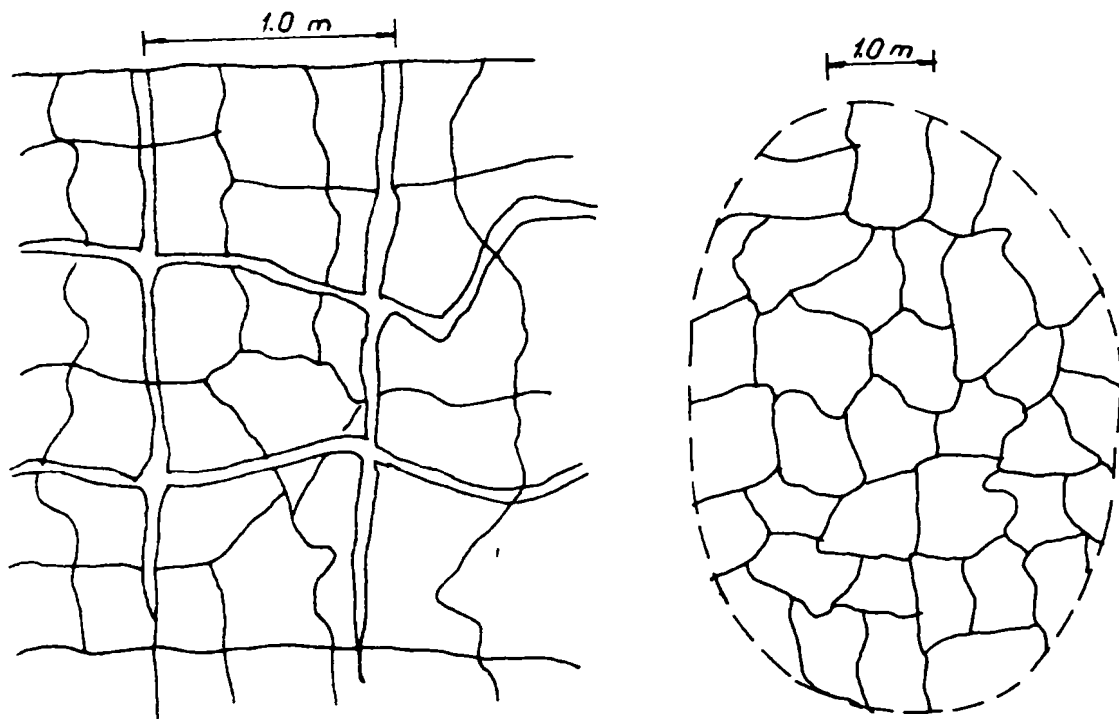


Fig.2.11. Macro- și microrețeaua de fisuri a pământurilor argiloase active.

În tabelul 2.8 sunt date domeniile de variație a valorilor unor caracteristici geotehnice în funcție de care se poate face încadrarea pământurilor cu umflări și contracții mari, conform STAS 1913/12-86.

Clasificarea pământurilor cu umflări și contracții mari în funcție de valorile unor caracteristici geotehnice

Tabelul 2.8

Caracteristici geotehnice	Simbol	U.M.	Caracteristica pământurilor (PUCM)		
			Foarte active	Active	Puțin active
Fracțiunea cu dimensiuni < 0,002 mm.	A_2	%	>30	18...35	15...25
Indicele de plasticitate	I_p	%	>35	25...35	20...30
Indicele de activitate	I_A	-	>1,25	1,00...1,25	0,75...1,0
Criteriu de plasticitate	C_p	%	$I_p \geq C_p$	$I_p \geq C_p$	$I_p \geq C_p$
Umflarea liberă	u_L	%	>140	100...140	70...100
Limita de contractie	w_s	%	<10	14...10	16...14
Contractia volumică pe probe tulburate	C_v	%	>100	75...100	35...75
Contractia volumică pe probe netulburate	C_v	%	>35	25...37	12...25
Căldura maximă de umezire	$q_{u \max}$	J/g	>37	25...37	12...25
Capacitatea de reținere a apei la sucțiune de 15 bari	w_{15}	%	>18	13...18	10...13
Presiunea de umflare	p_u	MP _a	0,4	0,1...0,4	0,05...0,1

Conform hărții, cu răspândirea pământurilor active pe teritoriul României, (fig.2.10) dată în NE 0001-96 "Cod de proiectare și execuție pentru construcții fondate pe pământuri cu umflări și contracții mari - PUCM" [136], în zona de câmpie a Banatului potențialul de umflare-contracție a acestor pământuri este considerat ca fiind mediu. Cu toate acestea sunt destule microzone în Câmpia Banatului, unde potențialul de umflare-contracție al pământurilor argiloase active este mare și chiar foarte mare. Acest lucru rezultă și din analiza rezultatelor unor investigații geotehnice efectuate de către Departamentul de Inginerie Geotehnică și Căi de Comunicație Terestre pe traseul viitoarei autostrăzi Nădlac-Arad-Timișoara-Deva și a centurii de ocolire a municipiului Timișoara (tabelul 2.9) [54], [55].

Caracteristici geotehnice ale pământurilor argiloase active din zona apropiată localităților Giarmata și Pischia

Tabelul 2.9

Nr. foraj	Natura pământului	Cota probei [m]	Caracteristici geotehnice					Aprecierea activității pământului
			I_p [%]	w_s [%]	C_v [%]	U_L [%]	C_p [%]	
F ₁	Argilă neagră-cafenie	-2,0	45	10	108	101	26	Activ spre foarte activ
F ₃	Argilă neagră plastic vîrtoasă	-1,0	47	9	109	105	32	Activ spre foarte activ
F ₁	Argilă neagră cafen. plastic vîrtoasă	-1,8	43	8	104	108	28	Foarte activ
		-1,8	44	10	99	100	27	Activ spre foarte activ
		-2,30	45	9	102	103	31	Activ spre foarte activ

Activitatea relativ ridicată a pământurilor argiloase din apropierea localităților Giarmata și Pischia, confirmată de valorile caracteristicilor geotehnice prezentate în tabelul 2.9, este în deplină concordanță și cu compoziția chimico-mineralogică a acestora. Astfel, analizele chimico-mineralogice efectuate pe probele de argilă, prelevate din forajele menționate în tabelul 2.9, au indicat un conținut procentual de smectit (varietate de montmorilonit) cuprins între 64 și 68 %.

Caracteristici geotehnice ale pământurilor argiloase active din localitatea Sacoșu Turcesc (Buziaș)

Tabelul 2.10

Nr. sondaj (foraj)	Natura pământului	Cota probei [m]	Caracteristici geotehnice				Aprecierea activității pământului
			I_p [%]	C_v [%]	U_L [%]	C_p [%]	
S ₁	Argilă prăfoasă	-1,0	44	94,9	110,0	33	Activ
F ₁	Argilă prăfoasă	-1,5	51,5	78,8	115,0	31,8	Activ
		-2,0	35,7	73,2	105,1	26,1	Activ

Potențial ridicat și foarte ridicat de umflare-contrație a pământurilor argiloase a fost depistat și în alte locuri ale zonei de câmpie a Banatului, așa după cum rezultă din datele prezentate în tabelul 2.10, unde este dată încadrarea activității pământurilor argiloase prezente în stratificația terenului de pe raza localității Sacoșul Turcesc, localitate situată în apropierea orașului Buziaș.

2.4.4.2. Pământuri sensibile la îngheț

Prin înghețare apa își mărește volumul, astfel că în masa pământului apar presiuni de umflare, cauzate de înghețarea apei din pori. Starea de tensiune și deformație, generată de aceste presiuni de umflare, este destul de pronunțată și are caracter repetativ, astfel că produce în timp deteriorarea structurii pământului și reducerea caracteristicilor sale de rezistență.

Deteriorarea structurii și umflarea pământurilor datorită înghețului se produce prin așa numitul fenomen de segregare macroscopică. Prin acest fenomen, în condițiile existenței a două zone ale unui mediu poros, dintre care una conține gheață iar cealaltă apă, datorită structurii și permeabilității mediului apa migrează spre zona cu gheață, care prezintă sucțiune mai mare, unde apoi îngheață. [3], [47], [100].

Prin mecanismul segregării macroscopice prezentat în fig.2.12, se formează lentilele de gheață, ale căror dimensiuni sporesc pe măsură ce procesul de migrare a apei și apoi de înghețare continuă. Creșterea de volum a lentilelor de gheață generează presiunile de umflare a pământului, respectiv starea de tensiune și deformație care deteriorează structura acestuia și îi reduce proprietățile de rezistență.

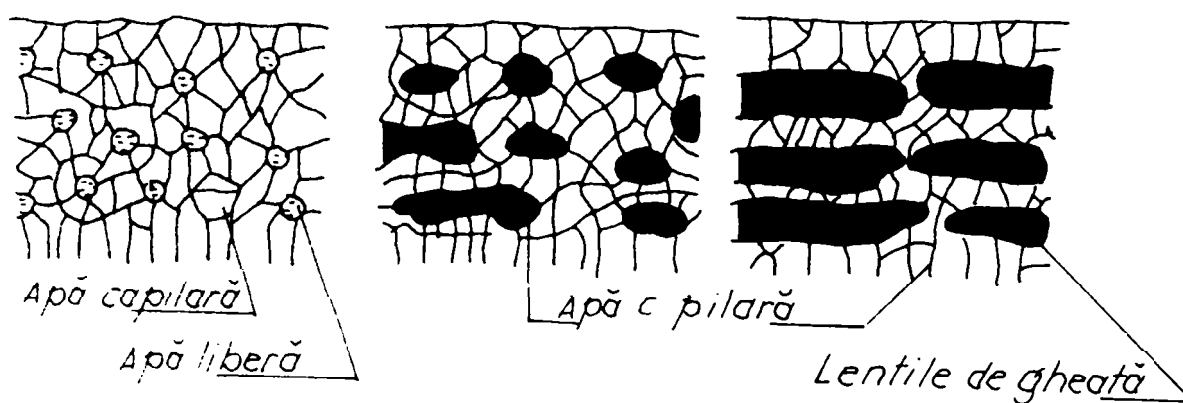


Fig.2.12. Mecanismul formării lentilelor de gheață în pământ.

Intensitatea procesului de umflare este influențată de cantitatea de apă care migrează și îngheață. Prin urmare, cu cât gradul de umiditate al pământului este mai mare, cu atât tendința de umflare datorită înghețului și starea de tensiune generată sunt mai pronunțate. În general, până la

valori ale gradului de umiditate inferioare limitei superioare a domeniului umed ($S_r = 0,8$), deteriorările care se produc în structura pământului prin înghețare sunt mai puțin semnificative.

Un alt parametru care condiționează mult comportarea la îngheț a pământurilor este granulozitatea, corelată evident cu dimensiunile și structura porilor.

Diferențierea și clasificarea pământurilor după sensibilitatea la îngheț, adică susceptibilitatea de umflare, în raport cu granulozitatea, capilaritatea și permeabilitatea sunt arătate în fig.2.13.

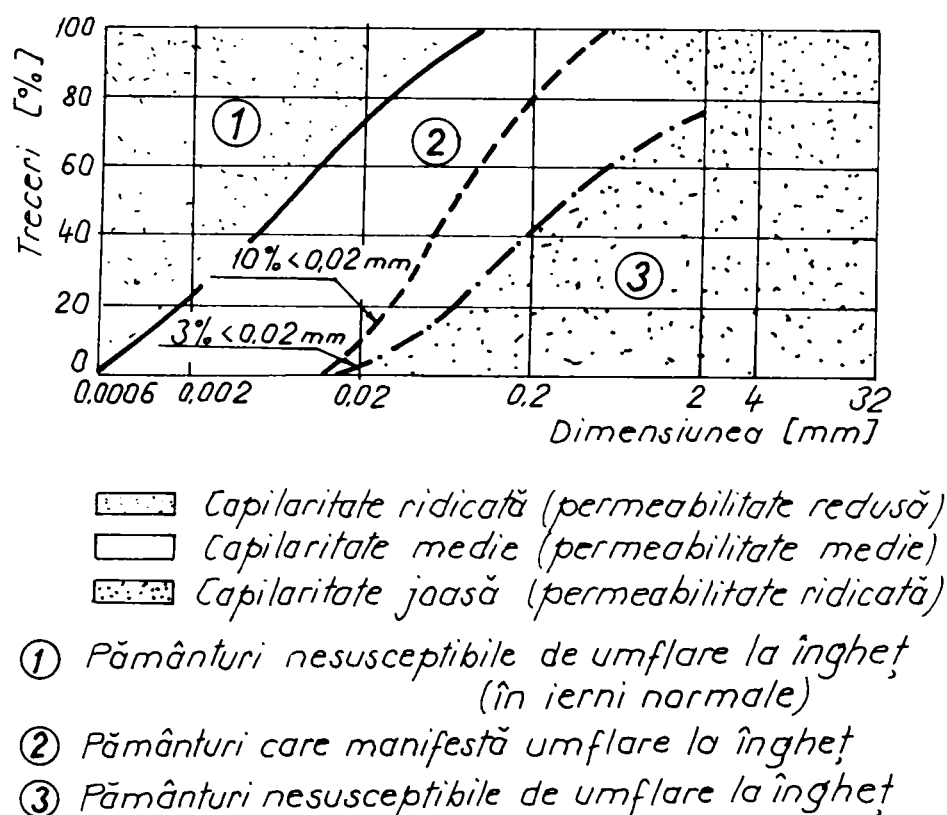


Fig.2.13. Influența granulozității asupra sensibilității la îngheț a pământurilor

Analizând zonificarea din fig.2.13, rezultă că pământurile încadrate din punct de vedere a granulozității în zona centrală, notată cu 2, care datorită porilor capilari manifestă sucțiune pronunțată și permeabilitate mai ridicată, sunt cele mai susceptibile de umflare, respectiv manifestă cea mai mare sensibilitate la îngheț. Sub aspectul granulozității în această zonă se încadrează pământurile prăfoase și nisipos-prăfoase.

La pământurile care din punct de vedere al granulozității se situează în zonele marginale, notate cu 1 și 3 în fig.2.13, sensibilitatea la îngheț este nesemnificativă. Pământurile cu granulație fină și foarte fină, corespunzătoare zonei 1, deși dezvoltă sucțiuni însemnate, permeabilitatea și capilaritatea lor sunt reduse datorită porilor subcapilari și a apei legate fizic, ceea ce face ca procesul de umflare la îngheț să fie mult estompat. Pământurile cu granulație grosieră, cum sunt pietrișurile și nisipurile mari și mijlocii, au permeabilitate ridicată, dar le

lipsește aproape în totalitate capilaritatea, având pori supracapilari și nemanifestând sensibilitate la îngheț..

Din stratificațiile caracteristice anumitor localități din zona de câmpie a Banatului, prezentate în cadrul acestui capitol, rezultă că pământurile prăfoase (prafuri, prafuri nisipoase, prafuri argiloase) sunt prezente destul de frecvent în aceste stratificații, mai ales în crusta superficială, deci tocmai pe adâncimea terenului expusă înghețului. De asemenea, în general, în pământurile argiloase prezente în stratificațiile caracteristice zonei de câmpie a Banatului, fracțiunea de praf deține o pondere procentuală relativ ridicată. Dacă se are în vedere și faptul că în multe locuri, mai ales în luncile unor râuri active sau colmatate, în crusta superficială a terenului sunt prezente și unele strate de nisipuri prăfoase, se poate aprecia că, în general pământurile din crusta superficială a stratificațiilor terenului specifice zonei de câmpie a Banatului prezintă sensibilitate la îngheț relativ ridicată.

2.5. Concluzii

Din analiza aspectelor și a exemplificărilor concrete referitoare la condițiile tehnico-geologice și geotehnice, specifice zonei de câmpie a Banatului, se pot sintetiza următoarele concluzii generale:

- caracterul relativ neuniform și uneori încrucișat al stratificației terenului, în unele locuri, respectiv prezența și a unor strate cu slabe proprietăți de rezistență și deformabilitate, cu preponderență în luncile râurilor, impun efectuarea în mod obligatoriu a unor investigații geotehnice de detaliu pentru toate tipurile de construcții;
- condițiile seismo-tectonice caracteristice Banatului, corelate cu natura pământurilor din care este alcătuit, în general, terenul de fundare, impun alegerea unor structuri și soluții constructive rezistente la acțiuni seismice, inclusiv pentru construcțiile ușoare din mediul rural;
- unele strate de nisipuri fine, prezente pe alocuri în stratificația terenului, au o stare de indesare relativ redusă, mai ales în zona de variație a nivelului apei subterane, ceea ce le face susceptibile la lichefiere sub acțiunea solicitărilor seismice;
- nivelul relativ ridicat al pânzei freatice, alături de condițiile slabe de drenare gravitațională a apei, impun acordarea unei atenții sporite atât lucrărilor de hidroizolații la construcții, cât mai ales sistemelor de colectare și evacuare a apei la căile de comunicație terestre;
- în locurile de intersecție a traseelor căilor de comunicație terestre cu brațe moarte ale unor râuri sau bălți colmatate, se găsesc și pământuri cu capacitate portantă foarte redusă (prafuri măloase, mături), care necesită lucrări prealabile de îmbunătățire, pentru a se putea funda direct pe ele sau impun soluții de fundare indirectă;

- prezența pe o zonă destul de extinsă a Câmpiei Banatului a pământurilor argiloase active, impune acordarea unei atenții sporite fundării construcțiilor pe astfel de pământuri, inclusiv a structurilor rutiere, în sensul prevederii de măsuri adecvate pentru diminuarea influenței defavorabile a fenomenelor de umflare - contracție asupra rezistenței și stabilității acestor construcții;

- sensibilitatea la îngheț relativ ridicată a pământurilor din crusta superficială a zonei de câmpie a Banatului, asociată unor condiții hidrologice în mare parte defavorabile, constituie un alt element de care trebuie să se țină seama la proiectarea, execuția și întreținerea construcțiilor din zona de câmpie a Banatului, inclusiv a drumurilor.

Cap. III. CERCETĂRI ASUPRA TERENULUI DE FUNDARE LA UNELE DRUMURI ÎN VEDEREA CORELĂRII CARACTERISTICILOR GEOTEHNICE CU VALORILE INDICELUI CBR

Problematika de cercetare abordată și prezentată în acest capitol se încadrează într-o tematică de cercetare mai complexă, inițiată de către Centrul de Studii Tehnice Rutiere și Informatică – CESTRIN București, referitoare la influența terenului de fundare asupra viabilității drumurilor, respectiv a folosirii corecte în proiectare a caracteristicilor geotehnice ale acestuia și a creerii unei bănci de date utilă în proiectarea, construcția și întreținerea drumurilor.

În acest sens, în cadrul Departamentului de Inginerie Geotehnică și Căi de Comunicație Terestre de la Facultatea de Construcții și Arhitectură din Timișoara au fost rezolvate mai multe contracte de cercetare din domeniul geotehnicii rutiere, referitoare la determinarea, prelucrarea și corelarea unor date geotehnice cu alte elemente folosite la proiectarea și execuția lucrărilor de construcție, întreținere și reabilitare a drumurilor [142], [143].

De asemenea, în cadrul unor contracte au fost efectuate și cercetări privind perfecționarea aparaturii și metodologiilor de determinare în condiții de laborator și de teren a unor caracteristici ale terenului de fundare, necesare proiectării structurilor rutiere [18], [23].

Din rândul contractelor destinate problematicei enunțate mai sus, se menționează contractul nr.631/2001, încheiat cu CESTRIN București, având ca obiect “Sistematizarea și prelucrarea datelor geotehnice existente sau obținute prin investigații de laborator sau de teren și convertirea lor în valori CBR, pentru completarea bazei de date PMS (Pavement Management Services)”, care se referă la terenuri de fundare aferente unor drumuri naționale din zona de câmpie a Banatului și la rezolvarea căruia a participat și autorul prezentei lucrări [143].

3.1. Scopul și particularitățile metodei CBR

Metoda de determinare a indicelui californian de capacitate portantă CBR (California Bearing Ratio) a fost concepută și dezvoltată în SUA, fiind în momentul de față aplicată pe scară largă pe plan mondial (SUA, Franța, Germania etc). În țara noastră, metoda CBR are încă caracter opțional, existând unele preocupări de cercetare, atât privind aparatura și metodologia de lucru, cât și modul de prelucrare, interpretare și de corelare a rezultatelor. În acest sens se menționează

cercetările efectuate de către INCERC București [114], care a conceput, realizat și experimentat în fază de prototip aparatura de teren și laborator destinată determinării indicelui californian de capacitate portantă și a elaborat instrucțiunile referitoare la “Metodologia pentru determinarea indicelui californian de capacitate portantă” – indicativ IM 003-96 [132].

Valorile indicelui californian de capacitate portantă sunt folosite în principal pentru aprecierea stării de compactare a terenului de fundare a stratului de formă și a unor straturi rutiere realizate din materiale granulare (nisip, balast, piatră spartă etc).

Indicele californian de capacitate portantă se folosește și la identificarea tipurilor de pământuri, în scopul clasificării și utilizării lor pentru lucrări de terasamente, inclusiv pentru stratul de formă sau patul drumului. Astfel, normele franceze pentru construcția terasamentelor iau în considerare la clasificarea pământurilor valoarea instantanee de capacitate portantă, adică valoarea CBR pentru pământul aflat în starea de umiditate aferentă momentului extragerii din depozit, sau a momentului punerii lui în operă [32].

De asemenea, pe baza indicelui californian de capacitate portantă (CBR) s-a conturat și o metodă empirică de dimensionare a structurilor rutiere nerigide [121].

În ultima perioadă tot mai multe firme românești colaborează cu firme din străinătate la proiectarea și execuția unor lucrări de reabilitare a drumurilor naționale, de construcție a unor autostrăzi sau piste pentru aeroporturi din țara noastră. De asemenea, la multe obiective industriale sau comerciale există platforme circulabile supuse la trafic greu, pentru care se cer condiții tehnice de calitate ridicată, atât pentru îmbrăcăminte, cât și pentru suportul acesteia. Această stare de lucruri impune folosirea și în țara noastră a metodei CBR, în practica de proiectare și execuție a lucrărilor de terasamente pentru căi de comunicație, sau alte destinații, alături de alte metode utilizate pentru verificarea calității acestora (încercări cu placa, penetrări statice și dinamice etc).

După cum se poate vedea și în fig.3.1, aparatul de laborator folosit la determinarea indicelui CBR este alcătuit dintr-o presă cu șurub care deplasează platanul cu proba de încercat, dispozitiv de penetrare, set de dinamometre, cadru de susținere și o traversă pentru preluarea reacțiunii forței de penetrare (de pătrundere). Dispozitivul de penetrare constă dintr-un piston circular (poanson) cu aria de 1935 mm², a cărui viteză de penetrare se menține constantă la valoarea de 1,3 mm/minut.

Indicele californian de capacitate portantă CBR este dat de raportul procentual între forța F , necesară a se exercita asupra dispozitivului de penetare pentru a realiza o anumită pătrundere în proba supusă încercării și forța F_0 , necesară realizării aceleiași pătrunderi într-o probă etalon (piatră spartă):

$$CBR = \frac{F}{F_0} \cdot 100 \quad [\%] \quad (3.1)$$

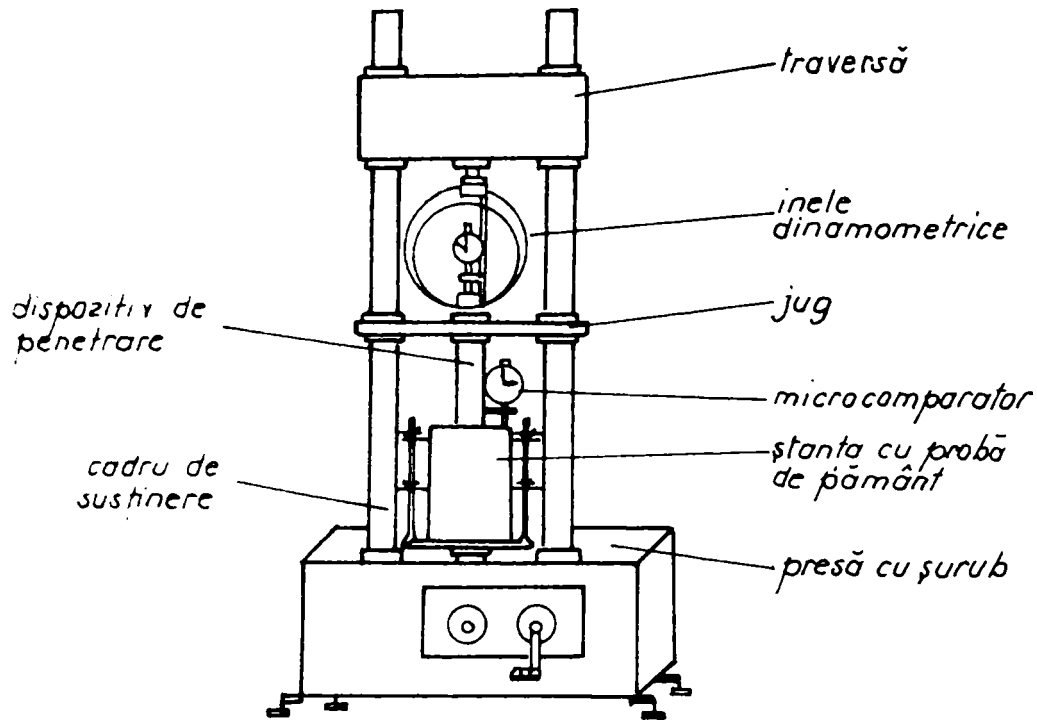


Fig. 3.1. Aparat de laborator pentru determinarea indicelui californian de capacitate portntă (CBR)

Încercarea constă în acționarea asupra dispozitivului de penetrare și înregistrarea deformațiilor inelului dinamometric corespunzătoare unor mărimi fixate în prealabil pentru adâncimile de penetrare Δh_i . Cunoscând diagrama de trasare a inelului dinamometric, se determină valorile F_i a forțelor de penetrare corespunzătoare adâncimilor Δh_i , iar pe baza lor se construiește diagrama de variație $F_i - \Delta h_i$, pentru proba încercată, după modelul exemplificat în fig.3.2.

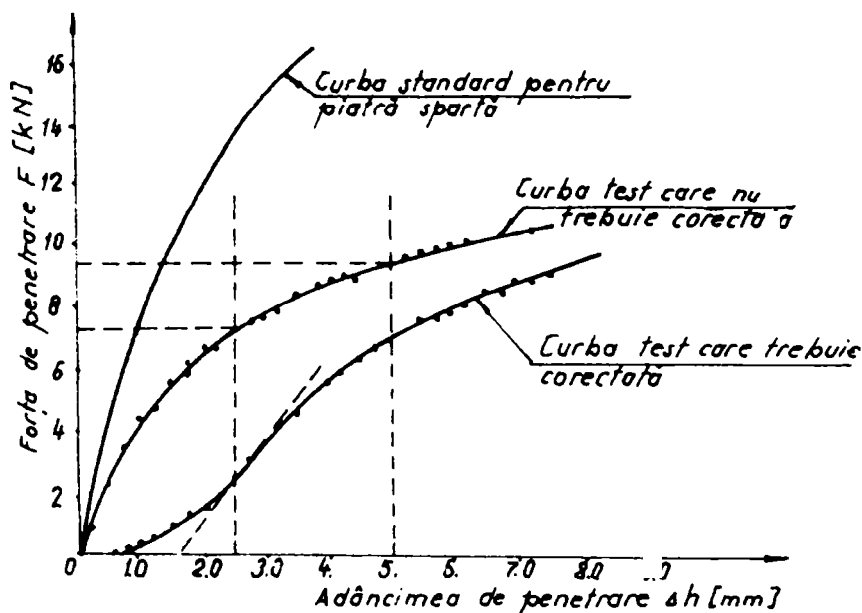


Fig.3.2. Reprezentarea grafică a dependenței $F_i - \Delta h_i$

În unele cazuri, penetrarea inițială are loc fără o creștere a forței de penetrare, diagrama având pe prima porțiune concavitatea orientată în sus. În astfel de situații se procedează la corectarea curbei respective, ducând tangenta la curbă în punctul de pantă maximă și prelungind-o apoi până la intersecție cu axa absciselor. Detalierea modului de corectură este dată în "Metodologie pentru determinarea indicelui californian de capacitate portantă – CBR" – indicativ IM 003-96 [132].

Din curba construită sau din cea corectată, dacă acest lucru s-a impus, se determină valorile forței corespunzătoare adâncimilor de penetrare de 2,54 mm și 5,08 mm. Prin raportarea acestor valori la valorile etalon ale forței F_0 , respectiv de 13,24 kN pentru adâncimea de penetrare $\Delta h = 2.54$ mm și de 19,96 kN, pentru adâncimea de penetrare $\Delta h = 5,08$, se obțin valorile indicelui CBR, care pentru exprimare procentuală se înmulțesc cu 100.

În mod obișnuit se ia în considerare valoarea indicelui CBR pentru adâncimea de penetrare de 2,54 mm. Dacă valoarea indicelui CBR pentru adâncimea de penetrare de 5,08 mm rezultă mai mare decât cea pentru adâncimea de 2,54 mm, se repetă încercarea. În cazul când și după repetarea încercării valorile se găsesc în același raport, se reține valoarea indicelui CBR corespunzătoare adâncimii de penetrare de 5,08 mm.

Disponându-se de aparatură adecvată, metoda CBR poate fi aplicată atât în condiții de laborator, cât și de teren.

În condiții de laborator determinarea indicelui californian de capacitate portantă CBR, se poate face pe probe de pământ, având următoarele stări de umiditate:

- umiditatea naturală, atunci când se determină capacitatea portantă imediată a pământului analizat;
- umiditatea optimă de compactare, atunci când valoarea indicelui CBR urmează să fie folosită la verificarea în teren a calității comportării unor straturi de pământ, cu aparatură de teren adecvată;
- probe de pământ compactate la umiditatea optimă de compactare și apoi imersate în apă timp de patru zile, caz care ar corespunde celei mai defavorabile situație din timpul exploatării stratului respectiv de pământ compactat.

În condiții de laborator se poate determina și dreapta intrinsecă CBR a unui pământ sau alt material granular (fig.3.3), dreaptă care exprimă legătura dintre valoarea indicelui CBR și densitatea materialului în stare uscată.

Pentru trasarea dreptei intrinseci, valorile indicelui CBR se determină pe minim trei probe de pământ, prelevate de regulă din patul drumului și compactate apoi la umiditatea optimă stabilită în prealabil, și cu trei energii de compactare diferite (de exemplu 15, 26 și 55 lovituri pe strat ale maiului de compactare).

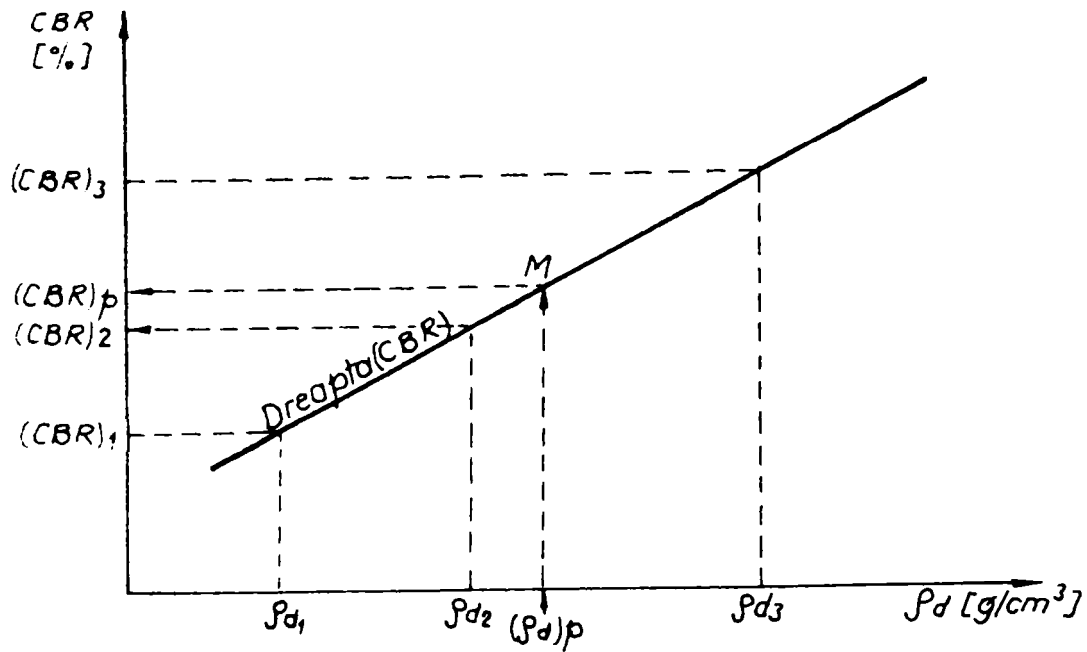


Fig.3.3. Dreapta intrinsecă CBR a unui pământ sau alt material granular

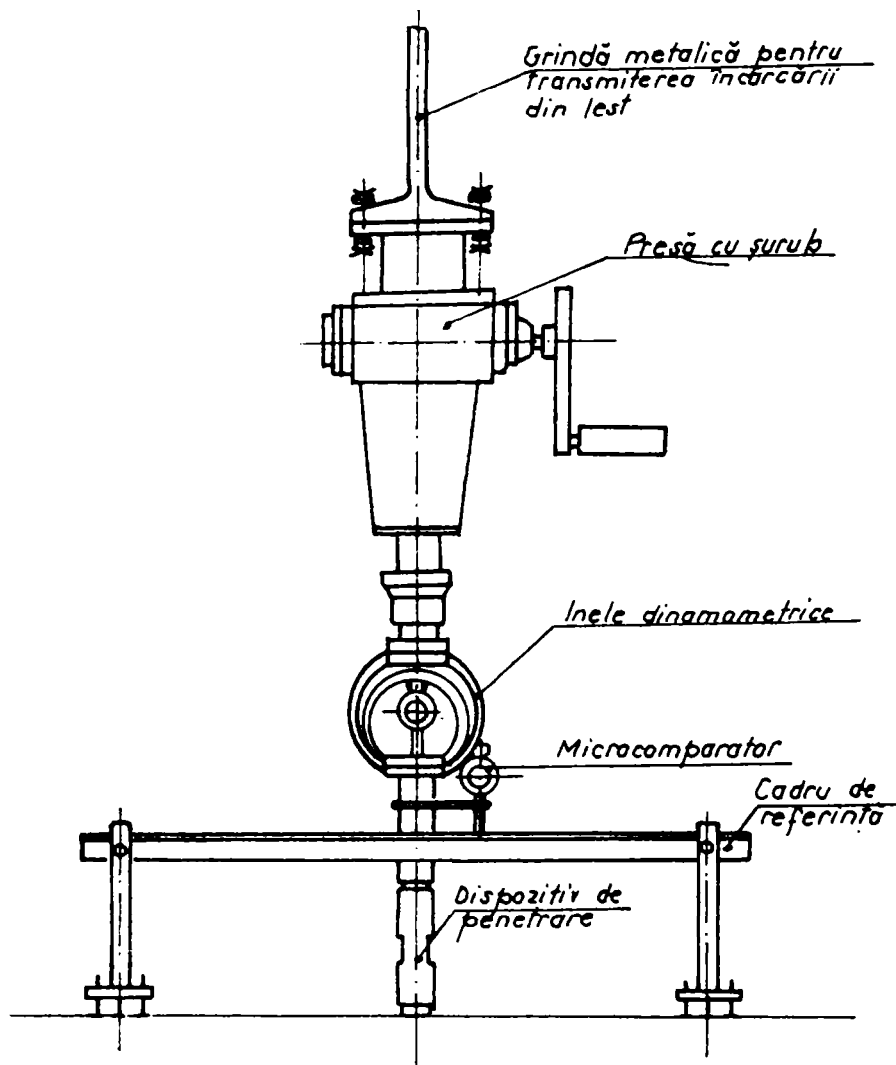


Fig.3.4. Aparat pentru determinarea in situ a indicelui CBR

Dreapta intrinsecă CBR permite determinarea indicelui californian de capacitate portantă proiectat ($CBR)_p$, la procentul dorit din densitatea în stare uscată ($\rho_a)_p$, corespunzătoare gradului de compactare necesar a fi realizat.

De asemenea, cu aceeași dreaptă se poate determina grafic indicele californian de capacitate portantă a patului drumului în timpul exploatării, pornind de la valoarea densității în stare uscată a pământului, determinată în teren.

Metodologia de determinare a indicelui californian de capacitate portantă în condiții de teren este relativ analogă cu cea aplicată în condiții de laborator, diferind totuși alcătuirea constructivă a aparatului folosit (fig.3.4), iar pentru efectuarea încercării trebuie să existe un sistem de preluare a reacțiunii forței de apăsare asupra dispozitivului de penetrare în stratul de pământ sau în alt material granular.

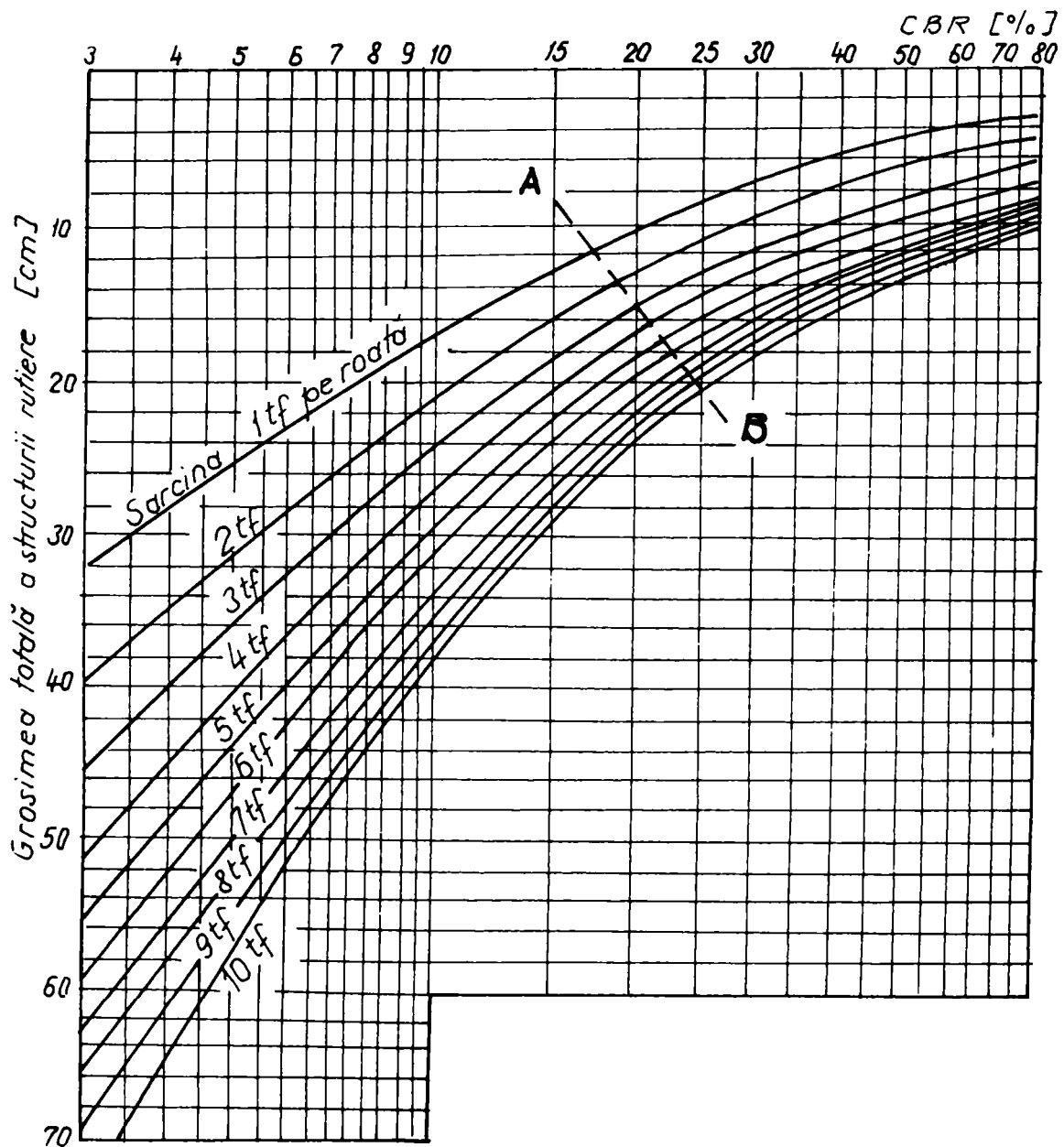


Fig.3.5. Abace CBR (corpul inginerilor americani)

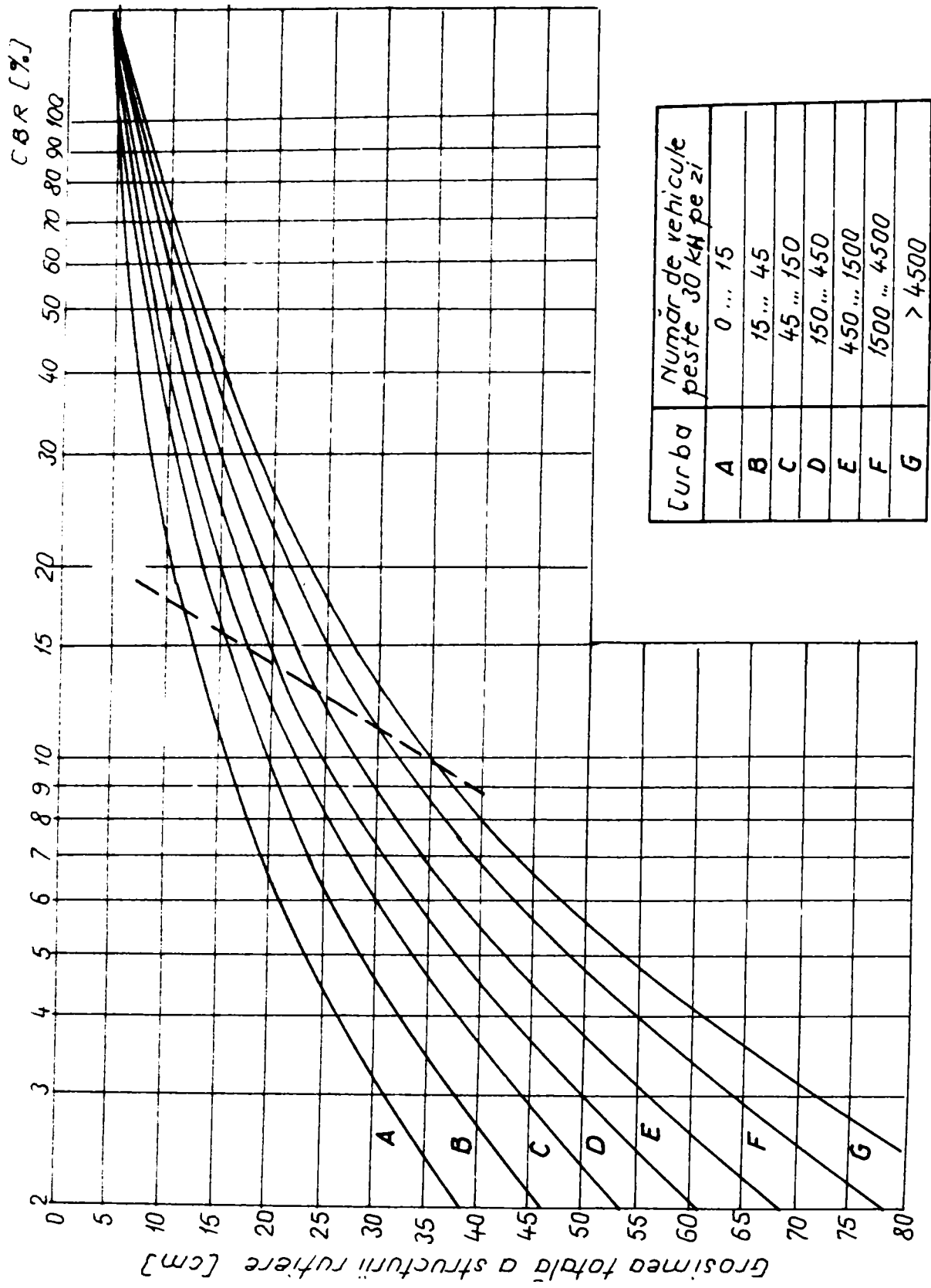


Fig. 3.6. Abace CBR (Laboratorul de Cercetări Rutiere)

În scopul folosirii indicelui CBR pentru dimensionarea structurilor rutiere nerigide, prin prelucrarea unui mare volum de date experimentale au fost întocmite unele abace care permit determinarea grosimii straturilor structurii rutiere în funcție de valoarea indicelui CBR al terenului de fundare și de sarcina maximă pe roată a autovehiculului (fig.3.5) sau de valoarea traficului (fig.3.6).

Abacele dau grosimea totală a structurii rutiere. Luând în considerare valoarea indicelui CBR a terenului de fundare, respectiv a stratului de bază, se poate determina grosimea îmbrăcămintei, plus stratul de bază, respectiv grosimea îmbrăcămintei. Prin intersecția curbei corespunzătoare sarcinii maxime pe roată a autovehiculelor (fig.3.5), respectiv cea a traficului (fig.3.6), cu dreapta AB, se obține grosimea minimă necesară pentru îmbrăcămintea structurii rutiere.

Metoda CBR folosită ca metodă de dimensionare a structurilor rutiere nerigide are așa cum s-a mai spus caracter empiric, prezentând unele inconveniente în aplicare, atât din punct de vedere al metodologiei cât și al ipotezelor și factorilor luați în considerare. Din rândul acestor inconveniente se menționează:

- pe lângă cost relativ ridicat și durată mare de execuție a încercărilor, rezultatele acestora de regulă au împăștiere mare;
- formulele și abacele dau grosimea totală a structurii rutiere și nu țin seama de contribuția fiecărui strat în parte la preluarea încărcărilor din trafic;
- nu ține seama de deformațiile terenului și ale straturilor rutiere;
- nu ține seama de fenomenul repetării sarcinilor ș.a.

Având în vedere inconveniente pe care le are această metodă empirică de dimensionare a structurilor rutiere, ca și progresele și perfecționările aduse în ultimul timp metodelor de dimensionare, se apreciază că metoda CBR rămâne în primul rând o metodă expeditivă de apreciere a stării de compactare, respectiv a capacității portante a pământului folosit ca teren de fundare, a stratului de formă sau a unor straturi rutiere din materiale granulare.

3.2. Considerații asupra unor cercetări destinate perfecționării aparatului folosite la încercările CBR

Atât la încercările efectuate în condiții de laborator cât și la cele executate in situ, în conformitate cu “Metodologia pentru determinarea indicelui californian de capacitate portantă (CBR)”, indicativ IM 003-96, aparatul folosit la încercări este acționat manual, iar citirea datelor se face vizual prin intermediul unor microcomparatoare.

Având în vedere acest lucru, în scopul perfecționării și modernizării aparaturii și implicit a metodologiei de lucru, în cadrul Departamentului de Inginerie Geotehnică și Căi de Comunicație Terestre de la Facultatea de Construcții din Timișoara, au fost inițiate și efectuate unele cercetări în acest sens [18], [23]. În principal prin aceste cercetări s-a urmărit realizarea următoarelor elemente:

- acționarea mecanică asupra dispozitivului de penetrare;
- reglarea și menținerea constantă a vitezei de penetrare a probei din materialul analizat;
- citirea și înregistrarea automată a datelor.

Modernizările și perfecționările preconizate a se realiza au vizat încercările de determinare a indicelui CBR în condiții de laborator, dar cu unele modificări minime, ele corespund și efectuării acestor încercări în condiții de teren.

Pentru acționarea mecanică a dispozitivului de penetrare și reglarea, respectiv menținerea vitezei sale de pătrundere (penetrare) la 1,3 mm/minut, a fost conceput și realizat un dispozitiv mecanic, acționat electronic prin intermediul unui calculator. Calculatorul, prin intermediul unui program de calcul, comandă și controlează în permanență viteza de pătrundere a dispozitivului de penetrare în proba supusă încercării, reglând-o la valoarea impusă de condițiile de încercare.

Dispozitivul constă dintr-un motor electric acționat cu curent continuu la o tensiune de 24 V, echipat cu un reductor cu roți dințate pentru a acționa presa cu șurub a aparatului CBR. Reductorul este compus dintr-o roată dințată cu 13 dinți, fixată pe axul motorului, și dintr-o roată dințată cu diametrul de 25 cm având 116 dinți, care acționează dispozitivul de penetrare a probei de pământ (fig.3.7).

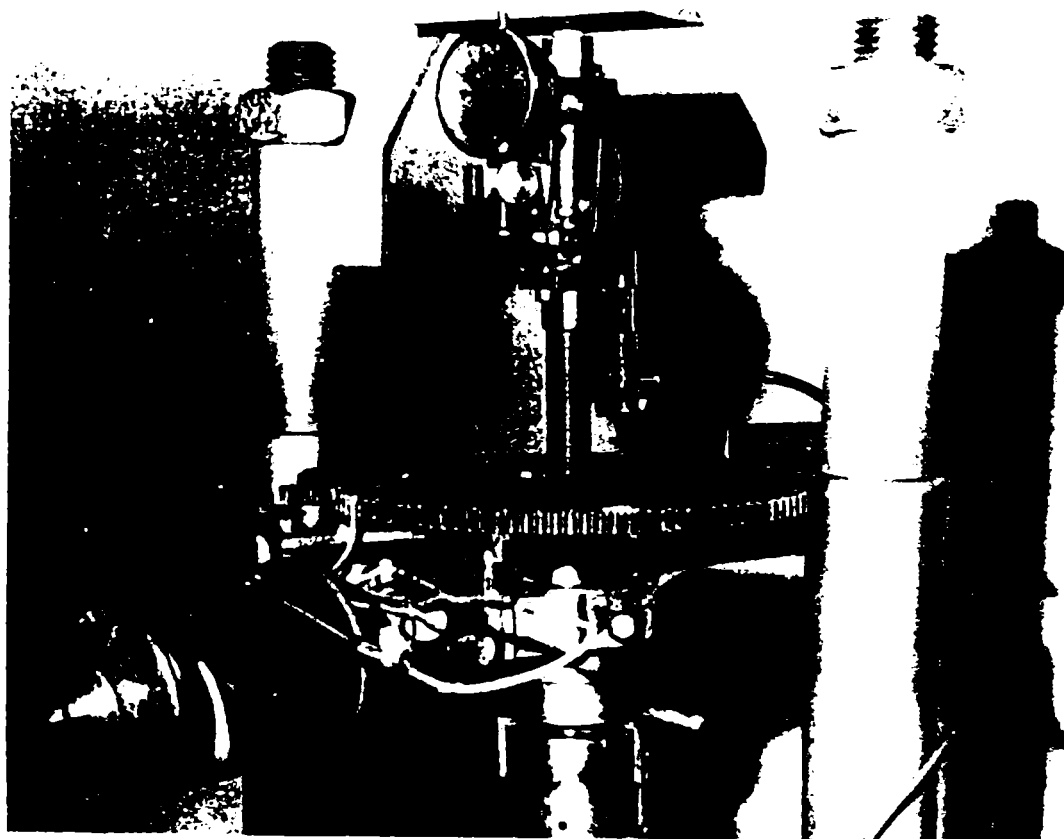


Fig.3.7. Vedere generală a dispozitivului de acționare mecanică

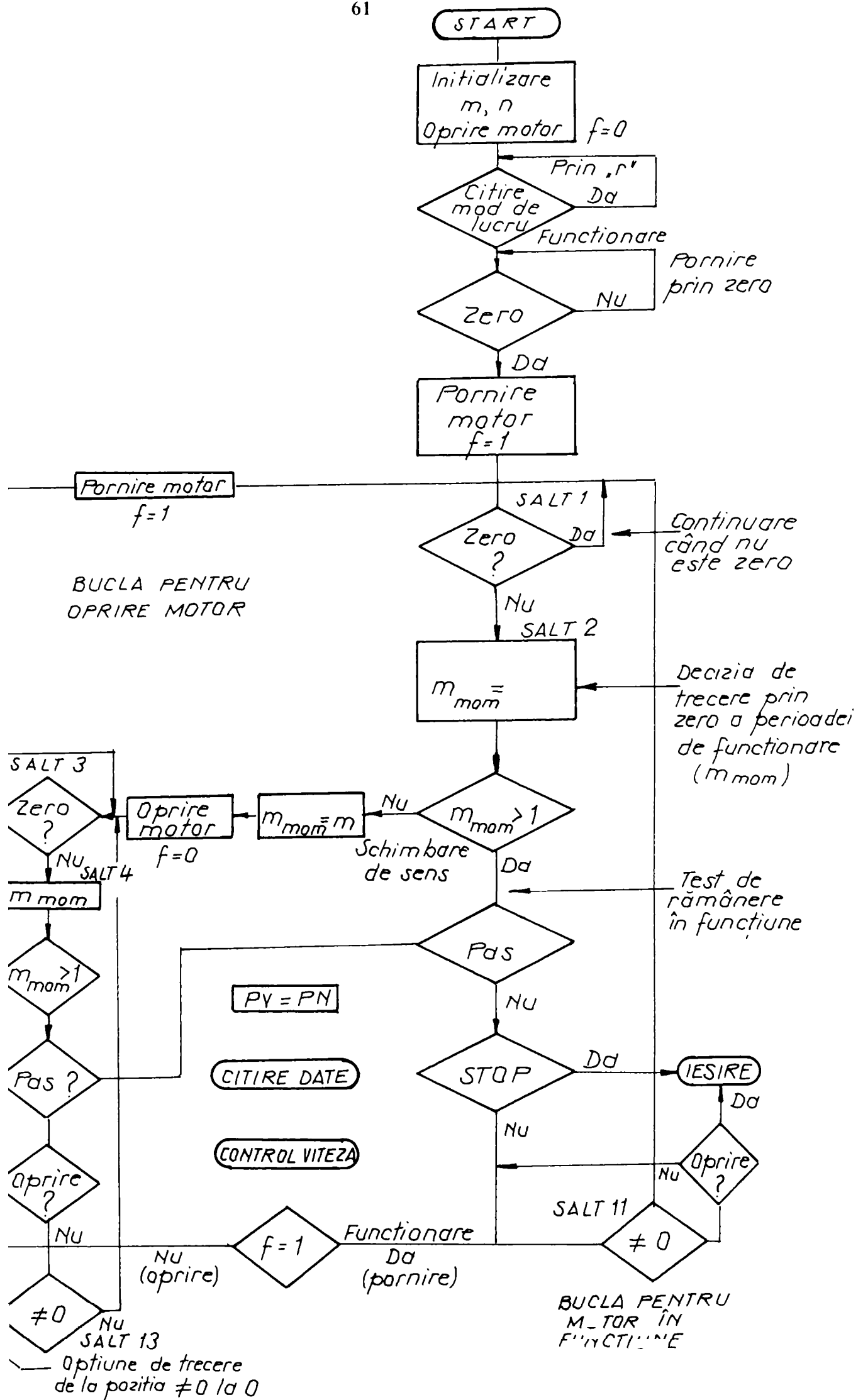


Fig. 3.8 Schema logică a programului de calcul

Cele două roți dințate permit obținerea unui cuplu motor corespunzător pentru acționarea dispozitivului de penetrare cu viteză constantă.

Încărcarea în regim constant se realizează prin funcționarea intermitentă a motorului electric în regim pornit-oprit (cuplare-decuplare) prin intermediul acționării sale de către calculator, astfel încât viteza de penetrare să fie constantă și egală cu 1,3 mm/minut.

Comanda de acționare a motorului electric se face prin intermediul programului de calcul conceput și a unui dispozitiv electronic cu un sistem optic de cuplare-decuplare. Acest sistem s-a dispus la periferia roții dințate mari, în care au fost practicate pe circumferință 64 găuri, a căror trecere este sesizată de dispozitiv.

Viteza de rotație este reglată să asigure un interval de 1,43619 secunde între trecerea a doi dinți consecutivi prin dreptul reperului. Viteza de rotație, corespunzătoare la 86,2 dinți/minut, asigură avansul constant al dispozitivului de penetrare cu valoarea de 1,3 mm/minut.

Programul de calcul conceput pentru urmărirea și reglarea vitezei de înaintare a dispozitivului de penetrare, precum și pentru stocarea datelor încercării este scris în limbajul C⁺⁺. Schema logică a programului de calcul este redată în fig.3.8.

Citirea și stocarea automată a datelor a fost o altă problemă importantă urmărită în cercetările efectuate pentru modernizarea și perfecționarea aparatului CBR și a metodologiei de lucru cu acesta. Rezolvarea acestei probleme s-a obținut prin montarea unui traductor inductiv care să măsoare automat deformațiileinelului dinamometric cu care este echipat aparatul CBR. Deformațiile citite prin programul de calcul, pe baza etalonăriiinelului dinamometric, sunt transformate automat în valorile forțelor corespunzătoare. Pentru o pătrundere a dispozitivului de penetrare de 10 mm, au fost programate 320 de citiri (47,5 citiri/minut). Pentru fiecare citire a deformațieiinelului dinamometric se înregistrează automat pătrunderea dispozitivului de penetrare în proba de pământ analizată.

Toate datele menționate mai sus se înregistrează pe baza programului de calcul într-un fișier, care permite apoi trasarea diagramei (curbei) de dependență dintre forța de apăsare asupra dispozitivului de penetrare (F) și adâncimea de pătrundere (Δh).

Cercetările experimentale de testare cu aparatul CBR modernizat au demonstrat că acesta este operațional pentru încercările efectuate în condiții de laborator. În fig.3.9 este prezentată vederea de ansamblu a aparatului CBR modernizat.

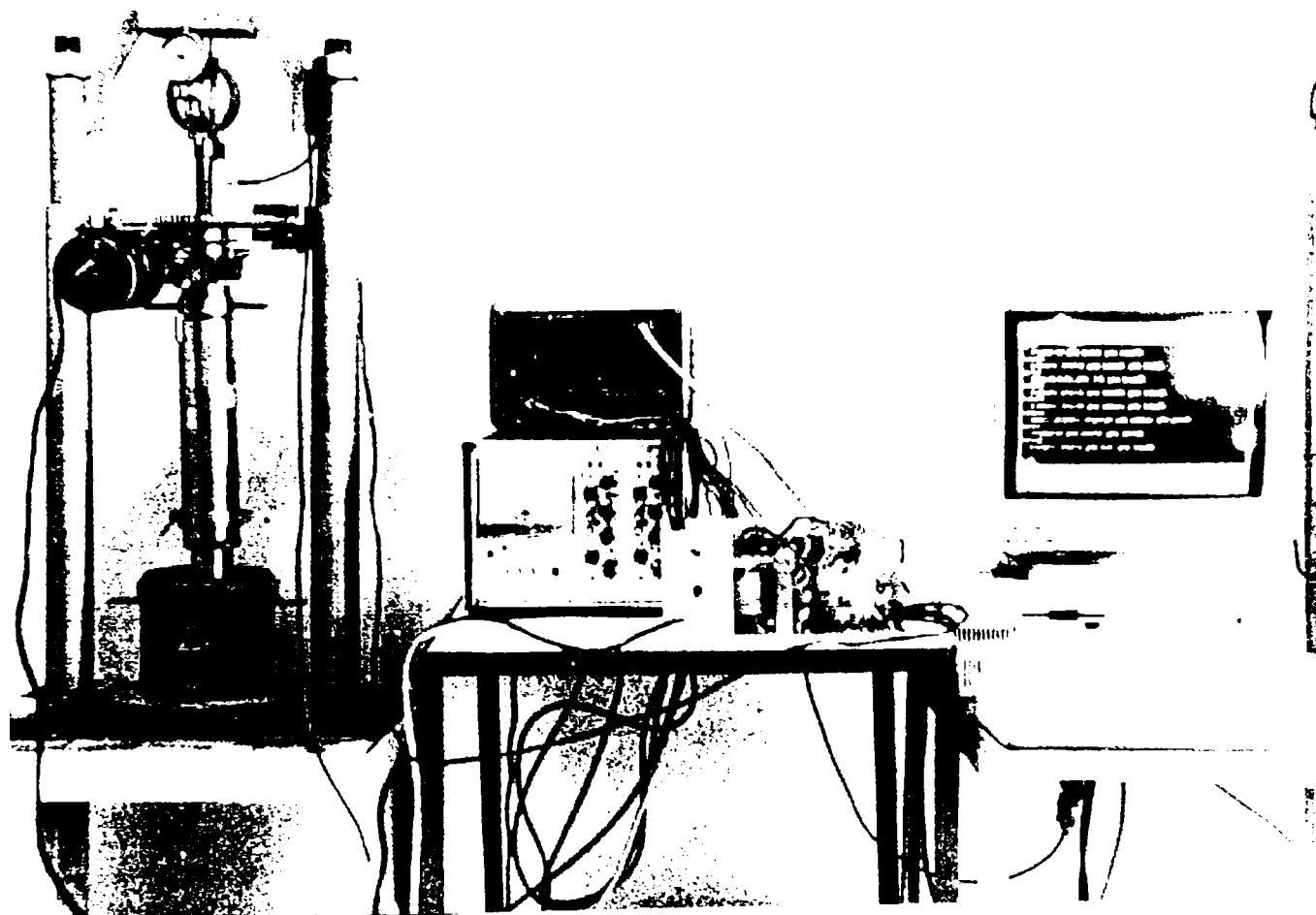


Fig.3.9. Vedere de ansamblu a aparatului CBR modernizat

3.3. Investigații geotehnice asupra terenului de fundare la drumurile luate în studiu

3.3.1. Inventarierea și analiza unor date geotehnice existente în arhiva Direcției Regionale de Drumuri și Poduri Timișoara

În prima fază a cercetărilor întreprinse, s-a procedat la inventarierea și analiza datelor geotehnice existente în luna mai 2001 în arhiva DRDP Timișoara. Aceste date corespund unor puncte situate pe unele trasee ale drumurilor naționale administrate de către DRDP Timișoara, a cărei rază de activitate se extinde pe teritoriul a patru județe, și anume: Timiș, Arad, Hunedoara și Caraș-Severin (fig.3.10).

În urma inventarierii făcute în luna mai 2001, au fost identificate 301 puncte pentru care există unele date geotehnice și care sunt distribuite în rețeaua de drumuri naționale administrate de DRDP Timișoara conform celor prezentate în tabelul 3.1.

Din analiza situației evidențiate de această inventariere rezultă că datele geotehnice existente în arhivă sunt relativ sumare și nu acoperă în mod uniform rețeaua de drumuri naționale, aferentă DRDP Timișoara. Astfel, traseele unor drumuri naționale ca DN 6, pe sectoarele Caransebeș-

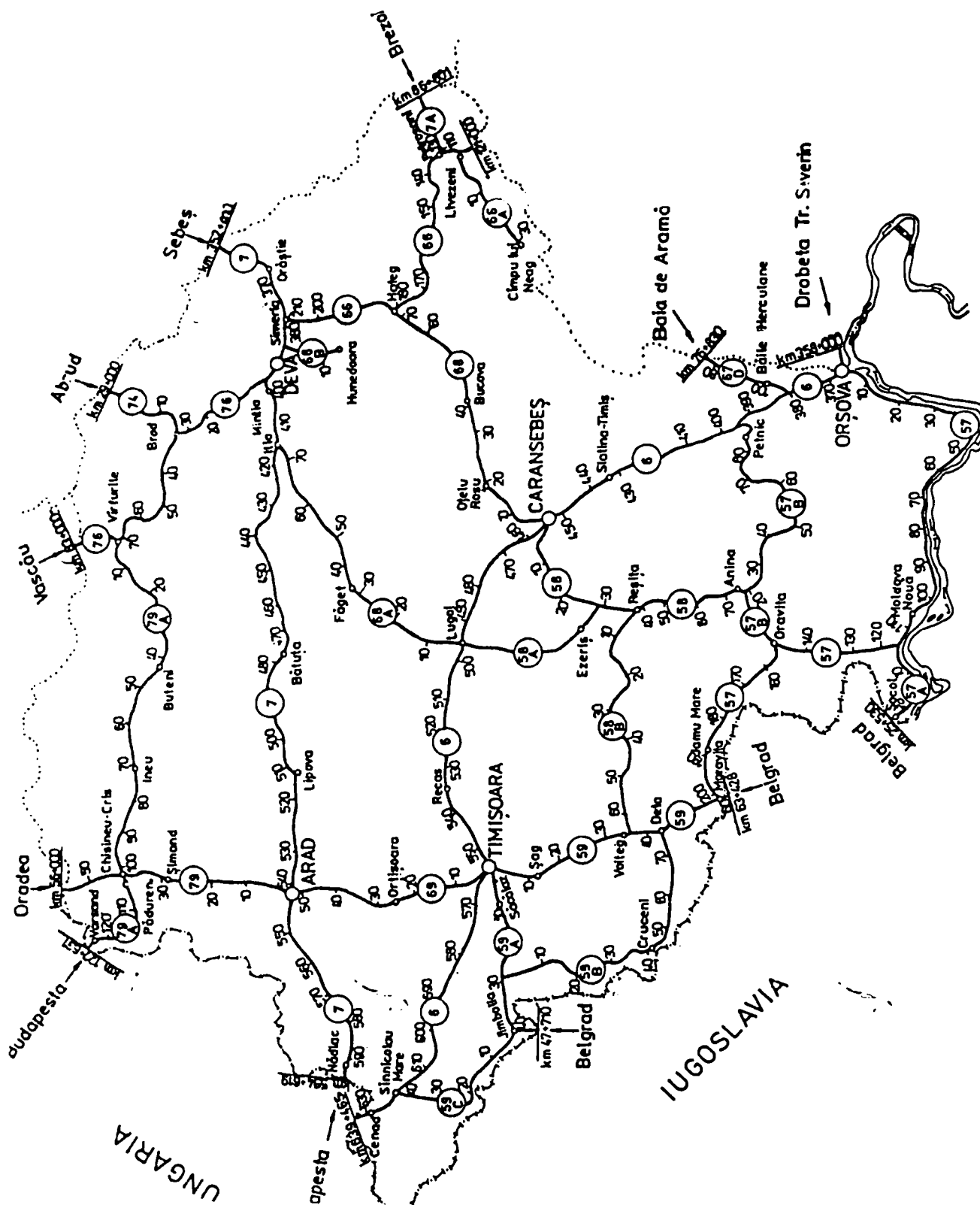


Fig. 3.10. Rețeaua de drumuri naționale administrate de DRDP Timișoara

Timișoara și Timișoara-Cenad sau DN 59 Timișoara-Moravița sunt relativ mai bogate în date geotehnice, în comparație cu alte trasee mult mai puțin investigate sub aspect geotehnic. Din rândul acestora din urmă se pot menționa: DN 76 Deva-Brad, DN 58 Caransebeș-Reșița, DN 57 Oravița-Moravița ș.a.

Distribuția punctelor (amplasamentelor) pentru care există date geotehnice în arhiva DRDP Timișoara (mai 2001)

Tabelul 3.1.

Nr. crt.	Codul drumului	Sectorul	Număr de puncte
1	DN69	Timișoara-Arad	14
2	DN79 A	Chișineu Criș-Vârșand	13
3	DN 79 A	Vârfurile- Chișineu Criș	3
4	DN 7	Arad-Nădlac	12
5	DN 7	Deva-Arad	31
6	DN 7	Orăștie-Deva	5
7	DN 6	Orșova-Caransebeș	14
8	DN 6	Caransebeș-Timișoara	55
9	DN 6	Timișoara-Cenad	32
10	DN 76	Deva-Brad	4
11	DN 68 B	Sântuhalm-Hunedoara	10
12	DN 66	Petroșani-Simeria	6
13	DN 66 A	Iscroni-Uricani	10
14	DN 68	Caransebeș-Hațeg	23
15	DN 58	Caransebeș-Reșița	6
16	DN 58 A	Lugoj-Soceni	7
17	DN 58 B	Reșița-Bocșa-Voiteg	7
18	DN 59	Timișoara-Moravița	21
19	DN 59 A	Timișoara-Jimbolia	5
20	DN 59 B	Cărpiniș-Foieni	2
21	DN 57	Orșova-Oravița	11
22	DN 57	Oravița-Moravița	5
23	DN 68 A	Lugoj-Ilia	5
TOTAL PUNCTE			301

Tabel centralizator privind natura pământurilor din terenul de fundare în punctele pentru care există date geotehnice în arhiva DRDP Timișoara

Tabelul 3.2.

Nr. crt.	Codul drumului	Sectorul	Teren de fundare alcătuit din:		
			Pământuri nisipoase	Pământuri prăfoase	Pământuri argiloase
0	1	2	3	4	5
1	DN69	Timișoara-Arad	3	2	9
2	DN79 A	Chișineu Criș-Vârșand	7	3	3
3	DN 79 A	Vârfurile- Chișineu Criș		3	
4	DN 7	Arad-Nădlac	4	2	6
5	DN 7	Deva-Arad	20	9	2
6	DN 7	Orăștie-Deva	4		1

0	1	2	3	4	5
7	DN 6	Orșova-Caransebeș	11	1	2
8	DN 6	Caransebeș-Timișoara	26	9	20
9	DN 6	Timișoara-Cenad	13	4	15
10	DN 76	Deva-Brad	2	1	1
11	DN 68 B	Sântuhalm-Hunedoara	5	1	4
12	DN 66	Petroșani-Simeria	6		
13	DN 66 A	Iscroni-Uricani	8		2
14	DN 68	Caransebeș-Hațeg	13	2	8
15	DN 58	Caransebeș-Reșița	3	1	2
16	DN 58 A	Lugoj-Soceni	2		5
17	DN 58 B	Reșița-Bocșa-Voiteg	4	3	
18	DN 59	Timișoara-Moravița	7	2	12
19	DN 59 A	Timișoara-Jimbolia	3	2	
20	DN 59 B	Cărpiniș-Foieni			2
21	DN 57	Orșova-Oravița	3	3	5
22	DN 57	Oravița-Moravița	1	1	3
23	DN 68 A	Lugoj-Ilia	3		2
Repartiție totală pe tipuri de pământuri			148	49	104
Repartiție procentuală pe tipuri de pământuri			49 %	16 %	35 %

Se poate menționa că pentru zona de câmpie a Banatului volumul de date geotehnice, existente în arhiva DRDP Timișoara la nivelul lunii mai 2001, poate fi completat cu cele cuprinse în documentațiile tehnice a unor lucrări de reabilitare, executate deja sau în perspectivă de executare, cum sunt reabilitările de pe drumurile DN 7 – sectorul Lipova-Nădlac, DN 69 Timișoara-Arad, DN 59 Timișoara-Moravița, DN 6 pe sectorul Lugoj-Timișoara sau DN 57, pe sectorul Oravița-Moravița. La acestea se adaugă și datele geotehnice existente în arhiva Departamentului de Inginerie Geotehnică și Căi de Comunicație Terestre de la Facultatea de Construcții și Arhitectură din Timișoara, obținute în urma investigațiilor geotehnice efectuate pe traseul viitoarei autostrăzi Nădlac-Arad-Timișoara, pe traseul centurii de ocolire a municipiului Timișoara sau pe alte drumuri și amplasamente din zona de câmpie a Banatului.

Totuși, având în vedere neuniformitatea pronunțată a distribuției acestor date geotehnice pe rețeaua de drumuri administrată de DRDP Timișoara, respectiv volumul extrem de redus sau chiar lipsa totală a acestora pe unele trasee și sectoare, pentru întocmirea la nivel central a unei baze viabile de date, inclusiv prin convertire în valori CBR, este necesară inițierea unor cercetări și investigații geotehnice sistematice, destinate acestui scop.

În ceea ce privește frecvența cu care sunt prezente cele trei tipuri clasice de pământuri (nisipoase, prăfoase și argiloase) în terenul de fundare din patul drumurilor analizate, aceasta rezultă din datele prezentate în tabelul 3.2. Analizând cifrele prezentate în acest tabel, se constată că ponderea cea mai mare o dețin pământurile nisipoase (nisipuri, nisipuri prăfoase, nisipuri argiloase), cărora li s-au atașat și pietrișurile și care reprezintă aproape 50 % (49 %) din totalul de date

analizate. Pământurile prăfoase (prafuri, prafuri nisipoase, prafuri argiloase) dețin o pondere mai redusă (16 %), iar prezența pământurilor argiloase (argile, argile prăfoase, argile nisipoase) a fost identificată în proporție de 35 % din totalul cazurilor luate în considerare.

Dacă se iau în analiză numai datele corespunzătoare punctelor (amplasamentelor) situate pe traseele unor drumuri din plină zonă de câmpie a Banatului (tabelul 3.3), distribuția prezenței celor trei tipuri de pământuri în terenul de fundare se modifică simțitor. Astfel, dacă ponderea pământurilor prăfoase rămâne relativ la același nivel de reprezentare (14,5 %) cea a pământurilor argiloase crește mult (47 %) în dauna celor nisipoase (38,5 %).

Tabel centralizator privind natura pământurilor din terenul de fundare din punctele situate pe drumuri naționale din zona de câmpie a Banatului

Tabelul 3.3.

Nr. crt.	Codul drumului	Sectorul	Teren de fundare alcătuit din:		
			Pământuri nisipoase	Pământuri prăfoase	Pământuri argiloase
1	DN 69	Timișoara-Arad	3	2	9
2	DN 7	Arad-Nădlac	4	2	6
3	DN 6	Caransebeș-Timișoara	26	9	20
4	DN 6	Timișoara-Cenad	13	4	15
5	DN 58 A	Lugoj-Soceni	2	-	5
6	DN 59	Timișoara-Moravița	7	2	12
7	DN 59 A	Timișoara-Jimbolia	3	2	-
8	DN 59 B	Cărpiniș-Foieni	-	-	2
9	DN57	Oravița-Moravița	1	1	3
Repartiție totală pe tipuri de pământuri			59	22	72
Repartiție procentuală pe tipuri de pământuri			38,5 %	14,5 %	47 %

3.3.2. Tipuri de pământuri analizate și caracteristicile lor geotehnice

Inventarierea și analiza datelor geotehnice făcute în paragraful anterior conduc la concluzia că pe suprafața aferentă rețelei de drumuri naționale administrată de către DRDP Timișoara se întâlnește o varietate mare de pământuri. S-au constatat diferențe relativ mari de la un foraj la altul, chiar și atunci când acestea erau apropiate și situate în zone cu condiții geologice și morfologice identice sau apropiate. De asemenea, veridicitatea datelor analizate poate avea un grad mai mare sau mic de relativitate.

În vederea efectuării unor cercetări sistematice privind stabilirea unor corelații între unele caracteristici geotehnice ale diferitelor tipuri de pământuri și valorile CBR, este necesar în primul rând ca gradul de veridicitate a caracteristicilor geotehnice ale acestora să fie ridicat.

Având în vedere particularitățile tehnico-geologice și geotehnice specifice zonei de câmpie a Banatului, cercetările efectuate s-au referit la pământuri prezente în alcătuirea terenului de fundare a unor drumuri naționale din această zonă. În acest scop au fost executate 13 foraje, cu adâncime

medie de 3,00 m, din care s-au prelevat probe asupra cărora s-au efectuat cercetări și încercări de laborator. Drumurile naționale și pozițiile kilometrice unde s-au executat forajele și natura pământului sunt prezentate în tabelul 3.4.

Drumurile naționale și pozițiile kilometrice unde au fost executate forajele geotehnice

Tabelul 3.4.

Nr. crt.	Cod drum	Sectorul	Poziția kilometrică a forajului	Natura pământului
1	DN 6	Lugoj-Timișoara	521+000	Nisip argilos
2	DN 6	Lugoj-Timișoara	544+000	Argilă
3	DN 6	Timișoara-Cenad	586+000	Argilă prăfoasă
4	DN 6	Timișoara-Cenad	613+500	Nisip argilos
5	DN 59	Timișoara-Moravița	10+000	Argilă prăfoasă
6	DN 59	Timișoara-Moravița	31+500	Argilă
7	DN 59 A	Timișoara-Jimbolia	6+500	Argilă
8	DN 59 A	Timișoara-Jimbolia	18+700	Argilă
9	DN 59 B	Cărpiniș-Foieni	30+100	Argilă
10	DN 59 C	Sânicolau Mare-Teremia	39+840	Nisip prăfos
11	DN 69	Timișoara-Arad	37+200	Argilă
12	DN 69	Timișoara-Arad	49+300	Argilă
13	DN 7	Arad-Nădlac	558+000	Nisip argilos

Analizând în detaliu sectoarele și pozițiile kilometrice de pe drumurile naționale, unde au fost executate forajele de investigare geotehnică, se constată că acestea au acoperit în mare parte zona de câmpie a Banatului. De asemenea, natura pământurilor prezente în alcătuirea terenului de fundare a drumurilor din punctele de execuție a forajelor reflectă constituția litologică generală a zonei de câmpie a Banatului, în care predominante sunt pământurile argiloase și argilos-prăfoase (circa 70 % conform datelor din tabelul 3.4).

Pe probele de pământ prelevate din aceste foraje au fost determinate toate caracteristicile geotehnice care definesc natura și starea pământurilor analizate (tabelul 3.5).

3.4. Metodologia de cercetare și de prelucrare a rezultatelor

3.4.1. Ampretele pământurilor analizate

Pe baza rezultatelor obținute în urma analizelor de laborator efectuate asupra probelor prelevate din cele 13 foraje geotehnice, s-au determinat și reprezentat grafic ampretele, după modelul exemplificat în fig.3.11, care corespunde unei probe de argilă prelevată din forajul executat pe DN 59 la km 31+500.

Pentru trasarea conturului ampretei [4],[5] se determină poziția punctelor P_1 , P_2 , P_{90} , $P_{2\mu}$ și P_4 (fig.3.11). Poziția punctului P_1 din cadranul I al sistemului de axe adoptat este definit prin abscisa w_L [%] și ordonata I_p [%] pentru proba analizată. Pentru determinarea poziției punctului P_2 din

Tabel centralizator cuprinzând caracteristicile fizice ale pământurilor analizate

Tabelul 3.5.

Nr. curent	Codul drumului	Poziția kilometrică a forajului	Denumirea pământului	Granulozitatea			Greutatea volumică, γ	Porozitatea, n	Indicele porilor, e	Umiditatea naturală, w	Limita superioară de plasticitate, w_L	Limita inferioară de plasticitate, w_p	Indicele de plasticitate, I_p	Indicele de consistență, I_c	Umiditatea de satuație, w_{sat}	Gradul de umiditate, S_r	Observații
				Nisip 0,05...2 mm	Praf 0,005...0,05 mm	Argilă < 0,005 mm											
1	DN 6	521+000	Nisip prăfos-argilos	47	42	11	20,4	33,9	0,51	18,7	-	-	-	-	19,3	0,97	
2	DN 6	544+000	Argilă	19	36	45	19,7	34	0,51	15,1	58,2	20,2	38	1,13	19,4	0,78	
3	DN 6	586+000	Argilă prăfoasă	27	38	35	17,4	48,9	0,96	30,7	61,9	24	37,9	0,82	36,1	0,85	
4	DN 6	613+000	Nisip argilos	39	37	24	17,5	40,8	0,69	12,9	47,8	21,8	16	1,34	26,0	0,49	
5	DN 59	10+000	Argilă prăfoasă	19	41	40	19,3	38,5	0,63	20,5	53,4	24,0	29,4	1,12	23,6	0,87	
6	DN 59	31+500	Argilă	15	34	51	18,9	41,3	0,70	24,2	68,8	21,8	47,0	0,99	26,6	0,91	
7	DN 59A	6+500	Argilă	19	27	54	17,0	46,7	0,88	22,7	88,5	23,1	65,4	1,01	33,0	0,69	
8	DN 59A	18+700	Argilă	20	38	42	19,7	37,8	0,61	21,9	58,3	21,2	37,1	0,98	22,9	0,96	
9	DN 59B	30+100	Argilă	15	27	58	19,0	38,0	0,61	18,1	68,6	24,8	43,8	1,15	23,1	0,78	
10	DN 59C	39+840	Nisip prăfos	85	9	6	18,6	34,4	0,53	9,3	-	-	-	-	19,8	0,47	
11	DN 69	37+200	Argilă	16	37	47	18,7	37,7	0,60	15,7	62,5	24,8	37,7	1,24	22,8	0,69	
12	DN 69	49+300	Argilă	16	35	49	19,9	34,1	0,52	20,7	62,2	23,8	38,4	1,08	21,2	0,96	
13	DN 7	558+000	Nisip argilos	55	17	28	19,3	33,6	0,50	11,4	41,7	17,2	24,5	1,24	19,1	0,60	

cadranul II, se extrage din curba de granulozitate cantitatea procentuală corespunzătoare fracțiunii de 2μ (x_d %), care reprezintă abscisa, iar ordonata este tot egală cu I_p [%]. Punctul P_{90} din cadranul III are ordonata egală cu diametrul căruia îi corespunde cantitatea procentuală de 90 % în curba de granulozitate (care este abscisă), iar punctul $P_{2\mu}$ din același cadran este definit prin diametrul de 2μ , ca ordonată și cantitatea procentuală corespunzătoare acestuia, ca abscisă. În fine, punctul P_4 din cadranul IV are ordonata marcată de diametrul de 2μ și abscisa egală cu limita superioară de plasticitate w_L [%]. Prin unirea acestor puncte se obține amprenta corespunzătoare probei de pământ analizate, a cărei curbă de granulozitate este prezentată în fig.3.12.

După cum se poate observa în fig.3.11, amprenta face apel la diagrama lui Casagrande, în cadranul I și la o porțiune din curba de granulozitate, în cadranul III. Cadranul II este destinat reprezentării activității pământului, poziția punctului P_2 indicând prin panta dreptei P_2O , indicele de activitate $I_A = I_p/x_{2\mu}$, definit de Skempton sau domeniile de activitate stabilite de Van der Merwe pe baza observării comportării construcțiilor din zone cu pământuri active.

Pentru ca forma amprentei să nu depindă de scările de reprezentare, s-a introdus spre folosire cercul de referință cu centrul în punctul 0 de origine a axelor de coordonate și diametrul de 100 unități, care intersectează cele patru axe în punctele: $w_L = 50$ %, $I_p = 50$ %, $x_d = 50$ %, $d = 1$ mm.

Unul dintre avantajele esențiale ale amprentei, legate de identificarea naturii pământului, este acela că se bazează pe date obiective, rezultate din încercări directe de laborator, nefăcând apel la criterii arbitrare de separare între diferite categorii de pământuri, așa cum se procedează în alte criterii de clasificare.

Ținând seama că orice schimbare a naturii pământului se reflectă prin modificări ale formei și dimensiunilor amprentei, se poate face o caracterizare globală a naturii pământului recurgând la aria relativă A_r , care se definește ca raport între aria amprentei și aria cercului de referință.

Caracterizarea naturii pământurilor cu ajutorul amprentelor, a deschis perspectiva unei mai bune valorificări a experienței deja câștigate, prin stabilirea de analogii între un pământ considerat și pământuri similare, bine studiate și a căror comportare în timp la acțiunea solicitărilor mecanice sau hidraulice este cunoscută. Astfel, compararea ariilor relative A_{ri} și A_{rj} a două pământuri (i și j) se poate face cu ajutorul diferenței relative a acestora, scrisă sub forma:

$$\overline{\Delta A_r} = \frac{|\Delta A_r|}{A_{med}} = \frac{|A_{ri} - A_{rj}|}{\frac{A_{ri} + A_{rj}}{2}} \quad (3.2)$$

sau a coeficientului de analogie A_n calculat cu relația:

$$A_n = \frac{A_{med}}{|\Delta A_r|} = \frac{A_{ri} + A_{rj}}{2|A_{ri} - A_{rj}|} \quad (3.3)$$

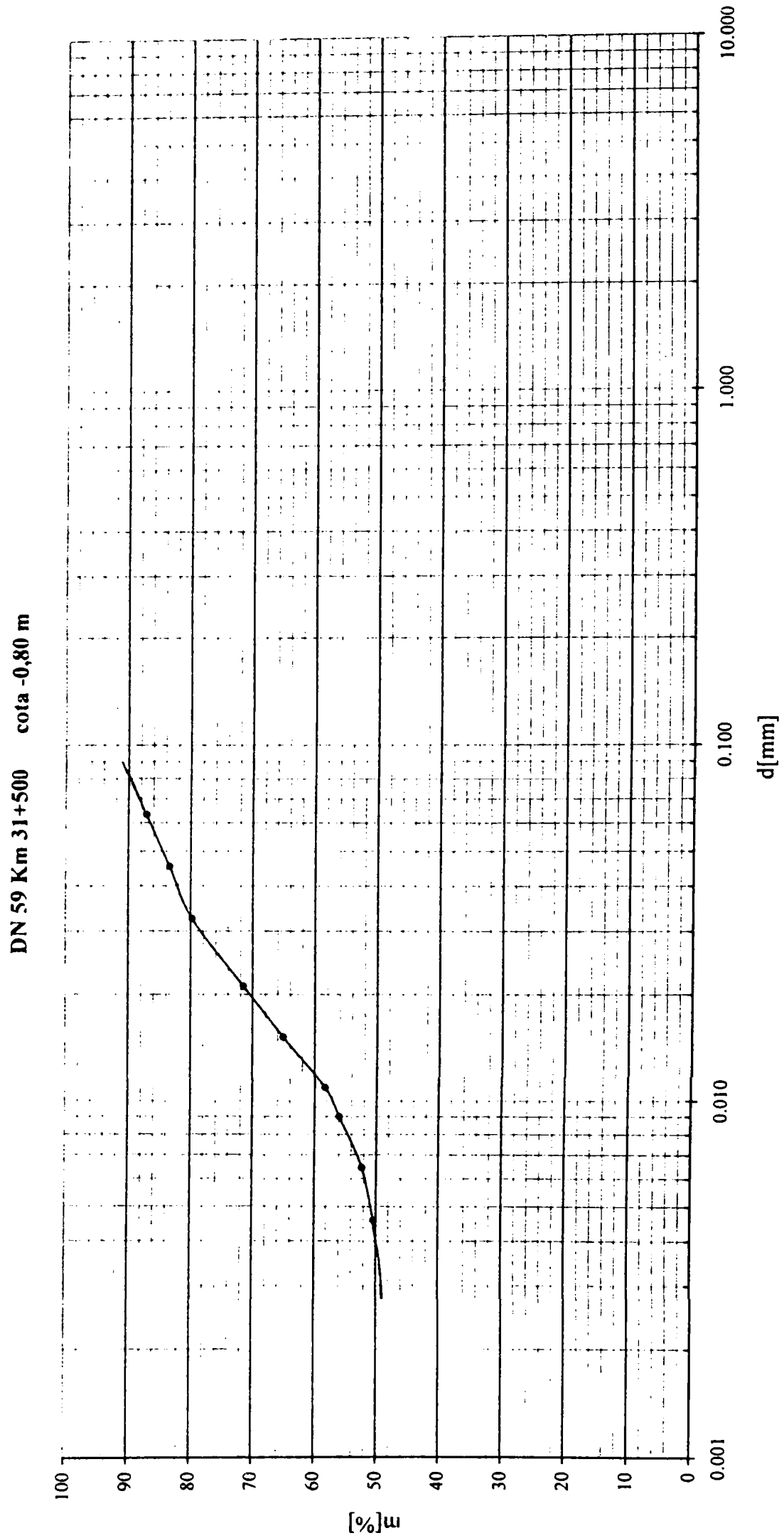


Fig.3.12. Curba de granulozitate

Cu cât două pământuri au amprentele mai apropiate, cu atât diferența ΔA_r este mai mică, coeficientul de analogie A_n este mai mare, iar probabilitatea unei comportări analoage, pentru aceeași stare de umiditate și îndesare, este mai ridicată.

În Anexa 1 sunt prezentate amprentele și valorile ariilor relative ale tuturor probelor de pământ analizate, folosindu-se pentru trasarea, respectiv calcularea lor, un program de calcul în Limbajul Auto-Lisp ca o aplicație Auto-CAD 2000.

3.4.2. Încercări Proctor și de determinare a indicelui CBR

Asupra pământurilor luate în studiu au fost efectuate încercări Proctor normal, în vederea determinării umidității optime de compactare, precum și încercări de determinare a valorilor indicelui CBR.

Pentru fiecare din cele 13 tipuri de pământuri analizate, efectuarea încercării Proctor normal a impus pregătirea a trei până la cinci probe, pe care apoi s-au executat și încercările CBR. Fiecare probă pregătită pentru încercări a avut o anumită umiditate w și stare de îndesare, definită prin volumul de fază solidă corespunzător unei cantități de 100 g de material (V în $\text{cm}^3/100$ g, care este oarecum echivalentul densității în stare uscată).

Considerând ca exemplificare probele pregătite pentru încercări din argila prelevată din forajul executat pe DN 59, km 31+500, prin reprezentare grafică a perechilor de valori V_1-w_1 s-au obținut punctele marcate în diagrama de stare din fig.3.13, care definesc starea de îndesare și de umiditate a fiecărei probe încercate. Alături de aceste puncte sunt trecute valorile indicelui CBR, determinate prin încercări efectuate asupra fiecărei probe.

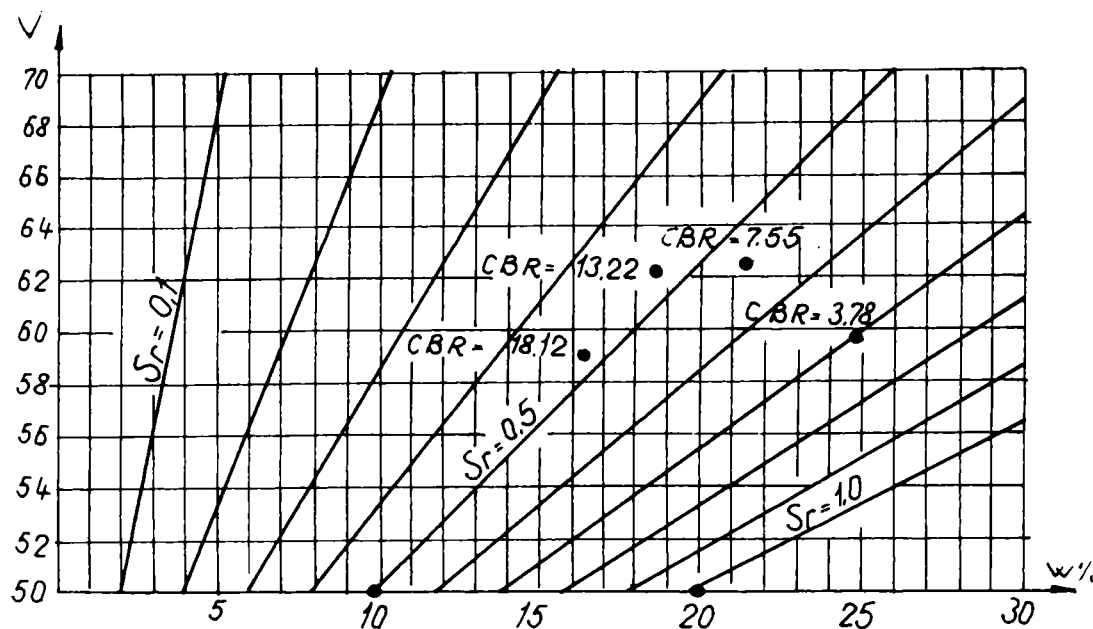
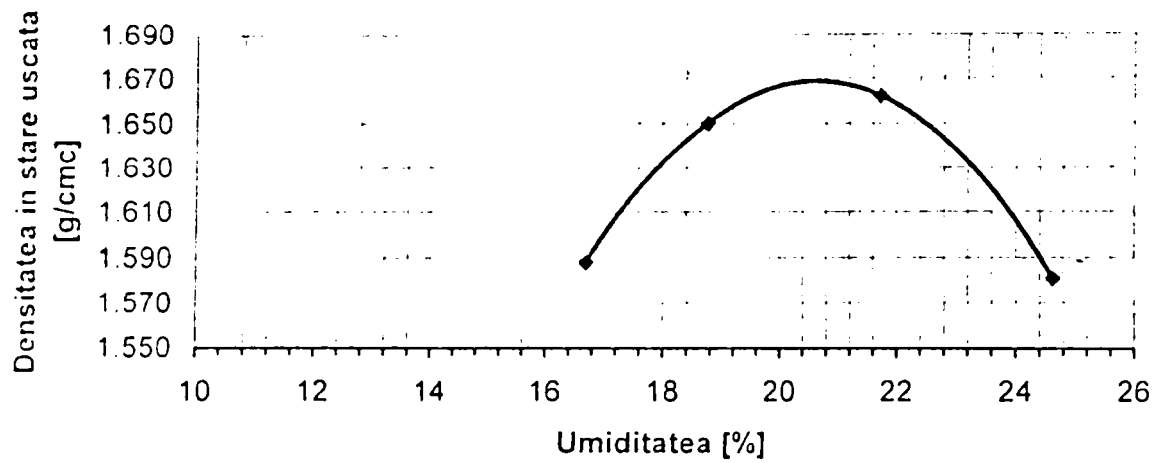


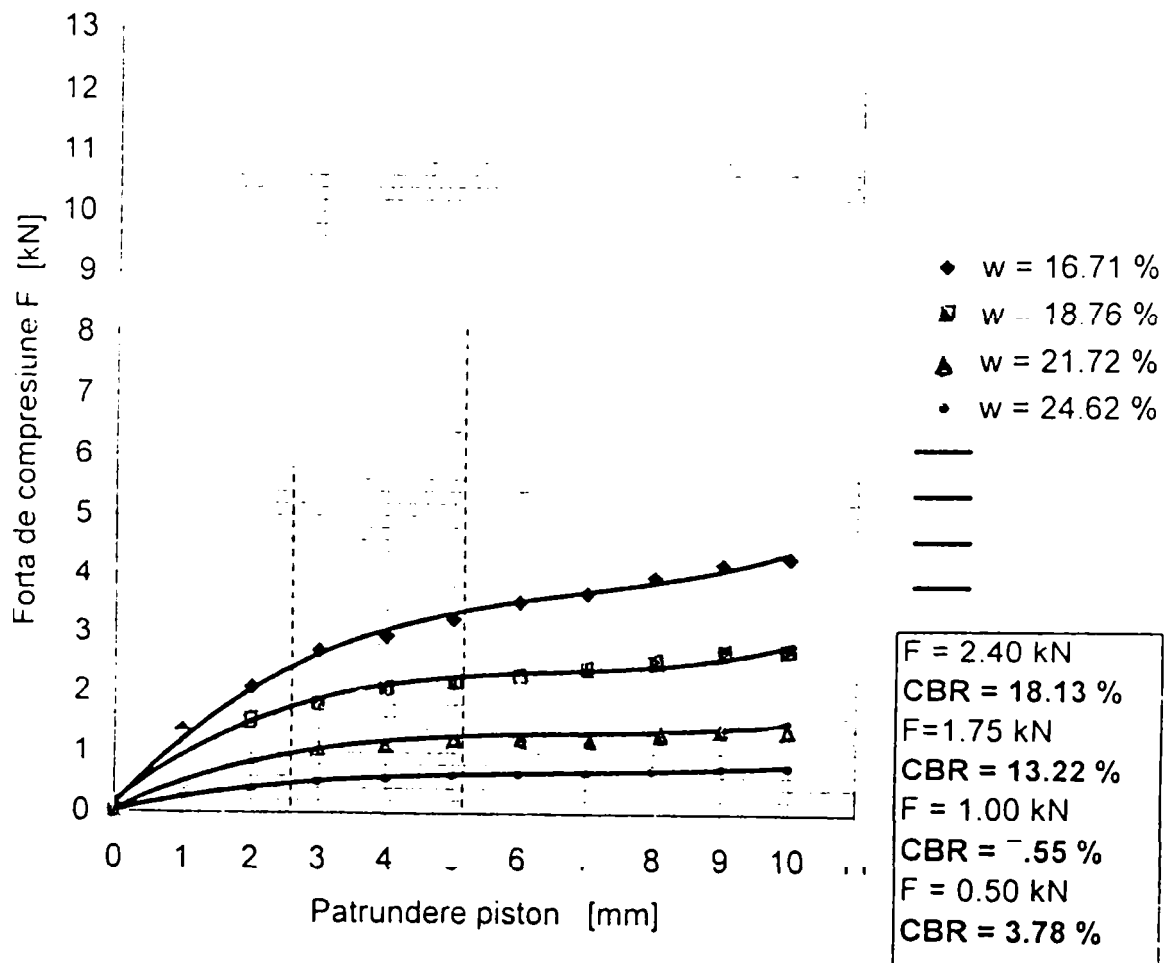
Fig.3.13. Diagrama de stare V-w (DN 59 km 31+500)

DN 59 km 31 + 500



a.

INCERCARI CBR



b.

Fig. 3.14. Încercări CBR (DN 59 km 31+500)

a. Diagrama de variație $\delta_d = f(w)$ b. Diagrama de variație $F = f(\Delta h)$

Valorile indicelui CBR au fost determinate prin încercări pentru fiecare umiditate, la care au fost pregătite probele din același tip de pământ, după compactarea acestora cu lucrul mecanic de 593 kilojoules/m³, corespunzător încercării Proctor normal (fig.3.14.a).

Pentru determinarea practică a indicelui CBR, asupra fiecărei probe pregătite s-a aplicat o forță de încărcare pe dispozitivul de penetrare al aparatului, în așa fel încât să se asigure o viteză constantă de pătrundere de 1,3 mm/minut. Valorile forței de pătrundere au fost determinate la fiecare minut, putându-se trasa diagramele de variație forță-pătrundere (F-Δh), conform fig.3.14.b.

Determinînd din diagramele prezentate în fig.3.14.b mărimile forțelor corespunzătoare pătrunderilor de 2,54 mm (0,1 in) și 5,08 mm(0,2 in) și apoi raportându-le la forțele standard (13,24 kN și 19,96 kN), au rezultat valorile indicelui CBR, pentru fiecare probă încercată, care pentru exprimare procentuală au fost înmulțite cu 100.

În tabelul 3.6 este dată o clasificare a pământurilor analizate în funcție de valoarea descrescătoare a indicelui de plasticitate I_p , căruia i s-au alăturat valorile ariilor relative ale amprentelor și ale indicelui californian de capacitate portantă CBR.

Diagramele de stare pentru toate probele analizate sunt date în Anexa 2, iar diagramele de determinare a umidităților optime de compactare, precum și cele aferente încercărilor experimentale CBR se pot urmări în Anexa 3.

Tabel cuprinzând clasificarea pământurilor analizate după valoarea descrescătoare a indicelui de plasticitate

Tabelul 3.6.

Nr. crt.	Poziția kilometrică	Denumirea pământului	I_p	A_r	CBR
1	DN 59 A km 6+500	Argilă plastic vârtoasă neagră	65,4	5,0196	18,50
2	DN 59 km 31+500	Argilă plastic vârtoasă neagră	47,0	4,0329	7,55
3	DN 59 B km 30 +100	Argilă tare, de culoare neagră	43,8	4,0175	11,72
4	DN 69 km 49+300	Argilă tare, de culoare maro-închis	38,3	3,5718	7,18
5	DN 6 km 544+000	Argilă tare, neagră-cenușie	38,0	3,4751	15,86
6	DN 6 km 586+000	Argilă prăfoasă, plastic vârtoasă, neagră	37,9	3,4079	14,35
7	DN 69 km 37+200	Argilă tare, de culoare maro-închis	37,7	3,5528	10,77
8	DN 59 A km 18+700	Argilă plastic vârtoasă neagră	37,1	3,3436	15,48
9	DN 59 km 10+000	Argilă prăfoasă, tare, de culoare neagră	29,4	3,0895	11,77
10	DN 7 km 558+000	Nisip argilos, tare, de culoare neagră	24,5	2,5091	23,05
11	DN6 km 613+500	Nisip argilos, tare, de culoare maronie	16,0	2,5817	13,53
12	DN6 km 521+000	Nisip argilos cu pietriș, tare, maroniu	0,00	1,4199	24,05
13	DN 59 C km 39+840	Nisip prăfos, maroniu	0,00	0,7336	21,14

3.5. Unele aspecte caracteristice privind metodologia aplicată la prelucrarea rezultatelor

Având în vedere volumul relativ mare de date geotehnice obținute în urma încercărilor experimentale efectuate asupra pământurilor analizate, care în mare parte au fost înglobate în

reprezentările grafice sub formă de amprente sau diagrame de stare, precum și numărul mare de încercări CBR, s-a încercat să se facă o sistematizare și prelucrare și mai adecvată a acestor date experimentale, în vederea stabilirii unui procedeu mai expeditiv de analiză și studiu a pământurilor argiloase din zona de câmpie a Banatului [24].

3.5.1. Variația valorilor indicelui CBR într-un domeniu de stare definit de w [%] și V [$\text{cm}^3/100 \text{ g}$]

Din analiza făcută s-a observat că nu numai natura terenului, dar și umiditatea acestuia w [%], precum și starea de compactare exprimată prin volumul specific V [$\text{cm}^3/100 \text{ g}$], influențează valorile indicelui californian de capacitate portantă CBR. Astfel, s-a constatat că valorile indicelui CBR cresc sensibil pe măsura reducerii umidității și de asemenea, sporesc într-o măsură mai redusă și în urma măririi volumului specific V .

Unele cercetări semnalate de literatura de specialitate [107], referitoare la modul de variație a indicelui CBR în funcție de diverși parametri (Davis, 1949), evidențiază că pentru domenii destul de importante din diagrama de stare a fiecărui pământ există o variație liniară a valorilor $\log(\text{CBR})$ cu umiditatea, pentru $V = \text{constant}$ sau în lungul dreptei de saturație ($S_r = 1,0$), înclinată cu 45° .

În consecință E.H.Davis a propus o metodologie de determinare a valorilor indicelui californian de capacitate portantă CBR, pentru un domeniu definit prin trei puncte, într-o reprezentare spațială, în care se cunosc coordonatele acestor puncte. Primele două coordonate, aflate în același plan orizontal reprezintă umiditatea w [%] și volumul specific V [$\text{cm}^3/100 \text{ g}$], iar cea de-a treia, adică ordonata, este egală cu $\log(\text{CBR})$. Considerând trei puncte de coordonate $P_1 [w_1; V_1; \log(\text{CBR}_1)]$, $P_2 [w_2; V_2; \log(\text{CBR}_2)]$, $P_3 [w_3; V_3; \log(\text{CBR}_3)]$, se definește un plan a cărui poziție este determinată.

Pentru fiecare din pământurile analizate s-au luat în considerare cele trei încercări efectuate în zona umidității optime de compactare, respectiv a stării de compactare maximă, deoarece acesta este domeniul de maxim interes din punctul de vedere al condițiilor pe care trebuie să le îndeplinescă stratul de formă sau terenul natural, pentru comportarea bună a unei structuri rutiere fundată pe acestea.

Ecuția analitică a planului definit de cele trei puncte având ordonatele $\log(\text{CBR}_1)$, $\log(\text{CBR}_2)$ și $\log(\text{CBR}_3)$ se poate scrie sub forma determinantului (3.4).

$$\begin{vmatrix} w - w_1 & V - V_1 & \log(\text{CBR}) - \log(\text{CBR}_1) \\ w_2 - w_1 & V_2 - V_1 & \log(\text{CBR}_2) - \log(\text{CBR}_1) \\ w_3 - w_1 & V_3 - V_1 & \log(\text{CBR}_3) - \log(\text{CBR}_1) \end{vmatrix} = 0 \quad (3.4)$$

Pentru scrierea sub altă formă a ecuației (3.4), se notează determinanții minori astfel:

$$D_w = \begin{vmatrix} V_2 - V_1 & \log(CBR_2) - \log(CBR_1) \\ V_3 - V_1 & \log(CBR_3) - \log(CBR_1) \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} V_2 - V_1 & \log \frac{CBR_2}{CBR_1} \\ V_3 - V_1 & \log \frac{CBR_3}{CBR_1} \end{vmatrix} \quad (3.5)$$

$$D_v = \begin{vmatrix} w_2 - w_1 & \log(CBR_2) - \log(CBR_1) \\ w_3 - w_1 & \log(CBR_3) - \log(CBR_1) \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} w_2 - w_1 & \log \frac{CBR_2}{CBR_1} \\ w_3 - w_1 & \log \frac{CBR_3}{CBR_1} \end{vmatrix} \quad (3.6)$$

$$D_{CBR} = \begin{vmatrix} w_2 - w_1 & V_2 - V_1 \\ w_3 - w_1 & V_2 - V_1 \end{vmatrix} \quad (3.7)$$

Cu notațiile (3.5), (3.6) și (3.7), ecuația (3.4) devine:

$$wD_w - VD_v + \log(CBR) \cdot D_{CBR} - [w_1 D_w - V_1 D_v - \log(CBR_1) \cdot D_{CBR}] = 0 \quad (3.8)$$

sau:

$$\log(CBR) = \left[w_1 \frac{D_w}{D_{CBR}} - V_1 \frac{D_v}{D_{CBR}} + \log(CBR_1) \right] - w \frac{D_w}{D_{CBR}} + V \frac{D_v}{D_{CBR}} = 0 \quad (3.9)$$

Pentru fiecare tip de pământ, din cele 13 analizate a fost calculată ecuația analitică a planului definit de cele trei puncte, utilizând o aplicație în Excel, exemplificată ca model în fig.3.15, care corespunde argilei prelevată din forajul executat pe DN 59 Timișoara-Moravița la km 31+500.

Reprezentarea grafică a planului definit de cele trei puncte necoliniare $P_1 [w_1, V_1$ și $\log(CBR_1)]$, $P_2 [w_2, V_2$ și $\log(CBR_2)]$ și $P_3 [w_3, V_3$ și $\log(CBR_3)]$ este exemplificată în fig.3.16, pentru aceeași probă de argilă de la km 31+500 de pe DN 59.

Dacă se dispune de valorile $\log(CBR)$ în domeniul definit de punctele $P'_1 (w_1, V_1)$, $P'_2 (w_2, V_2)$ și $P'_3 (w_3, V_3)$, se pot determina ordonatele suprafeței definite prin valorile indicelui CBR, conform fig.3.17.

O reprezentare a proiecției în plan a suprafeței din fig.3.17, permite stabilirea unor diagrame (curbe sau drepte) de egale valori ale indicelui californian de capacitate portantă CBR, în funcție de caracteristicile fizice w [%] și V [$\text{cm}^3/100 \text{ g}$] (fig.3.18). Acest lucru permite estimarea comportării pământului, respectiv a valorii CBR, în funcție de starea acestuia, definită prin umiditate și starea de compactare.

CALCULUL ECUATIEI DE VARIATIE $\log(\text{CBR})$

	w	V	CBR	$\log(\text{CBR})$
P1	18,76	62,27	13,22	1,1212315
P2	21,72	62,72	7,55	0,877947
P3	24,62	59,66	3,78	0,5774918

DN 59 km 31+500

$$D_w = (V_2 - V_1) \cdot \log(\text{CBR}_3 / \text{CBR}_1) - (V_3 - V_1) \cdot (\log(\text{CBR}_2 / \text{CBR}_1))$$

$$D_w = -0,8796554$$

$$D_V = (w_2 - w_1) \cdot \log(\text{CBR}_1 / \text{CBR}_r) - (w_3 - w_1) \cdot \log(\text{CBR}_2 / \text{CBR}_1)$$

$$D_V = -0,1838222$$

$$D_{\text{CBR}} = (w_2 - w_1) \cdot (V_3 - V_1) - (w_3 - w_1) \cdot (V_3 - V_1)$$

$$D_{\text{CBR}} = -10,3626$$

$$\log(\text{CBR}) = a - b \cdot w + c \cdot V$$

$$a = [w_1 \cdot (D_w / D_{\text{CBR}}) - V_1 \cdot (D_V / D_{\text{CBR}}) + \log(\text{CBR}_1)]$$

$$b = (D_w / D_{\text{CBR}})$$

$$c = (D_V / D_{\text{CBR}})$$

a =	1,60911361
b =	0,08488752
c =	0,017739

$$\log(\text{CBR}) = 1,6091136 - 0,0848875 \cdot w + 0,017739 \cdot V$$

Fig.3.15. Schema de calcul a ecuației de variație $\log(\text{CBR})$

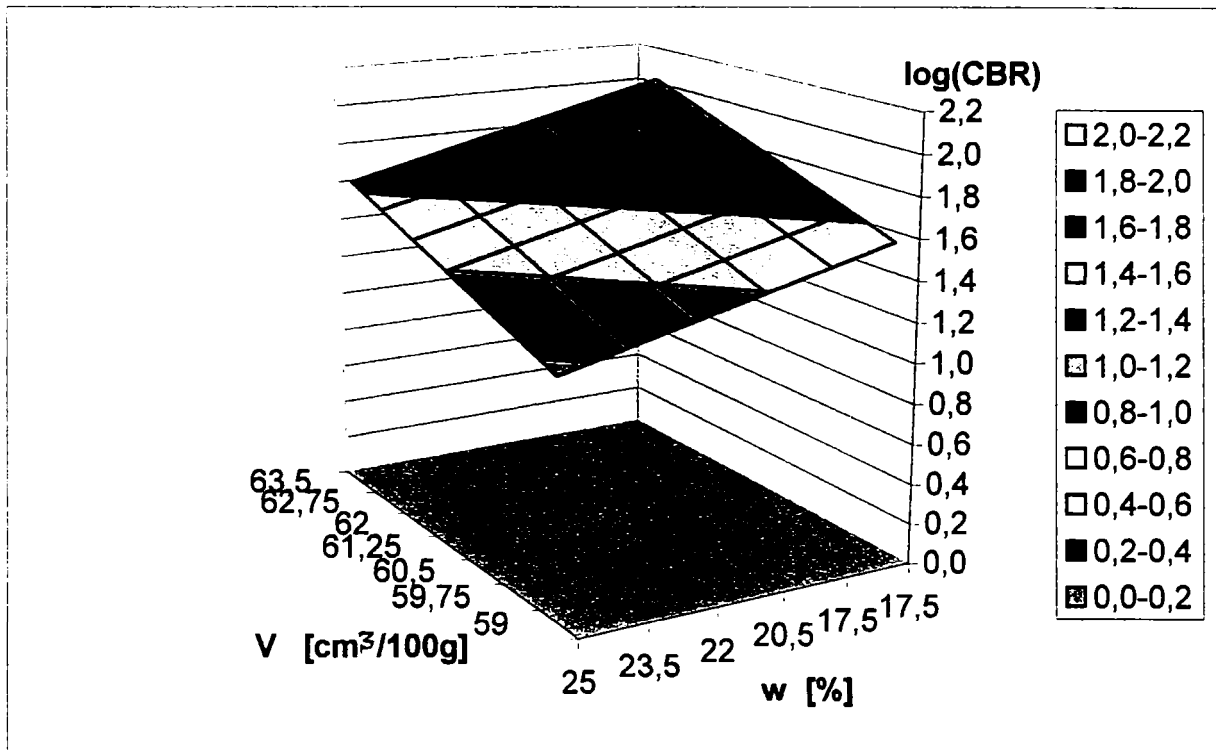


Fig.3.16. Reprezentarea grafică a planului definit de punctele $P_1[w_1, V_1 \log(\text{CBR}_1)]$, $P_2[w_2, V_2 \log(\text{CBR}_2)]$ și $P_3[w_3, V_3 \log(\text{CBR}_3)]$

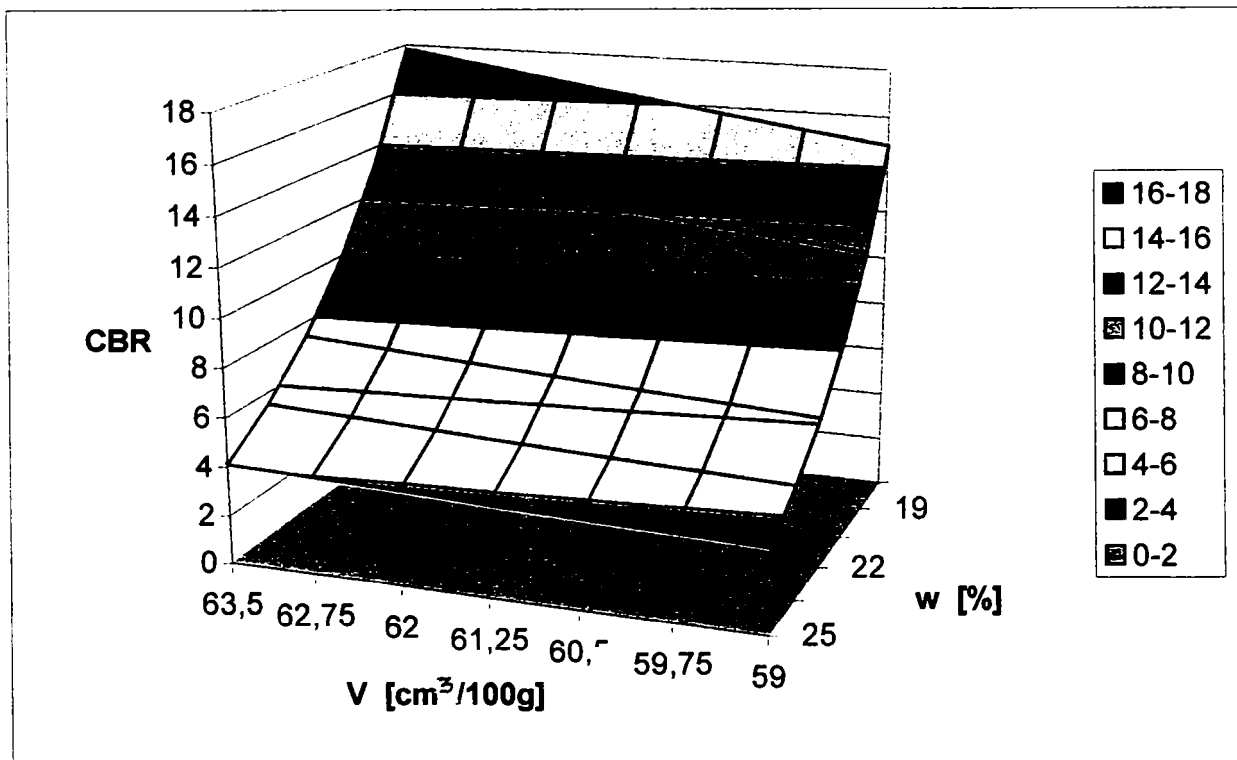


Fig.3.17. Reprezentarea grafică a suprafeței definită prin valorile ordonate CBR

Proiecția în plan a variației valorilor CBR

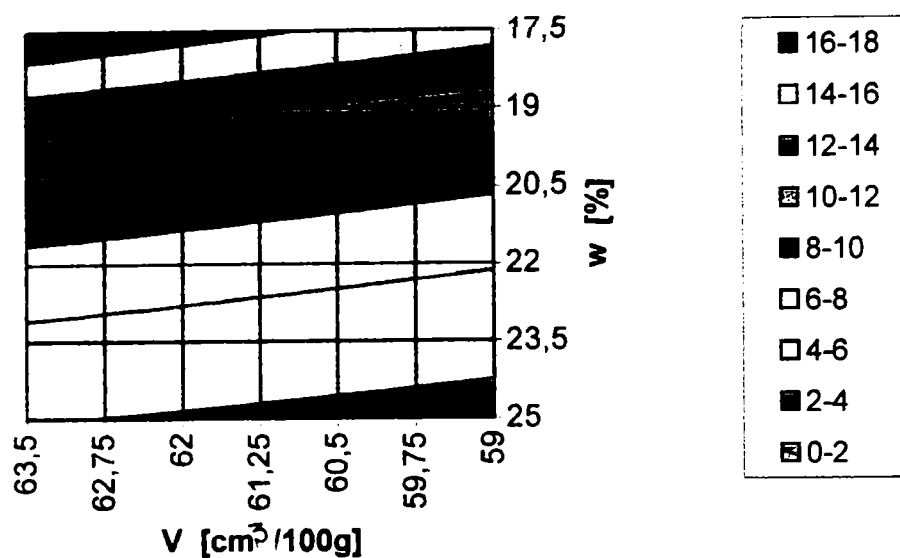


Fig. 3.18. Reprezentarea grafică a domeniilor de egale valori ale indicelui CBR

Acest mod de prelucrare a rezultatelor încercărilor de determinare a indicelui californian de capacitate portantă CBR, permite determinarea valorilor CBR pentru un domeniu de variație a stării pământului, cuprins între limitele definite prin numai trei încercări, ceea ce este foarte util din punct de vedere practic, având în vedere faptul că valoarea CBR este relativ sensibilă la variația umidității, valorile mari ale acesteia ducând la reduceri substanțiale ale valorii indicelui CBR.

3.5.2. Relația de legătură dintre aria relativă a amprentei (A_r) și valoarea indicelui CBR

În vederea evidențierii relației de legătură între aria relativă a amprentei A_r [-] și valorile indicelui californian de capacitate portantă CBR [%], s-a realizat o reprezentare grafică a distribuției acestor valori, conform fig.3.19.

Se observă o foarte bună grupare a punctelor în lungul dreptei de regresie, corespunzătoare unor pământuri cu conținut relativ ridicat de fracțiune argiloasă, domeniu în care s-au încadrat marea majoritate a pământurilor testate și analizate.

Se precizează încă odată, că valorile CBR luate în considerare la determinarea dreptei de regresie au fost cele corespunzătoare umidității optime de compactare, sau cel puțin cele aflate în zona umidității optime de compactare, deci aferente unei stări de compactare foarte bune.

Ecuția analitică a dreptei de regresie prezentată în fig.3.19, a rezultat în urma prelucrării matematice ca având forma:

$$\text{CBR} = - 8,7184 \cdot A_r + 42,4446 \quad (3.10)$$

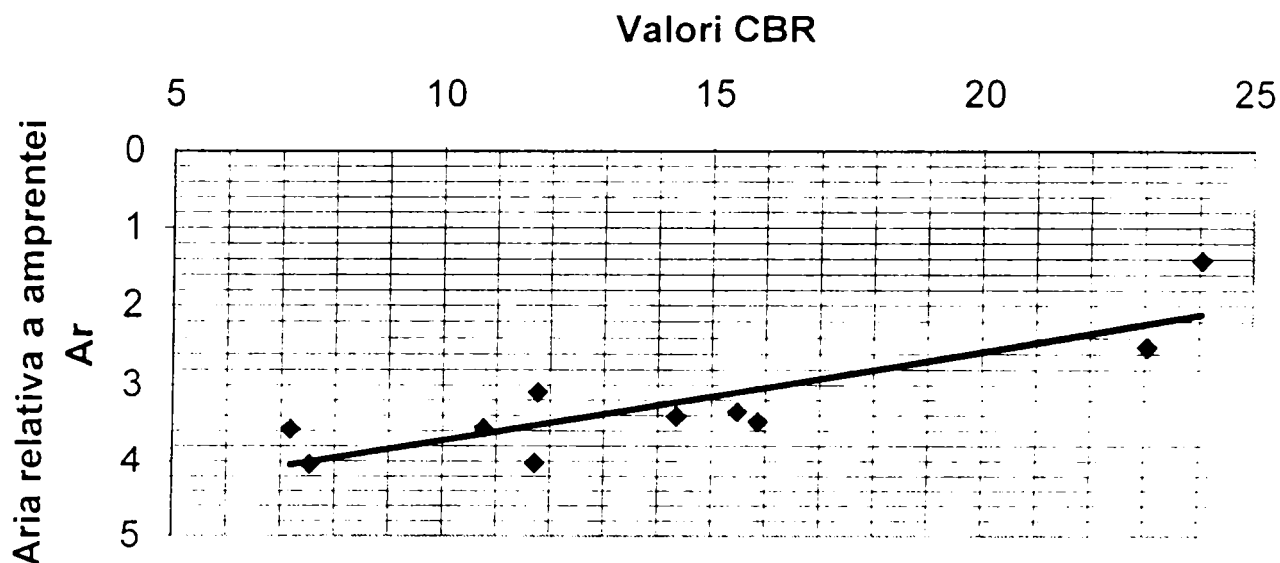


Fig.3.19. Relația de dependență dintre aria relativă a amprentei A_r și valoarea indicelui CBR

Abaterea medie patratică are valoarea $R^2=0,7237$, valoare care reflectă și ea o bună grupare a rezultatelor experimentale obținute, exprimate atât prin caracteristicile fizice pe baza cărora s-au reprezentat amprentele, cât și prin valorile indicelui CBR, rezultate în urma încercărilor de rezistență.

Analizând mai în detaliu rezultatele cercetărilor experimentale efectuate se poate aprecia că în general pentru pământuri cu o arie relativă a amprentei mai mare, corespunzătoare unor umidități optime de compactare cu valori $w_{opt} > 20 \%$, valorile CBR sunt mai mici, având valori cuprinse între 5 % și 10 %.

Pe măsura reducerii ariei relative a amprentei, de regulă se constată și o reducere a valorii umidității optime de compactare corespunzătoare, domeniul de valori ale acesteia fiind cuprins între 10 % și 15 %. Drept consecință a acestui lucru se observă o creștere semnificativă a valorilor indicelui californian de capacitate portantă CBR, spre valori de 20 %...25 %.

3.6. Concluzii

După cum s-a putut observa, prin cercetările experimentale efectuate și mai ales prin modul de prelucrare a rezultatelor acestora, s-a urmărit și realizat o metodologie de corelare a amprentelor

și a diagramelor de stare, corespunzătoare tipurilor de pământuri analizate, cu valorile indicelui californian de capacitate portantă CBR [24], [143].

În acest sens, programul de calcul elaborat în Limbajul Auto-Lisp ca o aplicație Auto-CAD 2000 permite trasarea amprenteii unui pământ, după modelul prezentat în fig.3.11, în același timp calculând în mod foarte exact și aria relativă a amprenteii.

De asemenea, o aplicație în Excel creată realizează prelucrarea rezultatelor încercărilor de determinare a valorilor indicelui californian de capacitate portantă CBR, astfel încât pe baza a trei încercări efectuate pe un același pământ aflat la trei umidități diferite, este posibil calculul valorilor CBR pentru un întreg domeniu, în funcție de umiditatea și starea de îndesare a aceluia tip de pământ.

Pentru pământurile argiloase specifice zonei de câmpie a Banatului, a fost stabilită o corelație între ariile relative ale amprentelor și valorile CBR obținute pentru umidități corespunzătoare umidității optime de compactare.

Relația analitică (3.10), respectiv diagrama de reprezentare grafică a acesteia din fig.3.19, permit determinarea indicelui californian de capacitate portantă CBR, pe baza cunoașterii unor caracteristici fizice, relativ ușor de determinat, cum sunt granulozitatea și limitele de plasticitate, în funcție de care cu programul de calcul menționat se poate trasa ușor amprenta pământului respectiv și calcula aria relativă a acesteia.

Cap. IV. CONSIDERAȚII ASUPRA ROLULUI STRATULUI DE FORMĂ ÎN SPORIREA VIABILITĂȚII DRUMURILOR ȘI SOLUȚII TEHNICE DE REALIZARE

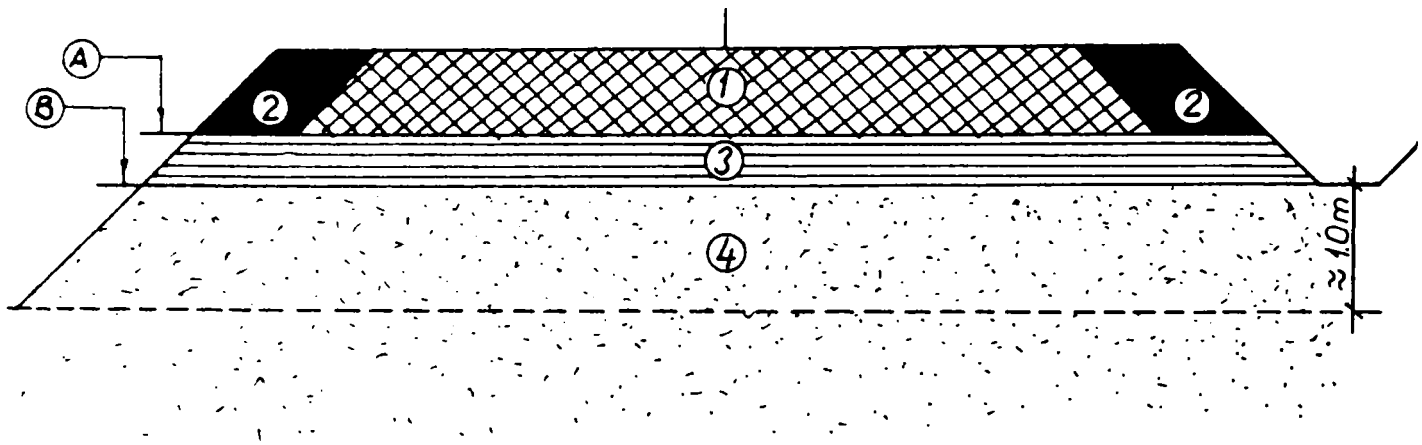
4.1. Elemente principale de definire a stratului de formă

Datorită extinderii mari în plan, pe traseul unui drum pot apărea porțiuni, de lungime mai mică sau mai mare, unde capacitatea portantă a terenului de fundare este redusă sau acesta prezintă unele particularități specifice defavorabile (activitate pronunțată, sensibilitate la umezire, sensibilitate la îngheț, compresibilitate mare etc.). Astfel de cazuri se întâlnesc mai frecvent când terenul de fundare este alcătuit din pământuri argiloase și prăfoase, situație caracteristică și pentru majoritatea drumurilor din zona de câmpie a Banatului. De asemenea în zonele de câmpie posibilitatea ca traseul unui drum să traverseze porțiuni care au constituție geologică slabă (porțiuni mlăștinoase, brațe de râuri moarte etc) este mult mai mare. Neuniformitatea portanței terenului de fundare, respectiv reducerea acesteia pot fi influențate și chiar cauzate și de alți factori, cum sunt: anotimpul și condițiile meteorologice din timpul execuției lucrărilor de pregătire a patului drumului, utilajele și tehnologiile folosite la execuție, apa subterană etc.

Este evident că existența pe traseul unui drum a unor astfel de porțiuni cu teren de fundare dificil, susceptibil la deformații mari sau la alte fenomene defavorabile sub aspectul rezistenței și stabilității, influențează negativ asupra comportării în exploatare și a viabilității drumului respectiv.

În funcție de situațiile concrete, măsurile care trebuie luate în astfel de situații trebuie să ducă la ridicarea și uniformizarea capacității portante a terenului de fundare, precum și la diminuarea efectului negativ a unor fenomene specifice pământurilor din care este alcătuit terenul de fundare, dacă acest lucru se impune.

În afară de folosirea în astfel de situații a unor procedee și metode de îmbunătățire în adâncime a terenului de fundare (ranforsare cu micropiloți și cu ploturi sau coloane din materiale granulare, împănare cu piatră spartă prin batere etc), o soluție tehnică eficientă, atât tehnic cât și economic, folosibilă pentru ridicarea și uniformizarea capacității portante a patului drumului, o reprezintă cea a **stratului de formă** (fig.4.1) [32],[74],[127].



- | | |
|---|---|
| 1- Structura rutieră | A-Platforma suport a structurii rutiere |
| 2-Acostamentele | B-Suprafața (nivelul) terasamentului |
| 3-Stratul de formă | |
| 4-Partea superioară a terasamentului :se consideră 1m din terenul natural (în cazul debleurilor) sau din materialul rambleurilor de sub stratul de formă. | |

Fig.4.1. Definierea poziției și rolului stratului de formă.

După cum se poate observa în fig.4.1, stratul de formă se interpune între terenul natural de fundare sau partea superioară a terasamentului și structura rutieră, asigurând o capacitate portantă sporită și uniformă la nivelul patului drumului.

4.1.1. Rolul și funcțiunile stratului de formă

Prin poziția și natura sa, stratul de formă realizează trecerea între două structuri cu caracteristici diferite: patul drumului și structura rutieră. Având în vedere acest lucru, principalele funcțiuni ale stratului de formă pot fi sintetizate astfel:

- sporește și uniformizează capacitatea portantă a terenului la nivelul patului drumului;
- reduce diferența de rigiditate dintre fundația drumului și terenul din patul drumului;
- asigură realizarea profilului transversal și longitudinal al patului drumului pentru evacuarea apelor provenite din precipitații;
- realizează o suprafață a patului drumului lipsită de denivelări, care permite executarea fundației drumului la o grosime constantă;
- împiedică contaminarea cu pământ a stratului de fundație realizat din agregate naturale;
- asigură creșterea rezistenței structurii rutiere la acțiunea îngheț-dezghețului și a fenomenelor de contracție-umflare a pământurilor active care pot fi prezente în terenul de fundare;

- asigură posibilitatea de circulație a utilajelor de șantier la nivelul suprafeței patului drumului.

Ținând seama de durata de acțiune a acestor funcțiuni, ele pot fi împărțite în două categorii: **funcțiuni pe termen scurt** (asigurarea circulației utilajelor în timpul execuției, posibilitate bună de realizare a stratului de fundație etc.) și **funcțiuni pe termen lung** (cele care vizează comportarea în exploatare a drumului respectiv).

Prin funcțiunile pe care le îndeplinește, stratul de formă asigură legătura dintre terenul natural, constituit din pământuri cu variabilitate relativ mare a proprietăților fizico-mecanice, și structura rutieră, alcătuită din materiale mult mai omogene și selecționate.

În proiectul de execuție prevederea unui strat de formă trebuie să se facă în funcție de comportarea previzibilă a terasamentului și de structura rutieră adoptată. La întocmirea proiectului, se stabilesc materialele și tehnologia de execuție a unui pat al drumului continuu, cât mai omogen și uniform sub aspectul capacității sale portante. Pe timpul și după pregătirea patului drumului, când se poate constata calitatea acestuia, în fiecare zonă și în ansamblu, se definitivează condițiile de realizare a stratului de formă. Astfel, în această fază, se definitivează materialele ce urmează a se utiliza, grosimea stratului de formă și tehnologia de execuție, așa încât prin el să fie eliminate sau compensate insuficiențele de calitate ale terasamentului în general și în special, a părții superioare a acestuia.

Procesul de adaptare sau de modificare a prevederilor proiectului, după realizarea patului drumului, constituie un element esențial de diferențiere a stratului de formă față de stratul de fundație al unui drum. Fiind parte integrantă a structurii rutiere, stratul de fundație este prevăzut în soluție definitivă încă din etapa de proiectare, în schimb, soluția de executare a stratului de formă este definitivată, de regulă, după terminarea execuției terasamentului, în funcție de calitatea acestuia.

4.1.2. Alcătuirea stratului de formă

Stratul de formă poate fi alcătuit din următoarele materiale:

a) materiale necoezive:

- pământuri necoezive;
- pietruiri existente;
- deșeuri de carieră;
- zgură brută de furnal.

b) materiale coezive:

- pământuri coezive tratate cu var;
- pământuri coezive stabilizate cu zgură granulată și var;

- pământuri coezive stabilizate cu ciment;
- agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici.

Realizarea stratului de formă poate fi destul de diferită, depinzând de calitatea patului drumului, de natura materialelor din care urmează să se execute, precum și de rolul pe care trebuie să-l îndeplinească în ansamblul construcției rutiere respective.

În cazul când patul drumului este constituit din argile și pământuri argiloase, care sunt sensibile la acțiunea apei putându-și modifica consistența în timp, stratul de formă se realizează în general, fie din materiale granulare, fie prin stabilizarea pământului din patul drumului. Soluția de realizare a stratului de formă în acest caz din materiale granulare prezintă avantajul că acestea sunt insensibile la acțiunea apei, dar pot apărea unele dificultăți și anume:

- dacă perioada de timp dintre execuția stratului de formă și a celorlalte straturi ale structurii rutiere este mai îndelungată și bogată în precipitații, datorită permeabilității mari a materialelor granulare apa pătrunde și umezește pământul argilos din patul drumului, reducându-i portanța și compromițând rolul și funcțiunile stratului de formă;
- dacă la executarea stratului de formă pământul argilos din patul drumului are umiditate ridicată și, în consecință consistență mai redusă, la punerea în operă, materialele granulare vor pătrunde în pământul moale, amestecându-se cu acesta și în consecință, calitatea stratului de formă este sensibil diminuată.

Eliminarea dificultăților menționate, care pot apărea la executarea stratului de formă din materiale granulare, se poate realiza prin adoptarea unor măsuri, cum sunt:

- mărirea grosimii stratului de formă;
- stabilizarea materialelor granulare cu diverși lianți minerali;
- asocierea unor aditivi formatori de structură, care sunt în general materiale sintetice din polimeri;
- pozarea prealabilă pe suprafața terenului pe care se execută stratul de formă a unui strat din materiale geosintetice (geotextile, geomembrane, geogrilă).

Sporirea grosimii stratului de formă se practică mai mult în rambleuri, mai ales în cazurile când este necesar să se asigure și o protecție împotriva înghețului; în această situație, pot fi adoptate grosimi de 70-80 cm sau chiar mai mult. La debleuri această soluție este mai greu de aplicat, deoarece conduce la adâncirea săpăturii.

După cum s-a arătat mai sus, o altă soluție care poate fi aplicată constă în folosirea unor membrane impermeabile din materiale plastice, armate sau nearmate, care se dispun sub stratul de formă alcătuit din materiale granulare. Prin această soluție se asigură, pe de o parte, o constanță a portanței stratului de formă din materiale granulare, iar pe de altă parte, este

împiedicată contaminarea acestuia cu pământ. De asemenea, prezența unei astfel de membrane impermeabile împiedică umezirea pământului argilos din partea superioară a terasamentului.

Tratarea materialelor granulare din stratul de formă cu diferiți lianți, respectiv adaosuri hidraulice sau cementoide, conduce la creșterea portanței și reducerea permeabilității acestuia. Soluția este indicată, dând rezultate bune și în cazul când granulozitatea materialelor granulare din stratul de formă este discontinuă sau uniformă [15],[36].

În ceea ce privește tratarea pământurilor coezive din partea superioară a terasamentului (patul drumului), cel mai frecvent se utilizează stabilizarea cu ciment sau diverși lianți puzzolanici, precum și tratarea cu var [19], [33], [60], [83], [94], [112]. Prin aceste procedee se realizează creșterea substanțială și uniformizarea portanței, precum și sporirea rezistenței la îngheț a patului drumului. Totodată, această soluție are și avantajul că în afară de lianți nu necesită și alte materiale speciale pentru execuție.

4.1.3. Principii de dimensionare a stratului de formă

Dimensionarea propriu-zisă a stratului de formă, în condițiile cunoașterii naturii și caracteristicilor materialului din care se prevede a fi realizat, precum și ale terenului din patul drumului, constă în stabilirea grosimii acestuia, astfel încât capacitatea portantă la nivelul patului drumului, exprimată prin modulul de deformație liniară echivalent, să aibă valoarea impusă ($E_p \geq 10 \text{ MPa}$).

Pentru exemplificare se consideră schema de calcul din fig.4.2, pentru o structură a cărei alcătuire constructivă de principiu cuprinde și un strat de formă de grosime necunoscută (h_1).

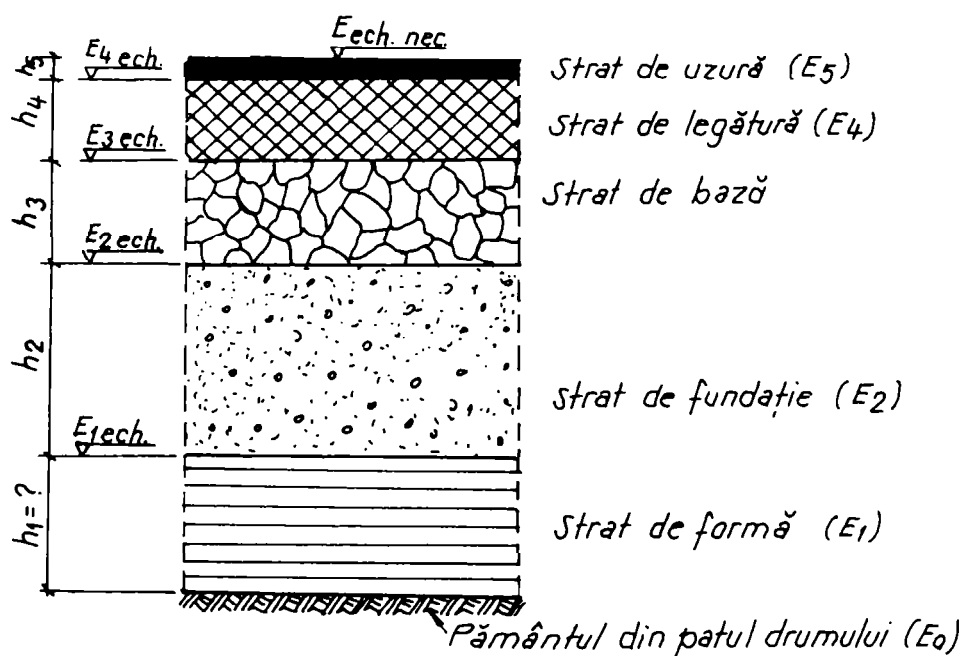


Fig.4.2. Schema de calcul

Modulul de deformare liniară echivalent efectiv a unei astfel de structuri, alcătuită din mai multe straturi, se calculează luând în considerare succesiv sisteme bistrat. În cazul schemei de calcul prezentate în fig.4.2, primul sistem bistrat care se ia în considerare este alcătuit din pământul din patul drumului de grosime semiinfinită și modulul de deformare liniară E_0 și stratul de formă, având modulul de deformare E_1 cunoscut și grosimea h_1 necunoscută.

Modulul de deformare liniară echivalent al sistemului bistrat considerat poate fi calculat cu relația:

$$E_{1ech} = \frac{E_1}{n^{2,5} \left[1 - \frac{2}{\pi} \left(1 - \frac{1}{n^{3,5}} \right) \arctg \frac{n \cdot h_1}{D} \right]} \quad (4.1)$$

unde: $n = 2,5 \sqrt{\frac{E_1}{E_0}}$

D – diametrul suprafeței de contact.

Dat fiind faptul că grosimea h_1 este necunoscută, aplicând relația (4.1) se obține valoarea $E_{1ech} = f(h_1)$, iar prin egalare cu valoarea impusă pentru modulul de deformare echivalent la nivelul patului drumului, adică $E_{1ech} = E_p$, rezultă grosimea necesară h_1 , a stratului de formă. În continuare, se consideră al doilea sistem bistrat ca fiind constituit din stratul semiinfinit cu modulul de deformare liniară E_{1ech} și stratul imediat superior, de grosime h_2 și modulul E_2 (în cazul schemei din fig.4.2 stratul de fundație) și se calculează E_{2ech} , introducând în relația (4.1) mărimile E_{1ech} , E_2 și h_2 . Procedând în acest mod până la stratul de uzură, care are caracteristicile E_5 și h_5 în schema de calcul adoptată în fig.4.2, rezultă în final valoarea modulului de deformare liniară echivalent efectiv ($E_{ech\ ef}$) a întregii structuri rutiere, care trebuie să fie cel puțin egală cu cea a modulului de deformare liniară echivalent necesar ($E_{ech\ ef} \geq E_{ech\ nec}$).

Modulul de deformare liniară echivalent necesar al structurii se calculează cu relația:

$$E_{ech.nec} = \frac{\pi p}{2 \lambda} kc \quad (4.2)$$

în care:

p - presiunea în pneuri;

λ - deformația relativă admisibilă;

k - factorul de trafic;

c - coeficient de siguranță.

Se menționează că în literatura de specialitate relația de calcul a modulului de deformare liniară echivalent a unui sistem bistrat (relația 4.1) este transpusă sub formă de nomogramă, în care se intră cu rapoartele E_{i-1}/E_i și h_i/D , rezultând raportul E_{1ech}/E_i .

Grosimea minimă constructivă a stratului de formă este de 10 cm, iar pantele în profil transversal și declivitățile în profil longitudinal ale suprafeței stratului de formă sunt aceleași cu ale suprafeței îmbrăcăminteii, admițându-se aceleași toleranțe ca ale acesteia.

La dimensionarea stratului de formă, noul normativ pentru dimensionarea sistemelor rutiere suple și semirigide, indicativ 140-S-STR-2000 [133], operează cu modulii de deformație dinamici ai materialelor din stratul de formă și al terenului din stratul suport (patul drumului). Astfel, pentru strat de formă alcătuit din materiale necoezive, valoarea de calcul a modulului de deformație dinamic al acestuia (E_{sf}) se poate calcula cu relația (4.3):

$$E_{sf} = 0,20 \cdot h_{sf}^{0,45} \cdot E_o \quad [\text{MPa}] \quad (4.3)$$

în care:

h_{sf} – grosimea stratului de formă, în mm;

E_o – valoarea modulului de deformație dinamic al stratului suport (patul drumului), în MPa.

Valoarea coeficientului lui Poisson indicată în normativ pentru materiale necoezive utilizate în stratul de formă este 0,27.

Pentru straturi de formă executate din diverse materiale coezive, Normativul 140-S-STR-2000 recomandă valorile caracteristicilor de deformabilitate din tabelul 4.1.

Valori de calcul ale caracteristicilor de deformabilitate pentru straturi de formă executate din materiale coezive

Tabelul 4.1.

Denumirea materialului coeziv	Modulul de deformație dinamic E_{sf} [MPa]	Coeficientul lui Poisson ν
Pământuri coezive tratate cu var:		
- tip P ₃ și P ₄	150	0,35
- tip P ₅	150	0,35
Pământuri coezive stabilizate cu zgură granulată și var	200	0,30
Pământuri stabilizate cu ciment	300	0,27

În tabelul 4.2 se dau valorile caracteristicilor de deformabilitate pentru straturi de formă executate din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici.

Valorile de calcul ale caracteristicilor de deformabilitate pentru straturi de formă executate din agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici

Tabelul 4.2.

Denumirea materialului	Modulul de deformare dinamic E_{sf} [MPa]	Coefficientul lui Poisson ν
Agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici:		
- zgură granulată	400	0,27
- cenușă de termocentrală	500	0,27
- tuf vulcanic	400	0,27

Normativul 140-S-STR-2000 recomandă ca la nivelul patului drumului să se asigure o capacitate portantă minimă, caracterizată printr-o valoare a modulului de deformare dinamic echivalent a sistemului bistrat (strat de formă – teren de fundare) de minim $E_{ech} = 80$ MPa.

De asemenea, în normativ sunt date o serie de diagrame de dependență între modulul de deformare dinamic echivalent E_{ech} și grosimea stratului de formă, diferențiate în funcție de materialele din care se execută stratul de formă.

4.2. Materiale utilizate la realizarea stratului de formă

Din prezentarea alcătuirii constructive făcută în paragraful anterior, rezultă că pentru realizarea stratului de formă pot fi utilizate următoarele categorii de materiale: pământuri și alte agregate naturale, lianți minerali (ciment cu sau fără adaosuri, var, zgură granulată de furnal, cenușă de termocentrală, tuf vulcanic), iar în unele situații și geosintetice (geotextile și geogridurile).

4.2.1. Pământuri și alte agregate naturale

Sub aspect fizic, pământurile sunt medii disperse trifazice, alcătuite în general din următoarele faze:

- faza solidă constituită din particule minerale care alcătuiesc scheletul mineral al pământului;
- faza lichidă reprezentată prin apa care umple total sau parțial interspațiile dintre particulele minerale;
- faza gazoasă constituită din aerul sau gazele din interspațiile (porii) neocupate de faza lichidă.

Prezența celor trei faze și interacțiunile dintre ele determină proprietățile fizice și mecanice ale pământurilor, proprietăți de care depinde comportarea acestora, atât ca suport a construcțiilor (teren de fundare) cât și ca material de construcție.

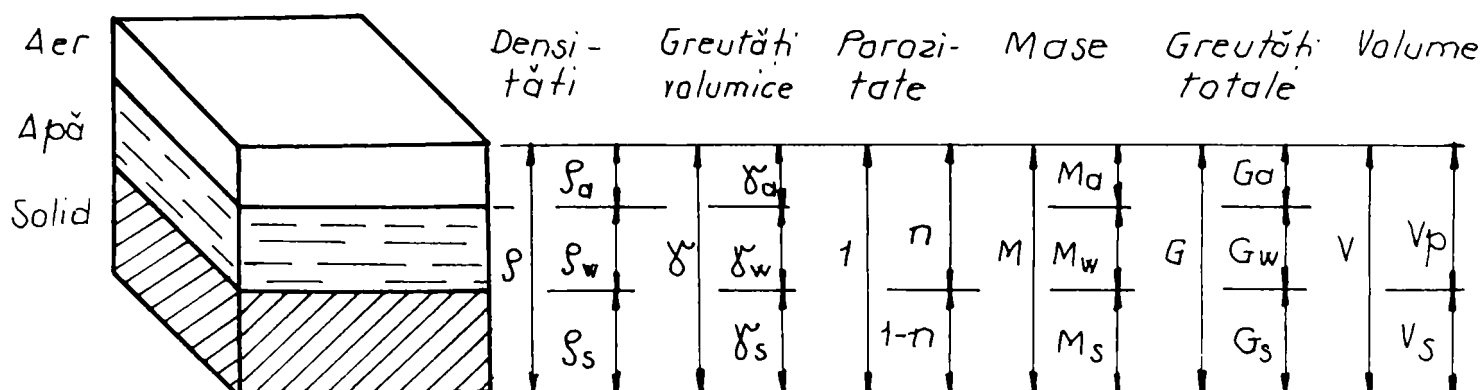


Fig.4.3. Reprezentarea schematică a fazelor constituente ale pământurilor

La executarea terasamentelor pentru drumuri, natura pământurilor folosite are un rol deosebit atât în ceea ce privește asigurarea calității lucrărilor cât și a stabilirii tehnologiei de execuție. Identificarea și clasificarea pământurilor în funcție de proprietățile lor fizice și mecanice permit stabilirea parametrilor care intervin în procesul de execuție a lucrărilor de terasamente și de verificare a calității acestora.

Există multe criterii de clasificare a pământurilor cu care se operează în general în practica geotehnică și în particular în geotehnica rutieră. Un prim criteriu de clasificare îl constituie existența și natura forțelor de legătură dintre particulele solide (minerale), criteriu în funcție de care pământurile se împart în două mari categorii: **necoezive și coezive**.

4.2.1.1. Pământuri necoezive

Pământurile necoezive se caracterizează prin lipsa forțelor de legătură (de coeziune) între particulele solide componente, între acestea existând numai forțe de frecare.

Nisipurile constituie grupa cea mai răspândită de pământuri necoezive, ele fiind formate din fragmente mici de rocă rezultate prin fenomene de dezagregare fizică. În geotehnică, conform clasificării după mărimea fragmentelor, adoptată în țara noastră, dimensiunile particulelor de nisip se încadrează între 0,05 și 2 mm, deosebindu-se: nisip mare (0,5...2 mm), nisip mijlociu (0,25...0,5 mm) și nisip fin (0,05...0,25 mm).

Există și alte moduri de clasificare a nisipurilor după mărimea fragmentelor. Astfel, clasificarea LCPC (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées) împarte nisipurile în: nisipuri fine (0,02...0,2 mm) și nisipuri grosiere (0,2...2 mm).

În funcție de compoziția mineralogică se diferențiază următoarele tipuri de nisip: nisip cuarțos, nisip micaceu, nisip feldspatic.

Structura nisipurilor este de tip monogranular (fig.4.4), observabilă cu ochiul liber la nisipurile mari și mijlocii, respectiv cu ajutorul unei lupe la nisipurile fine și prăfoase. Stabilitatea și rezistența acestei structuri este asigurată în exclusivitate de forțele de frecare, manifestate pe suprafețele de contact dintre fragmentele componente.

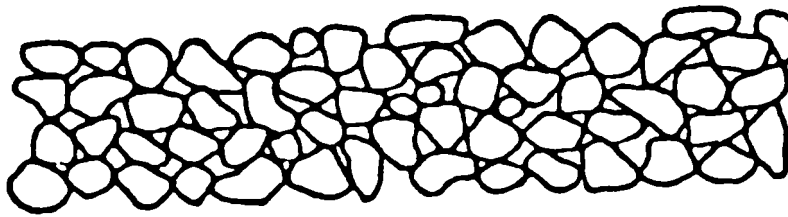


Fig.4.4. Structura monogranulară a nisipurilor

În practică se obișnuiește ca la categoria pământurilor necoezive să fie asociate și rocile sedimentare detritice cu fragmente mai mari de 2 mm, cum sunt: blocurile (dimensiuni mai mari de 200 mm), bolovănișurile (20...200 mm), pietrișurile (2...20 mm). Asocierea acestor roci la grupa pământurilor necoezive, alături de nisipuri, se bazează pe faptul că unele proprietăți sunt similare cu ale nisipurilor (lipsa coeziunii, permeabilitate mare, lipsa plasticității, capilaritatea redusă, frecare interioară mare etc). În general, pentru rocile încadrate sau asociate categoriei pământurilor necoezive se folosește denumirea de **agregate naturale**, aceasta mai ales în geotehnica rutieră și când acestea se folosesc ca materiale de construcție.

4.2.1.2. Pământuri coezive

Pământurile coezive sunt constituite din particule fine cu dimensiuni sub 0,05 mm și se caracterizează prin existența unor forțe de legătură între particule de natura electromoleculară (coeziune) sau de cimentare. În afară de coeziune, o altă caracteristică a pământurilor coezive este plasticitatea, adică proprietatea de a se comporta, între anumite limite de umiditate, ca niște corpuri plastice.

În funcție de mărimea particulelor, de coeziune și plasticitate, pământurile coezive se impart la rândul lor în două categorii: **pământuri prăfoase și pământuri argiloase**.

Pământurile prăfoase (praf argilos, praf argilos-nisipos, praf, praf nisipos) se caracterizează prin coeziune și plasticitate medie sau redusă, la care predomină particule cu mărimea cuprinsă între 0,05 și 0,005 mm. Sunt pământuri care în general au compresibilitate mare și sensibilitate ridicată la îngheț. Între pământurile prăfoase se numără și loessul și pământurile loessoide, caracterizate printr-o pronunțată sensibilitate la umezire.

Pământurile prăfoase se caracterizează prin structură tip fagure (fig.4.5), având goluri (pori) relativ mari, ceea ce le imprimă o compresibilitate de regulă pronunțată.

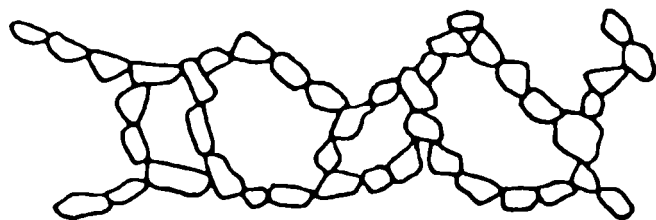


Fig.4.5. Structura în fagure a prafurilor

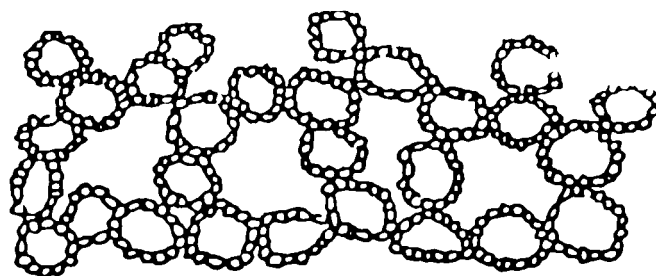


Fig.4.6. Structura flocculară a argilelor

Pământurile argiloase (argila grasă, argilă, argila prăfoasă, argila nisipoasă) au coeziune și plasticitate mijlocie, mare sau foarte mare, iar conținutul de particule fine ($< 0,005$ mm) este ridicat. Particularitățile compoziției mineralogice și alte structurii interne a mineralelor argiloase influențează caracteristicile fizice și mecanice ale acestor pământuri. Structura pământurilor argiloase este flocculară (fig.4.6), fiindu-i caracteristice două tipuri de goluri (pori): intrafloculare și interfloculare. Adesea pământurile argiloase pot prezenta și o structură secundară, dată de modul de fisurare sau de producere al altor tipuri de discontinuități în masa lor, ca urmare a acțiunii unor solicitări mecanice sau agenți atmosferici.

Caracterul mult mai complex, în comparație cu pământurile nisipoase, al legăturilor dintre particulele de argilă, respectiv dintre acestea și apă, precum și sensibilitatea acestor legături la diferite variații ale mediului, imprimă pământurilor argiloase și în special argilelor o serie de particularități specifice. De aceea, ori de câte ori pământurile argiloase intervin în lucrările de construcții, proprietățile lor trebuie studiate și analizate cu maximă atenție.

4.2.2. Sisteme de clasificare și criterii de folosire a pământurilor în tehnica rutieră

În general, sistemele propuse pentru clasificarea pământurilor sunt fundamentate pe criterii obiective, deși unele au anumite limite, autorii insistând asupra unor caracteristici, pe care le-au adoptat drept criterii de clasificare, respectiv care au fost considerate ca fiind importante pentru o anumită categorie de lucrări de construcții (fundații, terasamente pentru căi de comunicații etc). Majoritatea clasificărilor diferențiază pământurile după granulozitate, căreia îi sunt asociate una sau mai multe proprietăți (plasticitate, capacitate portantă etc).

În prezent pentru lucrările de terasamente rutiere există o gamă largă de sisteme de clasificare a pământurilor [121], unul dintre cele mai vechi fiind sistemul dezvoltat de Asociația Americană pentru Autostrăzi, cunoscut sub denumirea de sistemul de clasificare AASHO. Ulterior în tehnica rutieră s-a impus și Sistemul Unificat de clasificare a pământurilor (Unified System-US), dezvoltat inițial de profesorul A.Casagrande pentru aeroporturi și preluat apoi de

către Corpul Inginerilor din SUA, pentru a fi aplicat la drumuri. În elaborarea sistemului său, profesorul Casagrande a plecat de la constatarea că, pentru pământurile coezive, clasificarea pe baza texturii nu era adecvată, propunând ca la clasificarea acestor pământuri să se apeleze la caracteristicile de plasticitate, exprimate prin valorile indicelui de plasticitate și ale limitei de curgere.

Evoluția sistemelor de clasificare a pământurilor pentru lucrări de terasamente rutiere și feroviare a continuat în timp, înregistrându-se și apărând sub formă de norme în anul 1976, sistemul francez de clasificare [32], mai cuprinzător decât sistemele AASHO și US, care a fost completat și perfecționat în ultimul deceniu al secolului trecut.

4.2.2.1. Sistemul și criteriile utilizate în România pentru clasificarea pământurilor

În practica rutieră, problema clasificării pământurilor intervine sub două aspecte și anume:

- clasificarea și identificarea pământurilor din compunerea terenului natural pe care se execută terasamentul și structura rutieră, numit teren de fundare;
- clasificarea și identificarea pământurilor utilizate ca material de construcție pentru realizarea corpului terasamentelor, inclusiv a stratului de formă.

În țara noastră clasificarea și identificarea pământurilor se face pe baza STAS-ului 1243-88 [126], care în afară de granulozitate ține seama și de alți parametri: gradul de îndesare, coeficientul de neuniformitate, plasticitatea, consistența, gradul de umiditate, sensibilitatea la umezire.

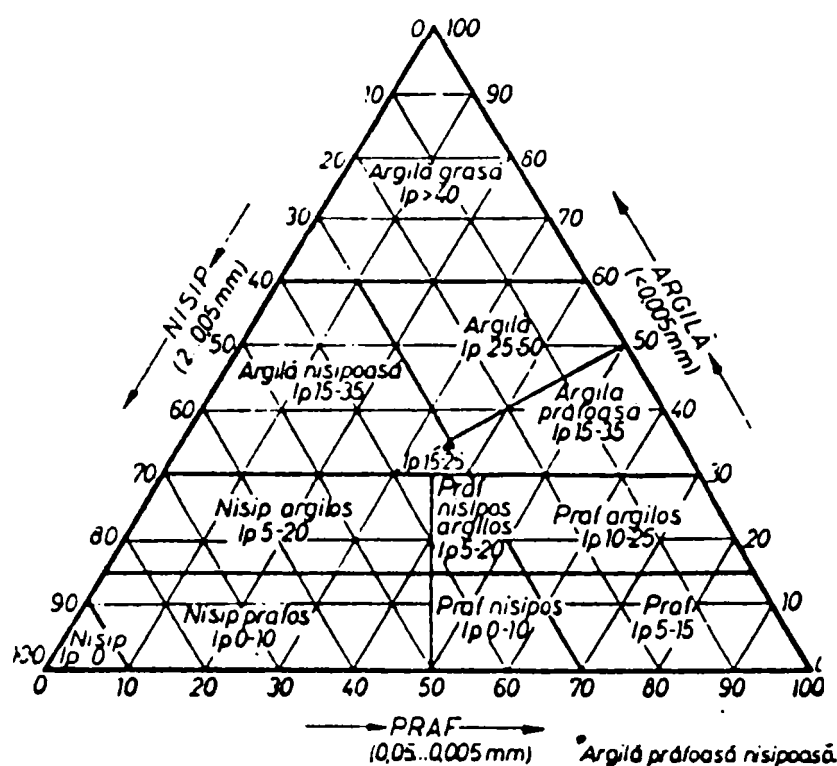


Fig.4.7. Diagrama ternară standard.

Diagrama ternară din fig.4.7 (după STAS 1243-88), permite clasificarea pământurilor după granulozitate, respectiv după ponderea procentuală în care sunt prezente cele trei fracțiuni (nisip, praf, argilă) în compunerea pământului analizat, pentru fiecare tip de pământ fiind specificat intervalul de valori ale indicelui de plasticitate (I_p).

Clasificarea tabelară a pământurilor coezive în funcție de granulozitate și plasticitate este dată în tabelul 4.3.

Clasificarea pământurilor coezive după granulozitate și plasticitate

Tabelul 4.3.

Nr. crt.	Tipul pământului	I_p (%)	Conținut în fracțiuni granulare, în %		
			Argila (A) (sub 0,005) (mm)	Praf (P) (0,05...0,005) (mm)	Nisip (N) (0,05...2) (mm)
1.	Argilă grasă	> 40	> 60	$P < A$	$N < A$
2.	Argilă	25...50	35...60	$P < A$	$N < 30\%$
3.	Argilă prăfoasă	15...35	30...50	$P > A$	$N < P$
4.	Argilă nisipoasă	15...35	30...60	$P < A$	$N > 30\%$
5.	Argilă nisipoasă prăfoasă	15...25	30...35	$P > A$	$N > 30\%$
6.	Praf argilos	15...25	15...30	$P > A$	$N > 30$
7.	Praf argilos nisipos	5...20	15...30	$P > A$	$N > 30$
8.	Praf	5...15	0...15	$P > A$	$N < 30\%$
9.	Praf nisipos	0...10	0...15	$P > A$	$N > 30\%$
10.	Nisip argilos	5...20	15...30	$P < A$	$N > P$
11.	Nisip prăfos	0...10	0...15	$P < A$	$N > P$

La dimensionarea sistemelor rutiere, pentru aprecierea calității pământurilor se folosește o clasificare mai restrânsă, diferențiindu-se 5 tipuri de pământuri ($P_1...P_5$ – tabelul 4.4), în funcție de indicele de plasticitate și compoziția de granulozitate.

Clasificarea pământurilor folosită la dimensionarea sistemelor rutiere

Tabelul 4.4.

Categoria de pământ	Tip de pământ	Denumirea pământurilor	Indicele de plasticitate, I_p (%)	Compoziția de granulozitate		
				Argilă (%)	Praf (%)	Nisip (%)
Necoezive	P_1	Pietriș cu nisip	<10	Cu sau fără fracțiuni sub 0,5 mm		
	P_2		10...20	Cu fracțiuni sub 0,5 mm		
Coezive	P_3	Nisip prăfos, nisip argilos	0...20	0...30	0...50	35...100
	P_4	Praf nisipos, praf argilos nisipos, praf, praf argilos	0...25	0...30	35...100	0...50
	P_5	Argilă prăfoasă, argilă nisipoasă,, argilă prăfoasă-nisipoasă, argilă	>15	30...100	0...70	0...70

După STAS 1243/88, clasificarea pământurilor necoezive folosite la lucrări de terasamente rutiere este dată în tabelul 4.5, iar a celor coezive, utilizate în același scop, se poate urmări în tabelul 4.6, unde clasificarea este corelată cu diagrama lui Casagrande.

Clasificarea pământurilor necoezive folosite pentru terasamente (STAS 1243-88)

Tabelul 4.5.

Denumirea și caracterizarea principalelor tipuri de pământuri	Simbol	Granulozitate			Coeficient de neuniformitate U_n	Indicele de plasticitate I_p pentru fracțiunea sub 0,5 mm	Umflarea liberă U_l (%)	Calitate ca material pentru terasamente
		Conținutul în părți fine în % din masa totală pentru:	$d < 0,005$ (mm)	$d < 0,05$ (mm)				
1. Pământuri necoezive grosiere (fracțiunea mai mare de 2 mm reprezintă mai mult de 50 %)	1a	< 1	< 10	< 20	> 5	0	-	Foarte bună
	1b				≤ 5			Foarte bună
2. Pământuri necoezive medii și fine (fracțiunea mai mică de 2 mm reprezintă mai mult de 50 %)	2a	< 6	< 20	< 40	> 5	≤ 10	-	Foarte bună
	2b				≤ 5			Bună
3. Pământuri necoezive medii și fine (fracțiunea mai mică de 2 mm reprezintă mai mult de 50 %) cu liant constituit din pământuri coezive	3a	≥ 6	≥ 20	≥ 40	-	> 10	≤ 40	Mediocră
	3b						> 40	Mediocră

Clasificarea pământurilor necoezive folosite pentru terasamente (Nomograma STAS 1243-88)

Tabelul 4.6.

Denumirea și caracterizarea principalelor tipuri de pământuri	Simbol	Granulozitate		Indicele de plasticitate I_p pentru fracțiunea sub 0,5 mm	Umflarea liberă U_l (%)	Calitate ca material pentru terasamente	
		Conform nomogramei Casagrande					
4. Pământuri coezive: nisip prăfos, praf argilos, nisip argilos, praf argilos, nisipos, praf argilos, argilă prăfoasă, nisipoasă, argilă nisipoasă, argilă prăfoasă, argilă, argilă grasă	Anorganice cu compresibilitate și umflare liberă redusă, sensibilitate mijlocie la îngheț-dezgheț	4a			<10	<40	Mediocră
	Anorganice, cu compresibilitate mijlocie, umflare liberă redusă sau medie, foarte sensibile la îngheț-dezgheț	4b			<35	<70	Mediocră
	Organice, (MO > 5%)* cu compresibilitate și umflare liberă redusă și sensibilitate mijlocie la îngheț-dezgheț	4c			≤ 10	<40	Mediocră
	Anorganice cu compresibilitate și umflare liberă mare, sensibilitate mijlocie la îngheț-dezgheț	4d			>35	>70	Rea
	Organice, (MO > 5%)* cu compresibilitate mijlocie, umflare liberă redusă sau medie, foarte sensibile la îngheț-dezgheț	4e			<35	<75	Rea
	Organice, (MO > 5%)* cu compresibilitate mare, umflare liberă medie sau mare, foarte sensibile la îngheț-dezgheț	4f			-	>40	Foarte rea

* Materiile organice sunt notate cu MO.

Clasificarea pământurilor după sensibilitatea la îngheț

Tabelul 4.7

Gradul de sensibilitate la îngheț	Denumirea pământului (STAS 1243-88)	Criterii		
		Plasticitate	Granulozitate	
			Diametrul particulelor (mm)	Proporția în masa totală (%)
Practic insensibile	Pământuri necoezive fără liant argilos	Neplastice $I_p = 0$	< 0,002 < 0,02 < 0,1	max.1 max.10 max.20
Sensibilitate mijlocie	Pământuri necoezive cu liant argilos	Plasticitate redusă	< 0,002 < 0,02 < 0,1	max.1 max.10 max.20
	Pământuri coezive (argilă și argilă grasă)	Plasticitate foarte mare $I_p > 35$		
Foarte sensibile	Pământuri coezive	Plasticitate mijlocie și mare $10 < I_p \leq 35$	< 0,002 < 0,02 < 0,1	max.6 max.20 max.40

Foarte utilă pentru lucrările de terasamente rutiere este clasificarea pământurilor făcută după sensibilitatea la îngheț, prezentată atât în tabelul 4.7, cât și în fig.4.8.

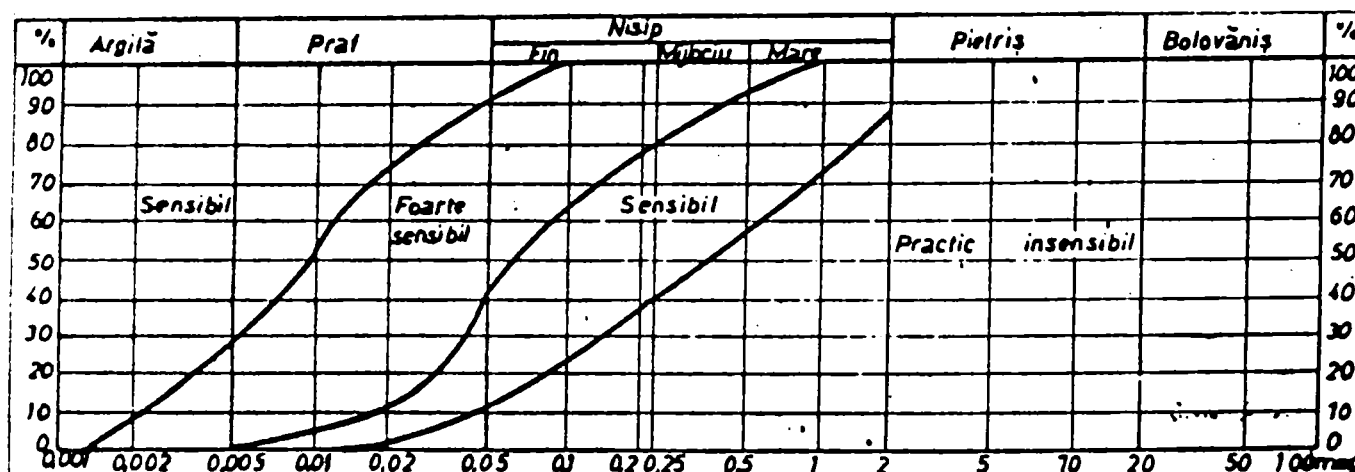


Fig.4.8. Diferențierea domeniilor de granulozitate după sensibilitatea la îngheț a pământurilor

4.2.2.2. Sistemul AASHO de clasificare a pământurilor pentru terasamente

Elementul caracteristic al sistemului de clasificare AASHO este indicele de grupă, indice care exprimă calitatea pământurilor, în special sub aspectul portanței, indiferent de grupa din care face parte. Valoarea indicelui de grupă (I_g) se determină pe baza caracteristicilor de granulozitate și de plasticitate ale pământului, folosind relația:

$$I_g = 0,2 a + 0,005 a.c. + 0,01 b.d. \quad (4.4)$$

în care: $a = P_{74} - 35$, având valori cuprinse între 0 și 40;

$b = P_{74} - 15$, având valori cuprinse între 0 și 20;

$c = w_L - 40$, având valori cuprinse între 0 și 20;

$d = I_p - 10$, având valori cuprinse între 0 și 20.

P_{74} – reprezintă cantitatea procentuală de material care trece prin sita cu diametrul ochiurilor de 74 μm , determinată din curba de granulozitate;

w_L – limita superioară de plasticitate, în procente;

I_p – indicele de plasticitate, în procente.

Cu cât valoarea indicelui de grupă este mai mică, cu atât calitatea pământului este mai bună.

Valoarea indicelui de grupă poate fi determinată și prin folosirea graficelor prezentate în fig. 4.9 a și b, procedând astfel:

- în diagrama din fig.4.9.a, se intră cu valorile lui P_{74} și w_L , rezultând mărimea $A = 0,2.a + 0,005 a.c$;
- în diagrama din fig.4.9.b, se intră cu valorile lui P_{74} și I_p , rezultând mărimea $B = 0,01.b.d$.

Având în vedere relația 4.4., rezultă:

$$I_g = A + B$$

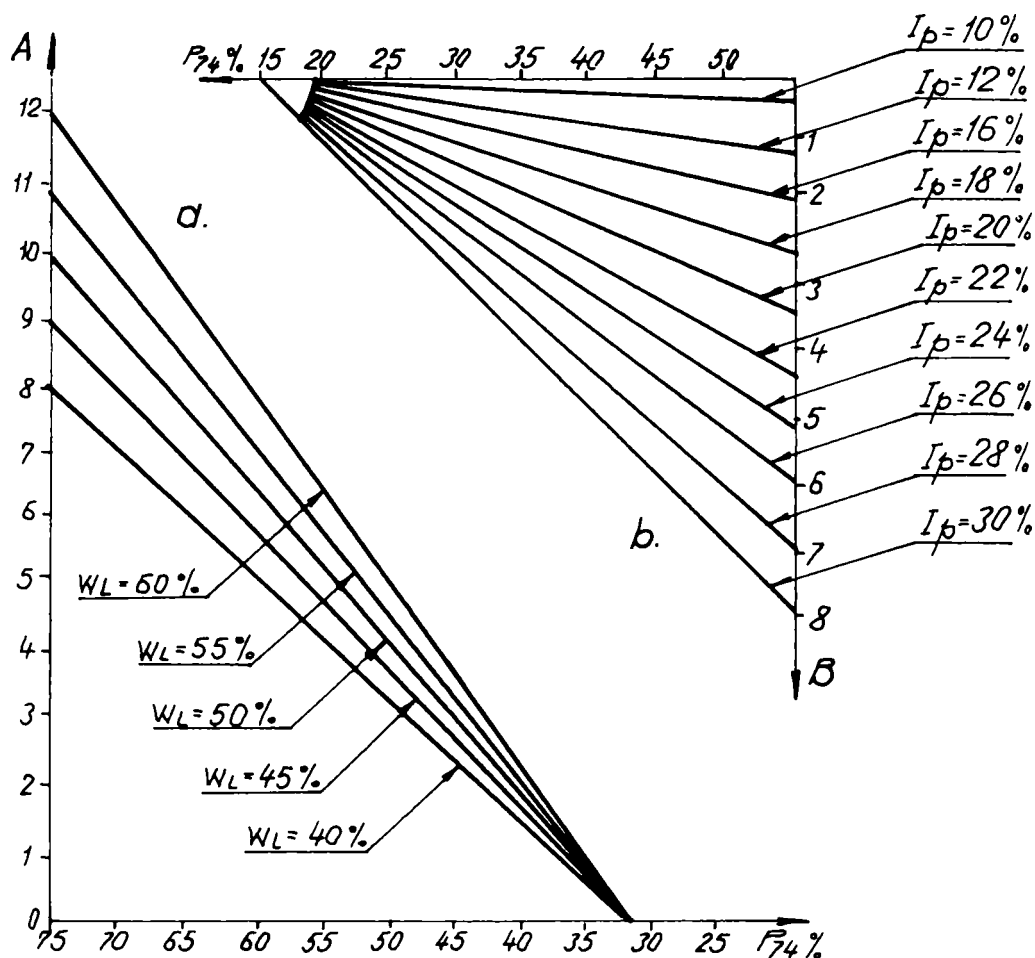


Fig.4.9. Diagramele folosite la determinarea indicelui de grupă I_g

Conform acestui sistem de clasificare, în principiu pământurile se împart în două mari categorii și anume:

- pământuri granulare, caracterizate printr-un conținut de particule fine (care trec prin sita cu ochiuri de 74 μm) mai mic sau egal cu 35 %;
- pământuri prăfoase și argiloase, la care conținutul de parte fină este mai mare de 35 %;

Aceste două mari categorii se subîmpart în mai multe grupe, respectiv A-1, A-2 și A-3 pentru pământurile granulare și A-4, A-5, A-6 și A-7, pentru pământurile prăfoase și argiloase din cea de a doua categorie.

Valoarea indicelui de grupă corespunzător unui pământ, de regulă, se adaugă în paranteză la simbolul grupei în care se încadrează pământul respectiv. De exemplu, un pământ din grupa A-6 care are valoarea indicelui de grupă $I_g = 8$, se notează astfel: A-6 (8).

4.2.2.3. Sistemul Unificat de clasificare a pământurilor

La baza Sistemului Unificat de clasificare a pământurilor stau următoarele elemente principale:

- conținutul procentual de fracțiune fină (care trece prin sita cu diametrul ochiurilor de 74 μm);
- forma curbei de granulozitate, caracterizată prin coeficientul de neuniformitate $U_n = d_{60\%}/d_{10\%}$;
- caracteristicile de plasticitate și de compresibilitate.

Într-o prima fază conform acestui sistem de clasificare, pământurile se pot împărți în trei mari categorii și anume:

- pământuri grosiere, când procentul de fracțiune fină ≤ 50 %;
- pământuri fine, când procentul de fracțiune fină > 50 %;
- pământuri având conținut bogat de materii organice (identificate de regulă pe cale vizuală).

În funcție de dimensiunea particulelor componente, Sistemul Unificat de clasificare definește următoarele patru fracțiuni:

- bolovăniș: fragmentele componente au dimensiuni > 75 mm;
- pietriș: dimensiunile fragmentelor componente sunt cuprinse între 4,75 și 75 mm;
- nisip: dimensiunile fragmentelor componente sunt cuprinse între 0,074 și 4,75 mm;
- praf și argilă: dimensiunile particulelor se situează sub 0,074 mm.

Diferențierea dintre praf și argilă se face în funcție de plasticitate, folosind dreapta lui Casagrande (vezi tabelul 4.6). Dacă prin plasticitate pământul se situează sub dreapta lui

Casagrande, acesta se poate considera ca fiind praf, iar dacă se situează deasupra, atunci este argilă.

Sistemul Unificat de clasificare evidențiază 15 grupe de pământuri, folosind pentru notarea acestora și simboluri literare derivate fie din denumirile lor, fie de la termenii din limba engleză care descriu valoarea relativă a limitei de curgere, fie caracteristica de granulozitate.

4.2.2.4. Sistemul francez de clasificare a pământurilor utilizate în rambleuri și în stratul de formă

Normele franceze NF P 11-300 [32] regroupează materialele folosite la execuția rambleurilor și a stratului de formă în trei mari categorii: pământuri (clasele A,B,C și D), materiale stâncoase (clasa R), respectiv pământuri organice și subproduse industriale (clasa F). Prezentarea schematică a acestei clasificări poate fi urmărită în tabloul sinoptic din fig.4.10.

După cum reiese și din tabelul sinoptic prezentat în fig.4.10, în afară de granulozitate, plasticitate, forma fragmentelor și criteriul geologic, sistemul francez de clasificare ia în considerare ca parametru și **valoarea albastrului de metilen (V_{BS})** [102].

Valoarea albastrului de metilen a unui pământ reprezintă cantitatea de albastru de metilen adsorbită de către particulele sale și care este în legătură directă cu suprafața specifică totală a acestora, reflectând global atât cantitativ cât și calitativ fracțiunea argiloasă din pământul respectiv.

Sub aspect cantitativ valoarea albastrului de metilen de 0,1 g /100 g de pământ, asociată cu un conținut de particule fine < 12 %, definește pământurile insensibile la apă, adică a căror condiții de utilizare nu depind de starea hidrică, iar valoarea de 0,2 g/100 g corespunde unui pământ sensibil la apă.

Clasificarea pământurilor necoezive (clasa D) și criteriile de folosire a acestora în rambleuri și în stratul de formă sunt detaliate în tabelul 4.8.

La materialele încadrate în clasa C, elementul principal de evaluare îl constituie fracțiunea granulară de 0/50 mm, corelată cu forma fragmentelor. Dacă materialul este format din fragmente colțuroase și relativ rotunde, iar fracțiunea granulară de 0/50 depășește 60...80 %, el se încadrează în clasa C_1 și comportamentul său este dat de fracțiunea sa granulară de 0/50 mm. În cazul când fracțiunea granulară de 0/50 este mai mică de 60...80 %, iar forma fragmentelor este foarte colțuroasă, materialul se situează în clasa C_2 , iar pentru evaluarea comportării, în afară de determinarea fracțiunii de 0/50 trebuie efectuate și interpretate și alte încercări (Los Angeles, micro-Deval în prezența apei).

Acest sistem de clasificare și evaluare a materialelor granulare din clasa C a fost creat în scopul caracterizării mai bune a acestora, în vederea folosirii lor în stratul de formă. Experiența

practică a arătat că în multe cazuri când aceste agregate naturale au fost folosite în strate de formă puternic solicitate de un trafic intens de șantier, fărâmițarea lor conduce la formarea unui strat superficial din particule fine sensibile la apă.

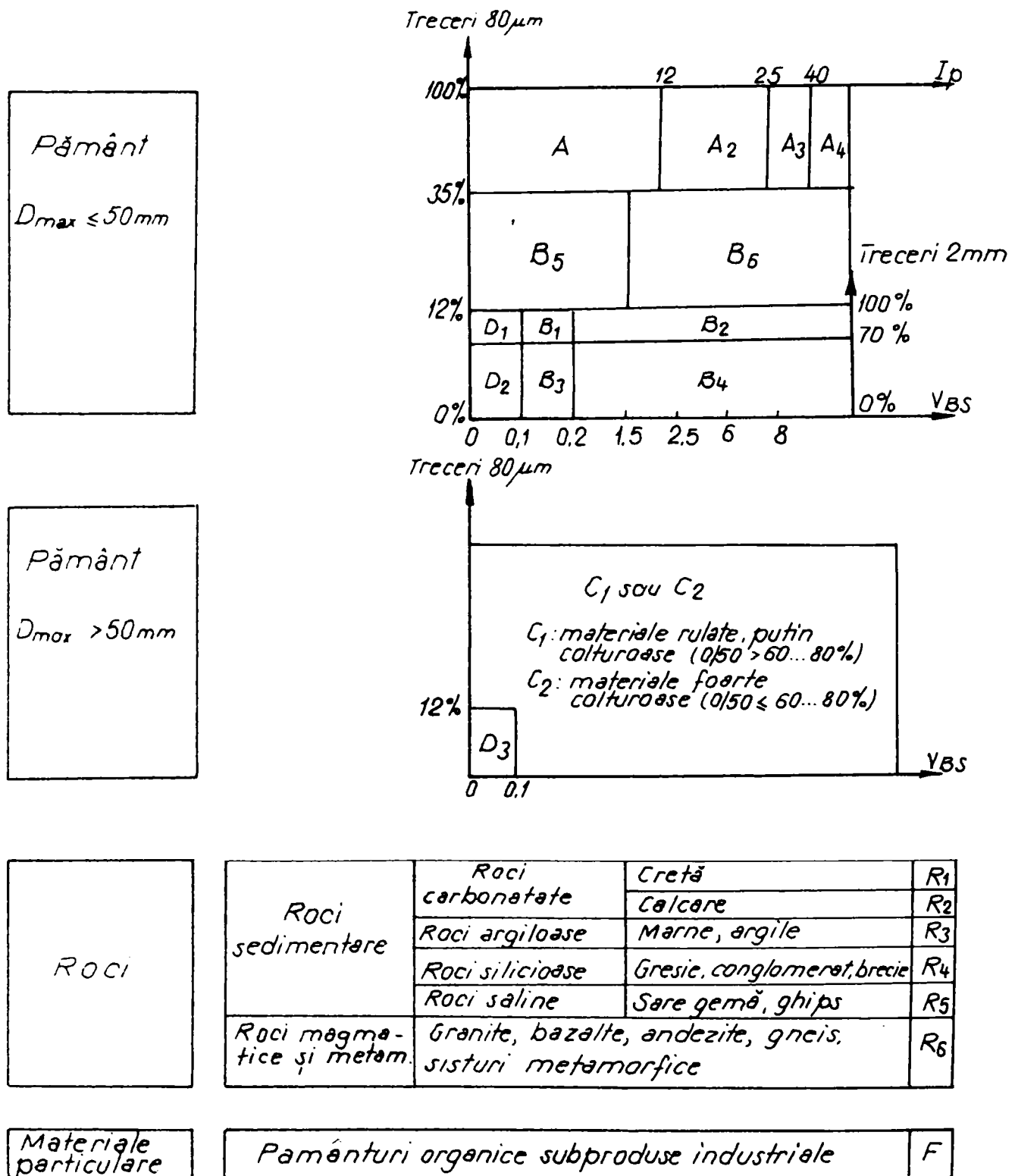


Fig.4.10. Tabloul sinoptic de clasificare a pământurilor

Materialele stâncoase încadrate după normele franceze în clasa R sunt diferențiate din punct de vedere petrologic în două subclase și anume:

Clasificarea pământurilor din clasa D după normele franceze NF P 11-300

Tabelul 4.8.

← Nivelul de clasificare necesar pentru folosire în rambleuri →		← Nivelul de clasificare necesar pentru folosire în straturi de formă →		
Clasificarea după natura pământului				
Parametrii de natură pentru nivelul 1 de clasificare	Clasa	Parametrii de natură pentru nivelul 2 de clasificare	Subclasa	
$V_{BS} \leq 0,1$ și fracțiunea de $80 \mu\text{m} \leq 12\%$	D Pământuri insensibile la apă	$D_{\max} \leq 50 \text{ mm}$ și fracțiunea de $2\text{mm} < 70\%$	D 2 Depuneri aluvionare proprii nisipurilor	
		Aceste pământuri sunt fără coeziune și permeabile După compactare ele sunt mai puțin erodabile și mai apte pentru a suporta traficul		
		Caracteristici principale		
		Valori singulare care trebuie reținute	Subclase	
		Folosirea lor în stratul de formă fără tratament cu lianți hidraulici necesită pe de altă parte cunoașterea mărimii rezistenței mecanice (L_{os} Angeles – L_A) și sau micro Deval în prezența apei (M_{DE}) sau friabilitatea nisipurilor	$L_A \leq 45$ și $M_{DE} \leq 45$ $L_A > 45$ și $M_{DE} > 45$	D ₂₁ D ₂₂

- materiale provenite din roci sedimentare cu subdiviziunii între crete, calcare, roci argilose, roci silicioase și roci saline, această subdivizare fiind indispensabilă datorită diferențelor de comportament a acestor roci în cazul utilizării lor în rambleuri și în strate de formă;
- materialele provenite din roci magmatice și metamorfice, acestea fiind grupate într-o singură subclasă datorită comportamentului asemănător, atunci când sunt utilizate în condiții identice.

Pentru a putea califica posibilul lor comportament în timpul fazelor de execuție a lucrărilor de terasamente și a identifica mai bine materialele utilizabile în stratul de formă, sistemul de clasificare francez recurge atât la încercări mecanice clasice (Los Angeles sau micro-Deval în prezența apei), cât și la încercări noi cum sunt: analiza de fragmentabilitate sub acțiunea solicitărilor mecanice și analiza de degradabilitate la acțiunea variațiilor de mediu hidric.

În categoria de materiale speciale din clasa F sunt grupate pământurile organice și subprodusele industriale, subdivizate în nouă subclase, unele dintre acestea fiind susceptibile de a fi folosite în rambleuri și strate de formă (cenuși de termocentrală, diverse zguri, inclusiv cele provenite din incinerarea resturilor menajere, fosfoghipsuri etc).

4.2.3. Lianți minerali și puzzolanici

După cum a rezultat din cele prezentate în paragraful 4.2.2., materialele care pot fi utilizate în stratul de formă trebuie să îndeplinească o serie de condiții: insensibilitate la apă, adică după ce sunt puse în operă capacitatea lor portantă nu trebuie să fie influențată de variația stărilor hidrice, rezistență la solicitările mecanice provocate de traficul intens și greu de șantier, granulozitate care să permită nivelarea cerută la nivelul patului drumului și o compactare corespunzătoare, insensibilitate la îngheț, lipsa activității (umflare-contrație) etc.

Ținând seama de aceste criterii se poate sublinia că relativ puține materiale pot, în starea lor naturală, să fie folosite pentru realizarea stratului de formă, dar că multe dintre ele pot îndeplini criteriile necesare utilizării în stratul de formă, după ce li se aduc unele îmbunătățiri prin stabilizarea lor cu lianți minerali.

Principalii lianți minerali folosiți la stabilizarea pământurilor pentru realizarea stratului de formă sunt: varul, cimentul, zgura granulată de furnal și cenușa de termocentrală.

4.2.3.1. Varul

Varul este un important liant nehidraulic utilizat pe scară largă și în sectorul rutier. Se obține prin arderea la temperaturi de +700...+800 ° C a pietrei de calcar cu un conținut de minim

95 % Ca CO₃ în cuptoare special amenajate. Uneori, la piatra de calcar se mai adaugă și alte substanțe care duc la diferite categorii de varuri rezultate prin ardere.

Varul se comercializează sub formă de var bulgări pentru construcții, var nehidratat (nestins) măcinat, var hidratat în pulbere și var-pastă.

La lucrări de stabilizare a pământurilor se preferă folosirea în special a varului nehidratat măcinat, care permite o bună amestecare cu pământul, având influență deosebit de favorabilă asupra acestuia. Varul nestins sub formă de bulgări, cu dozaj în exces, este indicat a se folosi la stabilizări de pământuri cu umiditate ridicată (supraumezite), iar varul sub formă de pastă, tot cu dozaj în exces, pentru stabilizări de pământuri cu umiditate foarte redusă (practic uscate).

Varul hidratat în pulbere și cel în pastă se folosesc în special ca liant în mortarele de zidărie și de tencuieli, eficiența lor la stabilizarea pământurilor fiind mai redusă.

4.2.3.2. Cimentul

Cimentul este un produs rezultat în urma măcinării fine a clincherului de ciment Portland, cu diferite adaosuri. Clincherul Portland rezultă prin arderea unui amestec de materii prime (făină sau pastă) în proporții bine stabilite, conținând oxid de calciu, dioxid de siliciu, trioxid de aluminiu și cantități mici de alte materiale.

Principalele caracteristici ale cimentului care interesează și la lucrări de stabilizare a pământurilor sunt: priza, finețea de măcinare și rezistențele mecanice.

La toate categoriile de cimenturi, priza nu trebuie să înceapă mai devreme de o oră și nici să se termine mai târziu de 10 ore. La lucrări de stabilizare a pământurilor, în general, este bine să se folosească cimenturi cu priză mai lentă (până la 2 ore), pentru a exista suficient timp destinat punerii în operă a amestecului de pământ cu ciment.

Toate cimenturile folosite la stabilizarea pământurilor trebuie să fie foarte fin măcinate. Acest lucru este necesar pentru ca ele să poată umple cât mai bine interspațiile dintre particulele de pământ și pentru a asigura rezistențe mecanice cât mai mari pământului stabilizat, prin folosirea cât mai completă a calităților puzzolanici pe care le au.

Studiile și cercetările întreprinse în unele țări ca S.U.A., Franța ș.a., au condus la concluzia că pentru stabilizarea pământurilor este indicat să se folosească diverse tipuri de cimenturi, obținute din ciment portland și diferite adaosuri de filer de calcar, cenușă de termocentrală sau zgură granulată de furnal. La noi în țară, conform standardului SR 1500-1995, care este în concordanță cu Prestandardul European ENV 197-1/1992, aceste cimenturi sunt denumite "cimenturi portland compozite uzuale". Elementele componente ale cimenturilor compozite uzuale de tip II, III, IV și V sunt prezentate în tabelul 4.9.

Cimenturi compozite uzuale

Tabelul 4.9.

Tip	Denumire	Simbol	Compoziție nucleu							
			Clincher, K	Zgura granulată de fumal, S	Puzzolană P		Industrială, Q	Cenușa de termocentrală, V	Calcar, L	Consist. su- plimentari minori
II	Ciment portland cu zgură	II/A-S	80-94	60-20	-	-	-	-	-	0-5
		II/B-S	65-79	21+35	-	-	-	-	-	0-5
	Ciment portland cu cenușă	II/A-V	80-94	-	-	-	6-20	-	-	0-5
	Ciment portland u puzzolană naturală	II/A-P	80-94	-	6-20	-	-	-	-	0-5
		II/B-P	65-79	-	21-35	-	-	-	-	0-5
	Ciment portland cu calcar	II/A-L	80-94	-	-	-	-	-	6-20	0-5
Ciment portland mpozit	II/B-L	65-79	-	-	-	-	-	21-35	0-5	
	II/A-M	80-94	← 6 - 20 →							
	II/B-M	65-79	← 21 - 35 →							
III	Cimenturi de fumal	III/A	35-64	36-65	-	-	-	-	-	0-5
		IV/A	65-89	-	← 11 - 35 →		-	-	-	0-5
V	Cimenturi compozite	40-64	-	-	← 18 - 30 →		-	-	0-5	

În afară de folosirea sa la stabilizarea pământurilor și a altor agregate naturale, utilizate în stratul de formă, de fundație și de bază a stucturilor rutiere, cimentul se folosește la o varietate mare de alte lucrări importante de drumuri cum sunt: îmbrăcămințile rutiere din beton de ciment, diverse lucrări accesorii ale drumului (benzi de încadrare, rigole, șanțuri, borduri, parapete etc) sau diferite lucrări de artă (poduri, viaducte, tuneluri, podețe, ziduri de sprijin etc).

4.2.3.3. Zgura granulată de furnal

Zgura de furnal este un amestec de silicați și aluminosilicați, rezultată din combinarea constituenților din ganga minereurilor de fier, cu calcarul sau alte materiale adăugate ca fondanți, la elaborarea fontei de furnal.

Zgura granulată se obține prin răcirea rapidă cu apă a zgurii topite, după evacuarea acesteia din furnal.

Sub aspect chimic zgura granulată de furnal trebuie să îndeplinească condițiile impuse de respectarea următorilor parametri și indici: modulul de compoziție M_C , modulul de alumină M_A , indicele de calitate I_C , indicele de bazicitate I_B și modulul de bazicitate M_B .

Modulul de compoziție M_C se exprimă prin raportarea sumei conținuturilor de oxizi de calciu, magneziu și aluminiu la conținutul de bioxid de siliciu:

$$M_C = \frac{\%CaO + \%MgO + \%Al_2O_3}{\%SiO_2} \geq 1 \quad (4.5)$$

Modulul de alumină M_A este definit prin raportul dintre conținutul de trioxid de aluminiu și cel de bioxid de siliciu:

$$M_A = \frac{\%Al_2O_3}{\%SiO_2} \geq 0,18 \quad (4.6)$$

Indicele de calitate I_C este definit de relația:

$$I_C = \frac{\%CaO + \%CaS + 1/2\%MgO + \%Al_2O_3}{\%SiO_2 + \%MnO} \geq 1,3 \quad (4.7)$$

în care [% CaS] reprezintă conținutul total de sulf, exprimat ca sulfură de calciu, [% CMnO] este conținutul de oxid de mangan, iar ceilalți componenți au fost precizați anterior.

Indicele de bazicitate I_B reprezintă raportul dintre conținutul de oxid de calciu și cel de bioxid de siliciu, iar modulul de bazicitate M_B se definește prin raportarea sumei conținuturilor

de oxid de calciu și de magneziu, la suma conținuturilor de bioxid de siliciu și trioxid de aluminiu:

$$I_B = \frac{\%CaO}{\%SiO_2} \geq 1,10 \quad (4.8)$$

$$M_B = \frac{\%CaO + MgO}{\%SiO_2 + \%Al_2O_3} \quad (4.9)$$

Cu cât conținutul de oxid de calciu este mai ridicat, cu atât bazicitatea zgurii este mai pronunțată, iar activitatea hidraulică este mai bună.

Compoziția chimică a zgurii de furnal variază mult, ea fiind influențată de minereul și calcarul folosit ca fondant, dar și de calitatea cerută fontei în special în ceea ce privește oxizii metalici. Pentru exemplificare, în tabelul 4.10 este dată compoziția chimică ale zgurilor granulate de Hunedoara și de Reșița, determinată în urma unor studii efectuate în cadrul Departamentului I.G.C.C.T. de la Facultatea de Construcții și Arhitectură din Timișoara [34], [36], iar în tabelul 4.11 sunt prezentate unele caracteristici fizice ale acestora.

Compoziția chimică ale zgurilor granulate de Hunedoara și Reșița

Tabelul 4.10

Nr. crt.	Compuși chimici	U.M.	Zgură granulată de Hunedoara	Zgură granulată de Reșița
1	Oxid de calciu – CaO	%	47,4	49,9
2	Bioxid de siliciu – Si ₁ O ₂	%	35,6	36,9
3	Oxid de mangan – MgO	%	4,8	3,4
4	Trioxid de aluminiu – Al ₂ O ₃	%	10,5	8,6
5	Trioxid de fier – Fe ₂ O ₃	%	0,8	0,5
6	Sulf – S	%	Urme	Urme

Caracteristici fizice ale zgurilor granulate de Hunedoara și Reșița

Tabelul 4.11

Nr. crt.	Caracteristici	U.M.	Zgură granulată de Hunedoara	Zgură granulată de Reșița
1	Densitatea scheletului mineral	%	2,82	2,84
2	Densitatea în stare uscată	%	1,56	1,57
3	Echivalentul de nisip	%	92	94
4	Umiditatea optimă de compactare	%	4,5	4,5
5	Indicele de bazicitate	-	1,33	1,35
		-	1,13	1,17

După cum se poate observa în compoziția chimică atât a zgurii de Hunedoara cât și a celei de Reșița predomină oxidul de calciu și bioxidul de siliciu, ambele având indicele de bazicitate peste 1.3.

Zgura granulată de furnal se utilizează la stabilizarea materialelor locale folosite în straturi de formă, de fundație și de bază, precum și la prepararea mixturilor asfaltice, prepararea betoanelor de ciment rutiere sau ca înlocuitor parțial al nisipului. Se livrează în vrac și se transportă în vagoane deschise.

4.2.3.4. Cenușa de termocentrală

Cenușile de termocentrală sunt puzzolane artificiale rezultate în urma arderii în suspensie de aer a cărbunilor fin măcinați.

În literatura de specialitate sunt multe criterii de clasificare a cenușilor de termocentrală [84], [120]. Un criteriu frecvent folosit în practică este cel al vârstei geologice a cărbunilor supuși arderii, după care se deosebesc **cenuși de huilă** (provenite din arderea huilei și a cărbunilor bruni) și **cenuși de lignit** (provenite din arderea lignitului).

Cenușile de huilă sunt în majoritatea lor silicoaluminoase și prezintă proprietăți puzzolanice, în amestec cu apa și în prezența varului și cimentului fiind liante. Aspectul și culoarea cenușei de huilă sunt asemănătoare cu cele ale cimentului Portland.

Cenușile de lignit sunt, în general, sulfocalcice, prezentând de asemenea, proprietăți puzzolanice în amestec cu apa mai ales în prezența cimentului și a varului. Culoarea cenușilor de lignit este mai închisă decât a celor provenite din arderea huilei.

După modul de captare și de evacuare se deosebesc următoarele tipuri de cenuși de termocentrală:

- **cenușă și zgură de focar**, care reprezintă 10...15 % din totalul sterilului ars și sunt captate chiar în zona de ardere a cărbunilor, la baza focarului, având o granulozitate grosieră;
- **cenușă de haldă**, este cea captată și evacuată hidraulic în haldă, având granulozitate fină și fiind antrenată de gazele produselor arse;
- **cenușă uscată** are granulozitate fină, fiind antrenată de gazele de ardere și captată în mecano-filtre și electro-filtre, iar după captare este depozitată în silozuri; este sortimentul cel mai valoros și cu cele mai mari posibilități de valorificare superioară.

Granulozitatea cenușilor uscate de termocentrală este relativ apropiată de cea a pământurilor prăfoase, fracțiunea sub 0,05 variind între 60 % și 75 %.

Forma granulelor de cenușă de termocentrală depinde de felul cărbunelui supus arderii. Astfel, la cenușile provenite din arderea huilei și a cărbunilor bruni predomină forma rotundă, aproape sferică, iar la cele provenite din arderea lignitului, este caracteristică forma neregulată.

Forma granulelor și natura suprafeței lor pot exercita o influență însemnată asupra proprietăților cenușilor, determinând variația suprafeței specifice, a cantității de apă de

amestecare pentru o pastă de consistență normală, a unghiului de frecare interioară, precum și a caracteristicilor lor de compactare. De asemenea, fluiditatea cenușilor în stare uscată și vâscozitatea suspensiilor sunt dependente tot de forma granulelor și natura suprafeței lor.

Sub aspect chimic, în compoziția cenușilor de termocentrală ponderea o dețin următorii compuși oxidici: bioxidul de siliciu (SiO_2), trioxidul de aluminiu (Al_2O_3), trioxidul de fier (Fe_2O_3), oxidul de calciu (CaO) și oxidul de magneziu (MgO).

Datele prezentate în tabelul 4.12, dintre care unele au fost obținute în urma analizelor efectuate în cadrul Departamentului IGCCT de la Facultatea de Construcții și Arhitectură din Timișoara [36], confirmă ponderea bioxidului de siliciu și trioxidului de aluminiu în compoziția chimică a cenușilor de la diverse termocentrale din țara noastră, precum și diferențele relativ mici de la o termocentrală la alta, în ceea ce privește compoziția chimică a cenușilor.

Compoziția chimică a unor cenuși de termocentrală din România

Tabelul 4.12.

Compuși chimici	U.M	Cenușă de termocentrală							
		Mintia	Timișoara	Arad	Zalău	Paroșeni	Ișalnița	Turceni	Rogojelu
SiO_2	%	49,94	49,11	51,84	35,15	49,22	48,31	45,20	49,22
Al_2O_3	%	26,64	23,16	19,46	30,12	27,35	21,23	22,62	23,26
Fe_2O_3	%	10,47	10,12	11,42	10,25	10,09	9,67	9,25	8,83
CaO	%	5,16	7,11	4,31	5,08	4,34	10,04	8,82	8,06
MgO	%	1,37	1,76	1,99	1,89	1,87	2,73	2,43	2,10
Alți compuși	%	6,42	8,74	10,98	18,49	7,13	8,02	11,68	8,53

Din punct de vedere mineralogic, la cenușile de termocentrală faza cristalină reprezintă 12...24 %, iar faza vitroasă amorfă, 66...68 %. Preponderența fazei vitroase este determinată de conținutul de topituri parțiale, care prin răcire rapidă se solidifică fără cristalizare, rămânând în stadiul de germeni micro și criptocristalini. În tabelul 4.13 este prezentată compoziția mineralogică a fazei cristaline pentru unele cenuși de termocentrală, determinată prin analize difractometrice cu raze X în cadrul Departamentului IGCCT.

Compoziția mineralogică a unor cenuși din România

Tabelul 4.13.

Tip cenușă	Compoziția mineralogică [%]				Faza vitroasă [%]
	Cuarț	Mulit	Hematit	Magnetit	
Ișalnița	10...16	2...4	2...12	2...13	50...90
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

Activitatea puzzolanică a cenușilor de termocentrală reprezintă aptitudinea acestora de a fixa varul la temperatură obișnuită, în urma reacțiilor chimice formându-se compuși noi (hidrosilicați și hidroalumiinați de calciu) care au proprietăți liante și caracter hidraulic.

Activitatea puzzolanică a cenușilor de termocentrală este dependentă de compoziția și finețea lor, fiind influențată favorabil de: conținutul de compuși reactivi (silice și alumină), suprafața specifică cât mai mare, prezența de substanțe vitroase în proporție cât mai ridicată.

Ca și la zgură, pentru evaluarea activității hidraulice a cenușii de termocentrală se determină următorii indici: indicele de calitate, indicele de bazicitate și indicele de activitate.

Indicele de activitate I_a se definește prin relația (4.10) funcție de compoziții activi și inactivi din cenușă:

$$I_a = \frac{\%CaO + \%MgO + \%SiO_{2sol} + R_2O_{3sol}}{(\%SiO_{2t} - \%SiO_{2sol}) + (\%R_2O_{3t} - \%R_2O_{3sol})} \quad (4.10)$$

unde:

- SiO_{2t} , SiO_{2sol} reprezintă silicea totală și cea solubilă din cenușă într-o soluție saturată de $Ca(OH)_2$;
- R_2O_{3t} , $R_2O_3 sol$ reprezintă suma ($Al_2O_3 + Fe_2O_3$) totală și respectiv solubilă.

În unele studii și cercetări efectuate în cadrul Departamentului IGCCT [34] a fost definit indicele de activitate puzzolanică ca un raport între rezistențele la compresiune a epruvetelor cilindrice preparate în anumite condiții, conform următoarei relații:

$$I_{ap} = \frac{A - B}{B} \quad (4.11)$$

în care:

- A este rezistența la compresiune la 7 (28) zile, determinată pe epruvete cilindrice preparate din cenușă de termocentrală în proporție de 90 % și ciment sau var 10 %;
- B este rezistența la compresiune la 7 (28) zile, determinată pe epruvete cilindrice preparate din nisip în proporție de 90 % și ciment sau var 10 %.

În funcție de valoarea indicelui I_{ap} , cenușile de termocentrală se pot clasifica conform tabelului 4.14.

Clasificarea cenușilor după valoarea indicelui I_{ap}

Tabelul 4.14.

Valoarea indicelui I_{ap}	Categoria de cenușă
$I_{ap} \leq 0$	Cenușă nepuzzolanică
$0 < I_{ap} \leq 0,5$	Cenușă slab puzzolanică
$0,5 < I_{ap} \leq 1,0$	Cenușă mediu puzzolanică
$1,0 < I_{ap} \leq 1,5$	Cenușă puzzolanică
$I_{ap} > 1,5$	Cenușă foarte puzzolanică

Folosirea geotextilelor în tehnica rutieră

Tabelul 4.15

Natura sollicitării principale	Direcția de acțiune a sollicitării	Rolul principal îndeplinit de geotextil	Principalele proprietăți pe care trebuie să le posede geotextilul	Exemple de aplicare
Hidraulică	Paralelă cu planul geotextilului	Drenare (geotextilul conduce apa în planul său)	Permeabilitate ridicată	Lucrări de drenare a masivelor de pământ
	Perpendiculară pe planul geotextilului	Ecran de protecție (geotextilul împiedică trecerea apei prin el sub presiuni reduse și lasă să treacă sub presiuni ridicate)	Permeabilitate la presiuni ridicate și impermeabilitate la presiuni reduse Textură densă	Protejarea suprafeței taluzurilor
Mecanică	Perpendiculară pe planul geotextilului	Filtru (geotextilul lasă să treacă apa și reține particulele solide de pământ)	Permeabilitate ridicată Textură densă	Protecția umpluturii drenurilor împotriva colmatării
		Anticontaminant (geotextilul separă un strat de pământ fin de altul grosier)	Rezistență mare la întindere Textură densă	Straturi de formă
	Paralelă cu planul geotextilului	Izolator mecanic (geotextilul separă două straturi alcătuite din materiale cu deformații diferite)	Aderență slabă Deformabilitate mare Rezistență mare la întindere	La structurile rutiere pentru împiedicarea transmiterii fisurilor
	Paralelă cu planul geotextilului	Armătură (geotextilul preia eforturile axiale de întindere pe care pământul nu le poate prelua)	Rezistență mare la întindere Aderență și frecare mari	Rambleuri din pământ armat și straturi rutiere armate

Indicele de activitate puzzolanică pentru cenușile de termocentrală din zona de sud-vest a țării a rezultat cu valori cuprinse între 0,70 și 3,50, ceea ce corespunde unei activități puzzolanice de la medie la foarte mare.

4.2.4. Geotextile și geogriile

După cum se poate vedea și în tabelul 4.15, geotextilele au o sferă largă de aplicabilitate în tehnica rutieră, atât la execuția terasamentelor cât și a structurilor rutiere propriu-zise [58], [113].

În cazul stratului de formă rolul principal al geotextilului este de a preîntâmpina contaminarea materialului granular din stratul de formă cu pământ din terenul de fundare de natură argiloasă. În afara rolului de protecție și de filtru, uneori geotextilul de la baza stratului de formă poate avea și rol de armătură și de dren.

În ultimul timp în tehnica rutieră, mai ales în cazul când geotextilele sunt folosite cu rol de rezistență (de armătură), locul lor a fost luat de geogriile, care se caracterizează printr-o mare rezistență la întindere și o foarte bună conlucrare cu materialele în care sunt înserate (pământ, umpluturi din materiale granulare, strate rutiere etc).

Cel mai mult utilizate, atât pe plan mondial cât și național, sunt geogriile TENSAR, executate din polimeri de înaltă rezistență de către compania particulară engleză Netlon Limited. Geogriile TENSOR s-au folosit și se folosesc cu foarte bune rezultate la o gamă largă de lucrări aferente domeniului rutier, cum sunt: armarea taluzurilor și rambleurilor, armarea construcțiilor de sprijin din pământ, armarea stratului de formă, armarea îmbrăcăminților bituminoase etc.

4.3. Soluții și tehnologii de realizare a stratului de formă

4.3.1. Strat de formă realizat din materiale necoezive

Materialele necoezive sau granulare din care se poate realiza stratul de formă sunt:

- pământuri necoezive cu granulozitate grosieră și medie (pietriș, nisip cu pietriș, nisip mare, mijlociu sau fin);
- zgură brută de furnal;
- deșeuri de carieră.

În toate cazurile se realizează stabilizarea mecanică prin compactarea materialelor folosite în stratul de formă. La realizarea stratului de formă se folosesc aceleași categorii de pământuri necoezive, ca și la celelalte lucrări de terasamente (vezi tabelul 4.5 și 4.6).

În cazul folosirii pământurilor necoezive cu fracțiune fină foarte redusă caracteristicile de compactare (densitatea în stare uscată și umiditatea optimă de compactare) se determină prin încercarea Proctor modificată și sunt corespunzătoare domeniului umed al curbei Proctor.

Stratul de formă realizat din pământuri necoezive trebuie compactat până la obținerea unui grad de compactare de minim 98 %, în raport cu densitatea în stare uscată maximă determinată prin încercarea Proctor, în cel puțin 95 % din punctele de măsurare și minim 95 %, în toate punctele de măsurare.

Execuția stratului de formă din zgura brută de furnal necesită efectuarea următoarelor operații:

- sortarea zgurii în haldă cu îndepărtarea fragmentelor mai mari de 100 mm și a diferitelor corpuri străine;
- așternerea zgurii brute cu ajutorul lamei autogrederului;
- compactarea stratului de formă cu un utilaj de compactare, parametrii compactării și utilajul stabilindu-se prin încercări experimentale de șantier efectuate înainte de începerea execuției.

Principalele condiții de calitate pe care trebuie să le îndeplinescă zgura brută de furnal pentru a putea fi folosită la realizarea stratului de formă sunt:

- dimensiunea maximă a granulelor să nu depășească 100 mm;
- conținutul procentual de zgură poroasă cu structură puternic alveolară să fie de maxim 65 %;
- densitatea în grămadă în stare uscată, afănată să fie minim 1,50 g/cm³;
- aspectul să se caracterizeze prin culoare albicioasă-cenușie până la cenușiu închis.

Se menționează că prin compactare fragmentele de zgură poroasă se sfarmă, partea mai fină rezultată umplând golurile dintre fragmentele mai mari și asigurând astfel o mai bună compactitate a stratului de formă.

Este necesar ca după compactare stratul de formă realizat din zgură brută de furnal să fie lăsat sub circulație o perioadă de minim o săptămână, după care se face remedierea eventualelor denivelări (prin completare sau îndepărtare de materiale și recompactare) și apoi poate începe execuția straturilor din structura rutieră.

În cazul când stratul de formă se realizează din deșeuri de carieră, tehnologia de execuție cuprinde următoarele operații:

- așternerea la profil a materialului și adăugarea apei necesare realizării umidității optime de compactare;
- compactarea stratului la parametrii necesari cu un utilaj de compactare, stabilit tot pe bază de încercări experimentale de șantier, realizate înainte de începerea execuției propriu-zise.

Pentru a putea fi folosite la realizarea stratului de formă, deșeurile de carieră trebuie să aibă o granulozitate cât mai continuă, iar dimensiunea maximă a fragmentelor să nu fie mai mare

de 100 mm. De asemenea, rezistența la sfărâmare prin compresiune pe piatra spartă în stare uscată să fie minim 60 %, coeficientul de calitate, minim 7, iar coeficientul de gelivitate pe piatra spartă maxim 3 %.

La stratul de formă din zgură brută de furnal și din deșeuri de carieră, compactarea se consideră terminată atunci când utilajul de compactare cel mai greu folosit nu mai lasă urme pe suprafața stratului.

În cazul modernizării unor drumuri pietruite, stratul de formă poate fi alcătuit din însăși pietruirea existentă, dacă aceasta are grosimea de minim 10 cm și se extinde pe toată lățimea patului drumului sau dacă prin scarificare și reprofilare pe toată lățimea patului drumului rezultă o grosime de minim 10 cm.

Există numeroase situații când pietrișurile și nisipurile au granulozitate relativ uniformă, fiind mai sărace sau chiar lipsite de fracțiune fină. Capacitatea de îndesare a unor astfel de pământuri necoezive este mai redusă, în consecință ele au un volum de goluri mai mare, fapt care influențează nefavorabil atât capacitatea portantă cât și comportarea la acțiunea apei. Adăugând cenușă de termocentrală se corectează granulozitatea acestor materiale, în sensul creșterii gradului de neuniformitate, obținându-se în urma compactării un strat de formă cu o stare de îndesare mai bună și evident cu o capacitate portantă sporită.

Ameliorarea granulozității prin adaos de cenușă de termocentrală uscată sau de haldă se poate aplica și la alte materiale granulare utilizate la realizarea stratului de formă cum sunt: materiale rezultate din pietruiri existente, pietrișuri concasate, deșeuri de carieră.

Tehnologia de execuție a stratului de formă din materiale granulare ameliorate cu cenușă de termocentrală cuprinde în principal următoarele operații:

- așternerea pe patul drumului a materialelor componente în grosime corespunzătoare;
- amestecarea “uscată” a materialelor granulare și a cenușii de termocentrală, până la omogenizare;
- nivelarea stratului în grosime uniformă;
- umezirea amestecului prin stropire cu apă, până la realizarea umidității optime de compactare;
- amestecarea “umedă” a materialelor componente până la omogenizare;
- reprofilarea și nivelarea stratului de formă;
- compactarea materialului granular ameliorat cu cenușă de termocentrală cu parametrii de compactare stabiliți prin încercarea Proctor.

Proporția dintre materialele componente se stabilește prin încercări experimentale succesive, amestecul optim corespunzând densității aparente în stare uscată maxime și porozității minime.

Operațiile de așternere și amestecare a materialelor în strat se pot executa cu autogredere, grape cu discuri și freze rutiere, iar compactarea se realizează prin cilindrare cu ajutorul compactoarelor cu pneuri sau cu rulouri netede vibrante.

Stratul de formă, dar mai ales unele din stratele structurii rutiere (de fundație, de bază) pot fi realizate și din materiale necoezive stabilizate cu diverși lianți minerali și puzzolanici (ciment, ciment și cenușă de termocentrală, zgură granulată și var) [15], [36].

4.3.2. Strat de formă realizat din pământ tratat cu var

Stabilizarea prin tratare cu var este eficientă în cazul pământurilor care conțin fracțiune argiloasă. Prin tratare cu var se produc modificări în structura pământurilor argiloase, atât datorită schimbului de baze care au loc, cât și datorită reacțiilor dintre var și mineralele argiloase.

În urma schimbului de baze, cationii de sodiu, potasiu și hidrogen din complexul de adsorbție a particulelor de argilă sunt înlocuiți cu cationi de calciu, reducându-se astfel activitatea de suprafață a particulelor argiloase. Această modificare conduce la diminuarea plasticității și a compresibilității pământului stabilizat, reducându-se și umiditatea.

Reacțiile de tip puzzolanic ale silicei și aluminei, pe care le conțin pământurile argiloase, cu varul, conduc la formarea de hidrosilicați și hidroaluminați, compuși de cimentare insolubili în apă și dispersați în masa amestecului.

Determinând creșterea pH-ului, prezența varului are acțiune solubilizată asupra silicei cu care se combină în soluție și dă naștere unei noi formațiuni gelice de hidrosilicați de calciu. Acești compuși noi constituie liantul care în timp se întărește și cristalizează legând particulele de pământ.

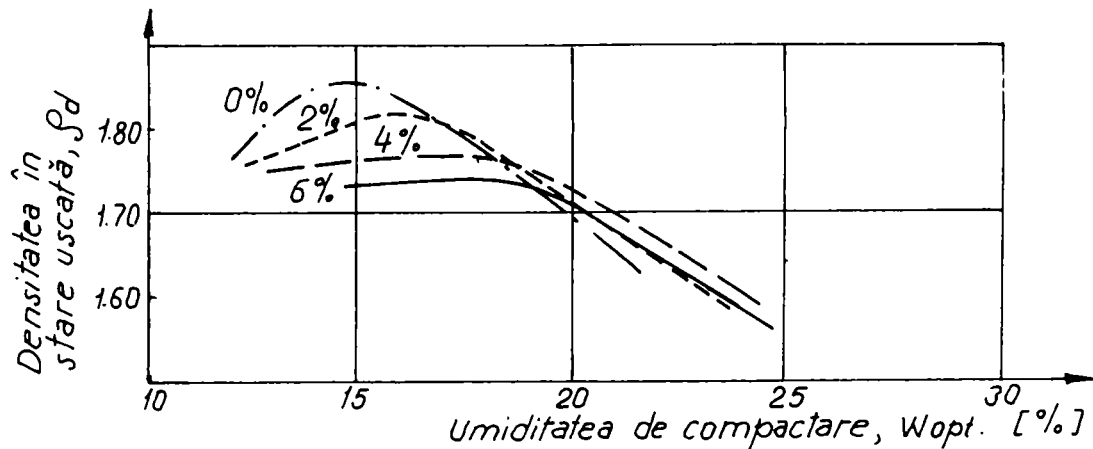
Modificările chimice și de structură care au loc datorită tratării cu var sunt însoțite de îmbunătățirea proprietăților fizice și mecanice ale pământurilor. Astfel, indicele de plasticitate al pământurilor argiloase scade pe termen scurt după tratarea cu var, reducerea având loc, mai ales pe seama creșterii limitei inferioare de plasticitate (limitei de frământare). Prin creșterea limitei de frământare sporește extinderea domeniului stării tari (solide) a pământului. Această modificare permite circulația utilajelor de șantier pe stratul de pământ stabilizat prin tratare cu var, chiar și în condiții de umiditate ridicată, dar inferioară noii limite de frământare.

După cum rezultă și din diagramele prezentate în fig.4.11, la stabilizarea pământurilor prin tratare cu var are loc o scădere a densității în stare uscată și o creștere a umidității optime de compactare [83]. Aceste modificări conduc la creșterea compactibilității pământului tratat cu var, fapt important dacă se are în vedere că de cele mai multe ori umiditatea naturală a pământurilor înglobate în terasamente este superioară umidității optime de compactare. Analizând diagramele din fig.4.11, se observă că descreșterea densității maxime în stare uscată pe măsura creșterii

umidității optime de compactare este aproape liniară. S-a constatat că peste o anumită limită a dozajului de var, scăderea densității maxime în stare uscată încetează.

Stabilizarea pământurilor prin tratare cu var are ca efect și reducerea contracției la uscare și a umflării la umezire, precum și creșterea rezistenței la îngheț.

Reducerea contracției și umflării se manifestă atât pe termen scurt, când are loc schimbul ionic, cât și pe termen lung, când se formează compușii de cimentare.



	W	ρ_d
<i>Pământ prăfos natural</i>	14.5	1.85
<i>Pământ prăfos stabilizat cu 2% var</i>	16	1.82
<i>Pământ prăfos stabilizat cu 4% var</i>	17.5	1.77
<i>Pământ prăfos stabilizat cu 6% var</i>	18.5	1.74

Fig.4.11. Curbele de compactare determinate pe un pământ prăfos natural și stabilizat prin tratare cu 2...6 % var.

În privința comportării la acțiunea înghețului repetat, s-a constatat că varul manifestă o influență favorabilă pe măsura maturizării amestecului, adică pe termen lung, pe termen scurt această influență fiind nesemnificativă.

Capacitatea portantă a pământurilor stabilizate prin tratare cu var crește atât pe termen scurt, când creșterile sunt mai mici, cât și pe termen lung când au loc creșteri importante; spre exemplu, la un pământ nestabilizat a cărui indice CBR a fost de 1...3, după stabilizare cu var s-au obținut valori CBR de 10...15, la interval de 2...3 zile și 20...40 la vârsta de 4...6 ani.

Rezistența la compresiune a pământurilor stabilizate prin tratare cu var variază în timp, atât cu dozajul de var cât și cu umiditatea. În general, rezistența la compresiune a unui pământ stabilizat cu var crește în timp cu dozajul și cu umiditatea amestecului. Pentru același dozaj de var, influența modificărilor care se produc datorită stabilizării, asupra rezistenței la forfecare este funcție de conținutul de fracțiune argiloasă. Astfel, în cazul pământurilor mai bogate în fracțiune

fină, unghiul de frecare interioară înregistrează creșteri mai însemnate, în comparație cu cele a căror conținut de fracțiune argiloasă este mai redus.

În scopul accelerării reacțiilor dintre var și argilă, respectiv al reducerii duratei de întărire a pământurilor stabilizate prin tratare cu var, se pot adăuga diverși aditivi sodici, care determinând creșterea pH-ului, grăbesc procesul de solubizare a silicei. S-a constatat prin încercări experimentale, că prin adaos de 1...2 % clorură de sodiu, raportat la masa pământului în stare uscată, s-a obținut o accelerare semnificativă a creșterii rezistențelor mecanice.

După cum rezultă și din cele prezentate, dozajul optim de var este determinat în afară de natura pământului și de umiditatea sa.

În tabelul 4.16 sunt date după STAS 12253-84, dozajele de var recomandate pentru stabilizarea pământurilor în stratul de formă.

Dozaje de var

Tabelul 4.16.

Nr. crt.	Denumirea pământurilor STAS 1243-83	Umiditate	Dozajul, în % din masă, raportat la masa uscată a pământului		
			Var bulgări	Var nehidratat, măcinat	Var hidratat, în pulbere
1	Pământuri foarte coezive și coezive	de la $w_{opt} + 4...7\%$ până la $w_{opt} + 12...15\%$	4	4	-
		sub $w_{opt} + 4...7\%$	3	3	4
2	Pământuri slab coezive	de la $w_{opt} + 4...7\%$ până la $w_{opt} + 12...15\%$	3	3	-
		sub $w_{opt} + 4...7\%$	2	2	3

În practică, aptitudinea unui pământ de a fi stabilizat prin tratare cu var, precum și dozajul optim de var, se stabilesc pe baza unor studii și încercări de laborator a căror rezultate trebuie verificate experimental și în condiții de șantier.

În proiectul de execuție a unei lucrări de stabilizare se prevăd atât dozajul optim de var cât și tipul de var, care se va utiliza în raport cu natura și starea pământului precizate în studiul geotehnic. Studiul geotehnic trebuie să evidențieze diferitele categorii și varietăți de pământuri existente pe traseul lucrării ce urmează a fi stabilizate, precum și evoluția umidităților naturale.

Alegerea tipului de var pentru stabilizarea unei anumite varietăți de pământ depinde de conținutul de fracțiune argiloasă a pământului. Pentru pământuri argiloase – argile prăfoase, prafuri argiloase, argile nisipoase – se recomandă folosirea varului aerian, nestins sau hidratat.

În cazul pământurilor stabilizate, utilizate la alcătuirea stratului de formă, studiile și încercările de laborator urmăresc și determinarea indicelui de capacitate portantă CBR în funcție de dozajul de var și de umiditatea pământului.

Indicele CBR ce urmează a fi obținut depinde de mai mulți parametri, cum sunt: calitatea terasamentului, condițiile de calitate impuse suprastructurii drumului, solicitările la care este supus stratul de formă. În general, se recomandă o valoare minimă a indicelui CBR de 25 %.

Înainte de începerea executării lucrărilor de stabilizare este necesar să fie confirmate experimental rezultatele studiilor de laborator. În acest scop se execută piste sau fâșii experimentale, care permit:

- corectarea dozajului de liant stabilit în condiții de laborator, în funcție de condițiile de șantier;
- testarea utilajelor ce urmează a fi folosite, privind calitatea stabilizării;
- verificarea practică a tehnologiei de punere în operă a amestecului în condițiile respectării prevederilor proiectului de execuție;
- definitivarea organizării controlului executării amestecului și a recepției lucrărilor.

Execuția stratului de formă din pământuri coezive tratate cu var se efectuează prin procedeul amestecării pe loc, fiind necesară realizarea următoarelor operații:

- scarificarea sau după caz, așternerea pământului și răspândirea varului;
- realizarea amestecului de pământ și var prin treceri succesive ale unor utilaje specifice (autogreder, grapă polidisc etc);
- adăugarea eventuală a apei necesare obținerii umidității optime de compactare, stabilită prin studii de laborator;
- compactarea stratului cu utilajul de compactare, stabilit pe baza încercărilor experimentale de șantier efectuate înainte de începerea execuției.

Amestecarea se efectuează până la obținerea unui amestec omogen a varului cu pământul și un grad de fărâmițare de minim 70 %. În cazul când se utilizează var bulgări, amestecarea continuă până la stingerea completă a varului.

Compactarea amestecului se efectuează în intervalul 8...28 h de la sfârșitul operației de amestecare.

4.3.3. Strat de formă realizat din pământ stabilizat cu ciment

Pământurile stabilizate cu ciment sunt materiale de construcție utilizate în general la executarea straturilor de fundație și de bază ale structurilor rutiere, dar pot fi folosite și la execuția stratului de formă [83], [94], [112].

Acțiunea cimentului asupra pământurilor coezive se manifestă în două direcții. Prima direcție constă în acțiunea de hidratare și hidroliză prin care cimentul formează un schelet care cuprinde granulele de pământ și conferă amestecului, după întărire, rezistențe mecanice superioare. A doua direcție de acțiune se referă la schimbul de ioni între particulele fine ale

pământului și ciment, care se produce în prezența apei și în urma căruia se obțin compuși de cimentare cu rezistență sporită la acțiunea apei, ceea ce influențează pozitiv procesul de stabilizare a pământurilor.

Structura pământului stabilizat cu ciment are un caracter eterogen, amestecul fiind alcătuit din produsele hidratării cimentului și din granulele de ciment în curs de transformare, din produsele secundare de cimentare, adică formațiuni noi, rezultate în urma reacțiilor dintre pământ și ciment, precum și dintr-o masă de pământ nemodificat, care cantitativ variază în raport cu dozajul liantului.

Deși structura pământului stabilizat cu ciment este eterogenă, amestecul realizat trebuie să fie cât mai omogen, ceea ce presupune o dispersie uniformă a cimentului în masa de pământ și o umiditate relativ constantă în diferitele zone ale amestecului.

Formarea compușilor de cimentare are loc la suprafața microagregatelor de pământ, pe o adâncime redusă, în partea interioară a glomerulei pământul nesuferind modificări. Folosirea unui pământ cu grad de fărâmițare pronunțat, astfel încât dimensiunea microagregatelor să nu depășească 5...7 mm, asigură o dispersie uniformă a compușilor de cimentare în masa pământului și diminuarea masei de pământ nemodificat. Dimpotrivă, folosirea unui pământ sub forma unor agregate cu dimensiuni mari conduce la formarea unui amestec neomogen și a unei structuri cu un grad de eterogenitate ridicat. În acest ultim caz, masa de pământ nemodificat din interiorul macroagregatelor influențează nefavorabil proprietățile pământului stabilizat (rezistența la compresiune, contracția la uscare, umflarea la imersare în apă, impermeabilitatea, rezistența la îngheț-dezghet, durabilitatea etc).

În timpul întăririi produselor hidratării cimentului și a compușilor secundari de cimentare, structura pământului este supusă unui proces evolutiv de rigidizare și reducere a compresibilității, care se accentuează cu creșterea dozajului de ciment și cu vârsta.

Sub un anumit dozaj minim de ciment, eficiența stabilizării scade sensibil din cauza că numărul mic de legături de cimentare nu asigură o modificare satisfăcătoare a proprietăților pământului, nici în privința portanței și nici a comportării la acțiunea apei.

Se menționează că și un exces de ciment poate avea influență negativă asupra durabilității pământului stabilizat, datorită creșterii prea mari, în timp, a rigidității, respectiv a manifestării efectului de dală și, în consecință, a tendinței de fisurare.

Rezistența la compresiune a pământurilor coezive stabilizate cu ciment, în general, crește cu dozajul de ciment și cu vârsta amestecului dar această creștere este mult influențată și de tipul mineralului argilos care deține ponderea în compoziția pământului supus stabilizării.

Calitatea stabilizării pământurilor cu ciment, exprimată prin densitatea maximă în stare uscată, este dependentă și de granulozitatea pământului folosit (fig.4.12).

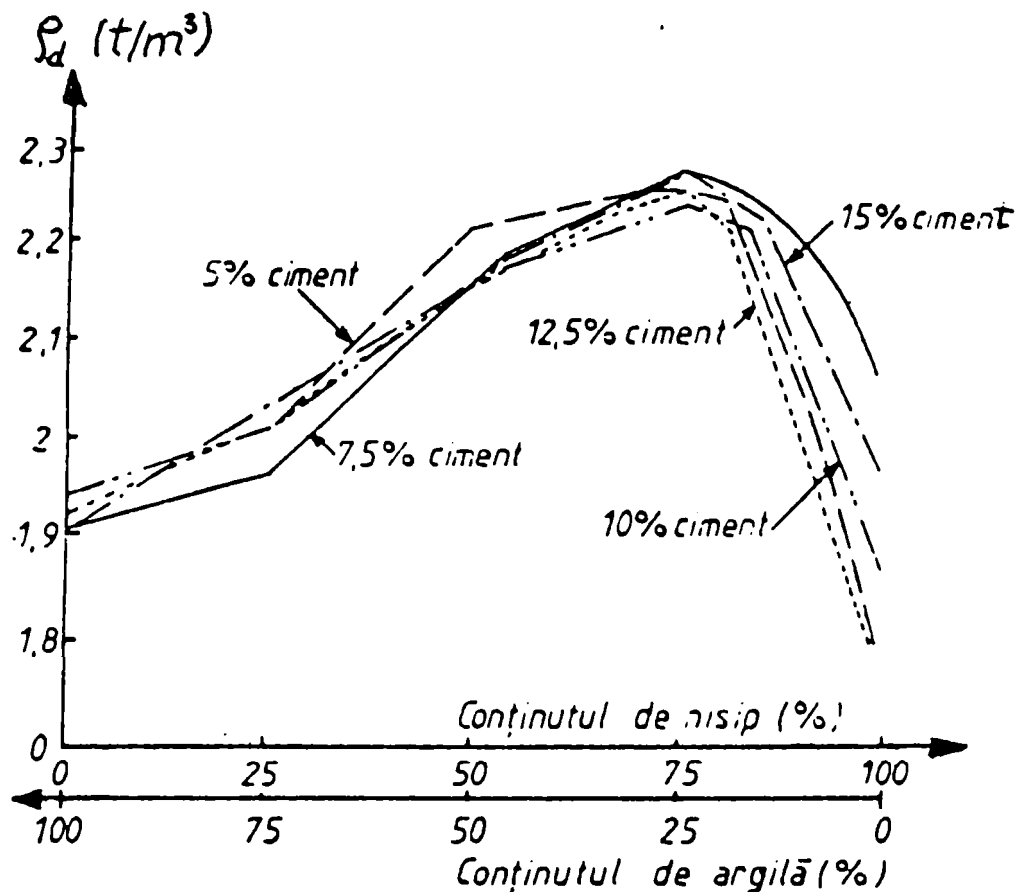


Fig.4.12. Variația densității în stare uscată în funcție de granulozitatea pământului

Din analiza diagramelor din fig.4.12, rezultă că se obțin valori ridicate ale densității în stare uscată, deci calitate bună a stabilizării pământului, când raportul dintre fracțiunea de nisip și cea de argilă variază între 1 și 3.

La stabilizarea cu ciment, pământurile coezive și necoezive trebuie să aibă granulozitatea încadrată în zona corespunzătoare dată în figura 4.13 și să îndeplinească condițiile precizate în tabelul 4.17.

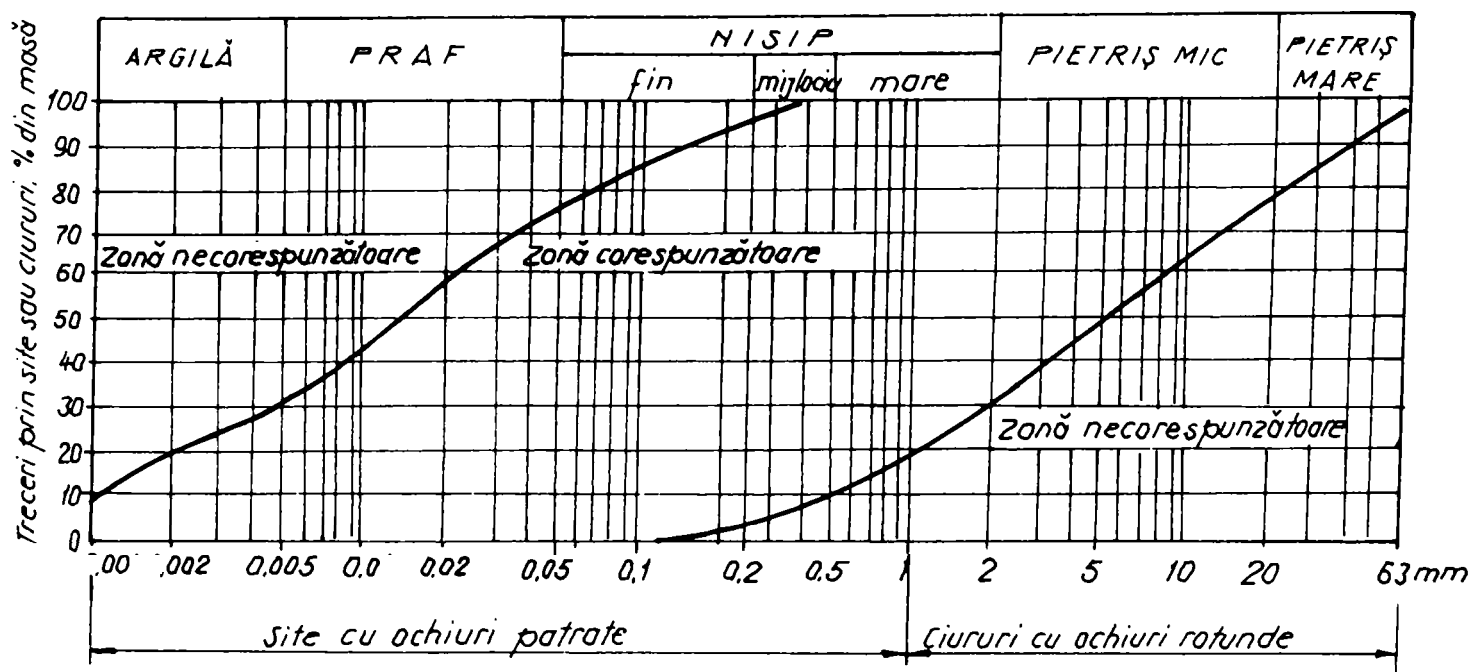


Fig.4.13. Zona corespunzătoare de granulozitate a pământurilor stabilizate cu ciment

Condiții de admisibilitate a pământurilor pentru stabilizare cu ciment

Tabelul 4.17

Nr. crt.	Caracteristici ale pământurilor	Condiții de admisibilitate
1	Granulozitatea	să se încadreze în zona corespunzătoare din figura 4.13
2	Coeficient de neuniformitate, %, min.	8
3	Dimensiunea maximă a granulei, mm, max	63
4	Echivalent de nisip, %, min.	30
5	Indicele de plasticitate, %, max.	10
6	Conținut de substanțe organice și humus, %, max.	4
7	Reacția pH, min.	6

Stabilirea dozajului optim de ciment se face în condiții de laborator, preparând diverse amestecuri cu dozaje diferite de ciment, din care se confecționează epruvete ce se supun la următoarele încercări:

- determinarea rezistenței la compresiune R_{C7} și R_{C28} ;
- determinarea stabilității la apă (scăderea rezistenței, umflarea volumică, absorbția de apă);
- determinarea pierderii de masă (după ciclurile de saturare-uscarea și îngheț-dezghet).

Rezultatele obținute în condiții de laborator se verifică prin încercări de șantier în poligoanele experimentale, executate la începerea lucrărilor de stabilizare.

La straturi de formă realizate din pământuri stabilizate cu ciment trebuie să se atingă valori ale rezistenței la compresiune de $R_{C7} = 0,8 \dots 1,2 \text{ N/mm}^2$.

Dozajele de ciment recomandate pentru începerea studiilor de laborator sunt date în tabelul 4.18.

Dozaje de ciment pentru stratul de formă

Tabelul 4.18

Denumirea stratului	Tipul pământului	Dimensiunea granulelor [mm]	Dozaje în procente, din cantitatea de pământ uscat, pentru:			
			Ciment	Var	Clorură de calciu	
Strat de formă	Pământuri necoezive și slab coezive	0...63	6...8	-	-	
	Pământuri coezive și foarte coezive cu conținut de substanțe organice și humus:	$\leq 4\%$	8...10	2...4	-	
		$\leq 4\%$	8...10	1...2	-	
	Împietruiri existente cu un conținut de substanțe organice și humus:	$\leq 4\%$	0...60	3...6	-	-
		$\leq 4\%$	0...60	3...6	-	1...2

Pentru execuția stratului de formă, amestecul se prepară în stații fixe în cazul stabilizării pământurilor necoezive și slab coezive, aduse din depozite, sau prin amestecare pe loc, în cazul stabilizării pământurilor coezive și foarte coezive sau a pietruirilor existente.

Gradul de fărâmițare a pământurilor coezive stabilizate cu ciment, definit prin procentul de material trecut prin ciurul cu ochiurile de 5 mm din cantitatea totală de material (după îndepărtarea materialelor pietroase), trebuie să fie de minim 80 % în cel puțin 95 % din punctele de măsurare.

Compactarea stratelor rutiere realizate din pământuri stabilizate cu ciment, inclusiv a stratului de formă, se efectuează până la maximum 1 h de la începerea prizei cimentului, folosind următoarele utilaje: compactor cu pneuri, compactor cu rulouri netede și compactor vibrator.

Se recomandă utilizarea unui atelier de compactare format dintr-un compactor cu pneuri și un compactor vibrator.

4.3.4. Strat de formă realizat din pământ stabilizat cu zgură granulată și var sau ciment

Analizând în general compoziția zgurii, se constată că între zgură și ciment există o apropiere destul de mare, datorită faptului că în compoziția ambelor sunt prezenți aceiași compuși principali, și anume: oxidul de calciu, bioxidul de siliciu și trioxidul de aluminiu. Rezultă în consecință, că între acțiunea de stabilizare a zgurii granulate și cea a cimentului există asemănare pronunțată, dar evident și unele diferențe [33], [36], [60], [83].

Principalele particularități specifice stabilizării pământurilor cu zgură granulată pot fi sintetizate astfel:

- liantul propriu-zis este alcătuit din 10...25 % zgură granulată și 3...6 % var sau ciment (raportate la masa pământului);
- priza și procesul de întărire sunt mai lente; acest lucru asigură intervalul necesar punerii în lucrare și compactării amestecului, fără a mai fi necesară prezența unor aditivi întârziatori;
- comportarea nerigidă a stratului alcătuit din material stabilizat, pe un interval relativ mare de timp după punerea în lucrare a amestecului, asigură o bună conlucrare cu materialul de suport;
- modificarea sensibilă a granulozității pământului și, în special a unghiului frecării interioare prin adaosul de zgură granulată.

De remarcat că până la dezvoltarea rezistențelor mecanice ca urmare a manifestării calităților puzzolanice ale zgurii, aceasta se manifestă ca un adaos granular, care reduce sensibil

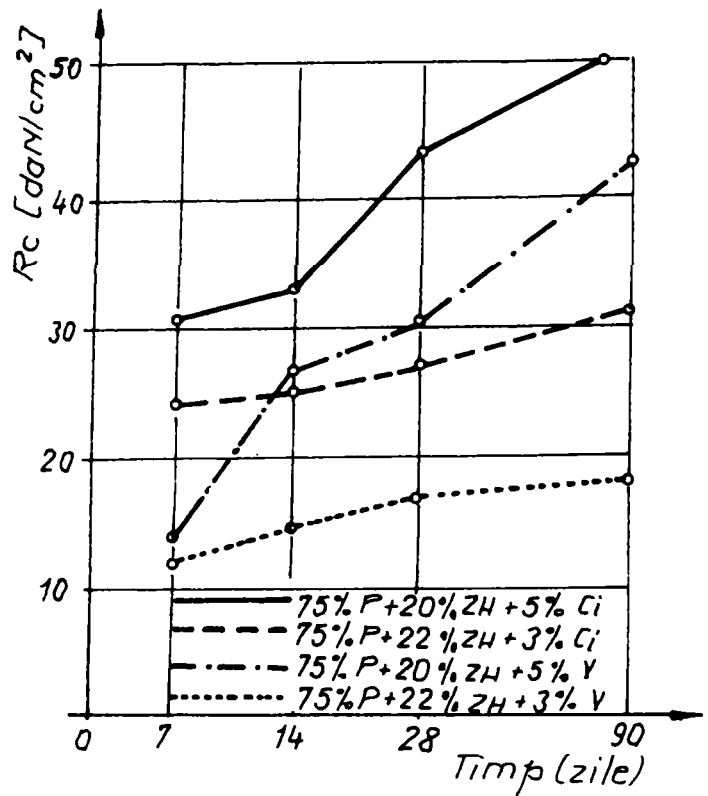
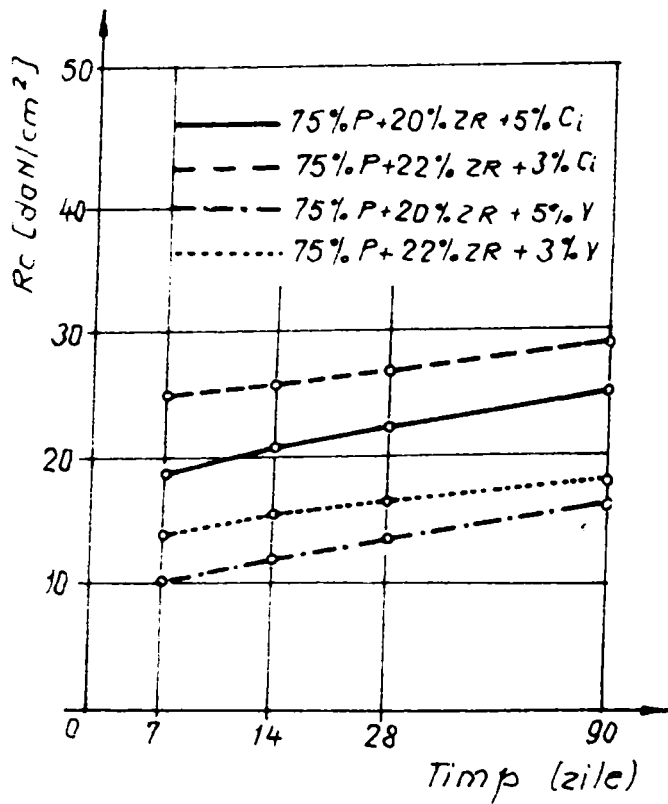


Fig.4.14. Dependența rezistenței la compresiune de tipul de zgură și dozajul activator P-pământ; ZR-zgură de Reșița; ZH-zgură de Hunedoara; C-ciment; V-var.

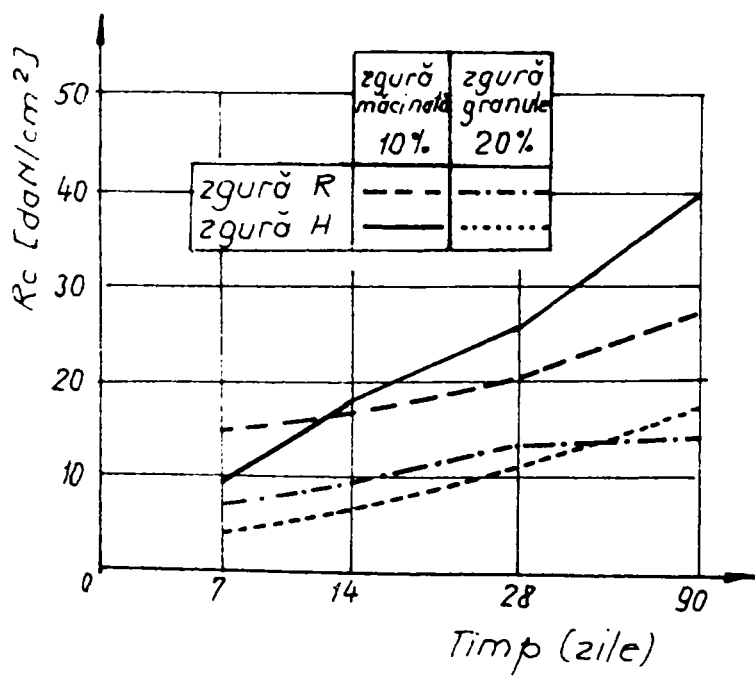


Fig.4.15. Influența zgurii măcinate asupra rezistenței la compresiune

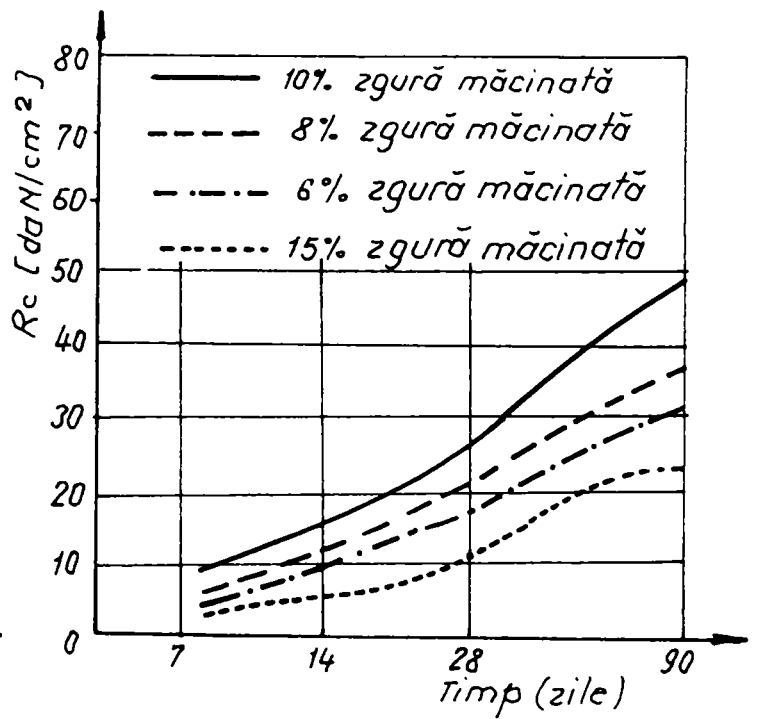


Fig.4.16. Dependența rezistenței la compresiune de dozajul de zgură măcinată

umiditatea pământului și sensibilitatea la îngheț-dezgeț, permițând și o bună compactare a amestecului prin reducerea coeziunii dintre particulele de pământ și a umidității acestuia.

După declanșarea prizei, zgura granulată acționează la fel ca și cimentul, adică pe de o parte formează o structură cristalină în jurul granulelor de pământ, iar pe de altă parte dă reacții secundare cu pământul.

Cercetările efectuate în cadrul Departamentului de Inginerie Geotehnică și Căi de Comunicații Terestre de la Facultatea de Construcții și Arhitectură din Timișoara [34], evidențiază dependența rezistențelor mecanice de tipul de zgură și dozajul de activator (fig.4.14).

Pentru stabilizarea pământurilor, în special a celor necoezive (nisipuri), se poate folosi și zgură granulată măcinată având mărimea granulelor sub 2 mm, a cărui dozaj poate fi redus până la 50 % față de cazul zgurei granulate nemăcinate.

După cum se poate observa și din fig.4.15, pe termen scurt (la 7 și 28 zile) rezistențele la compresiune ale pământului stabilizat cu zgură granulată măcinată și nemăcinată sunt comparabile ca mărime. Pe termen lung (peste 90 zile), în cazul folosirii zgurii granulate măcinate rezistența la compresiune este mai mare, pe lângă un dozaj redus la jumătate față de cel al zgurii nemăcinate (10 % față de 20 %).

De asemenea, rezistențele la compresiune sporesc cu creșterea dozajului de zgură granulată măcinată (fig.4.16).

Execuția stratului de formă din pământuri stabilizate cu zgură granulată și var sau ciment ca activator se efectuează prin procedeul de amestecare pe loc, fiind necesare următoarele operații tehnologice:

- scarificarea sau după caz, așternerea pământului și răspândirea activatorului (var sau ciment) și a zgurii granulate;
- realizarea amestecului de pământ, zgură granulată și activator prin treceri succesive cu utilaje adecvate (autogreder, grapă polidisc etc);
- aducerea amestecului la umiditatea optimă de compactare, prin adăugare de apă dacă este cazul și uniformizarea umidității cu ajutorul grapei polidisc;
- compactarea stratului de formă realizat din pământ stabilizat cu zgură granulată și var sau ciment.

În cazul când umiditatea pământului folosit pentru stabilizare este ridic ($> w_{opt} + 7\%$), iar activator este varul, adăugarea zgurii granulate se efectuează după amestecarea pământului cu var nehidratat sau var bulgări, operație prin care se reduce umiditatea pământului.

Amestecarea pământului cu var și zgură granulată se efectuează până la obținerea unui amestec omogen, cu grad de fărâmițare de minim 70 %.

Dozajele optime precum și parametrii de compactare se stabilesc și în cazul stabilizării pământurilor cu zgură granulată, tot prin studii și încercări de laborator, a căror rezultate trebuie verificate în condiții de șantier.

4.3.5. Strat de formă realizat din pământ stabilizat cu cenușă de termocentrală

Utilizarea cenușii de termocentrală la stabilizarea pământurilor are efecte favorabile atât sub aspectul tehnic cât și economic [19], [36], [83], [118], [144]. Această influență favorabilă a folosirii cenușii de termocentrală în procesul de stabilizare a pământurilor se manifestă prin:

- creșterea gradului de omogenitate a amestecului și a numărului de legături de cimentare între pământ și liant;
- reducerea contracției și creșterea capacității de deformare a amestecului, modificări care determină micșorarea tendinței de fisurare;
- diminuarea permeabilității la apă;
- reducerea consumului de ciment.

După cum s-a mai arătat, pentru obținerea unui amestec omogen, cu aceleași proprietăți fizico-mecanice în întreaga masă de pământ stabilizat, este necesar să se asigure o răspândire uniformă a liantului în masa pământului.

În cazul pământurilor stabilizate numai cu ciment, dozajul de ciment variază în general între 6 % și 10 % (raportat la masa pământului), adică raportul dintre ciment și pământ are valori destul de mici (1/15...1/9). În aceste condiții și numărul legăturilor între microagregatele de pământ realizate prin nucleele de cimentare este relativ redus, menținându-se în cea mai mare parte legăturile naturale ale pământului, care îi influențează proprietățile după stabilizare. Prin adaos de cenușă de termocentrală, dozajul de liant format din amestec de ciment și cenușă este mai mare, realizându-se un număr sporit de legături de cimentare care asigură sistemului (pământului stabilizat) omogenitate mai ridicată, stabilitate mai bună la acțiunea diferitelor solicitări și durabilitate sporită.

Prezența cenușii de termocentrală în procesul de stabilizare a pământurilor reduce tendința de fisurare, atât prin diminuarea contracției hidraulice, cât și prin sporirea capacității de deformare.

Reducerea contracției hidraulice se datorează înlocuirii unei părți din masa pământului coeziv cu cenușă de termocentrală, care manifestă o contracție la uscare mai mică. De asemenea, umflarea care are loc în perioada de întărire, ca urmare a dezvoltării mai mari de geluri, compensează în măsură apreciabilă contracția la uscare.

În cazul stabilizării pământurilor necoezive (și în general a materialelor granulare) cu cenușă de termocentrală, aceasta pe lângă rol de liant, îmbunătățește și granulozitatea

pământului, sporindu-i gradul de neuniformitate, ceea ce are influență favorabilă asupra calității compactării stratelor rutiere, realizate din materiale necoezive stabilizate.

4.3.5.1. Cercetări privind rezistențele mecanice ale pământurilor stabilizate cu cenușă de termocentrală

Rezistențele mecanice ale pământurilor stabilizate cu cenușă de termocentrală depind de o multitudine de parametri, dintre care se pot menționa: natura și caracteristicile geotehnice ale pământului, tipul și caracteristicile cenușii folosite, felul activatorului utilizat și nu în ultimul rând dozajul celor trei componente ale amestecului.

Rezultatele unor încercări experimentale efectuate în cadrul Departamentului de Inginerie Geotehnică și Căi de Comunicație Terestre de la Facultatea de Construcții și Arhitectură din Timișoara [144], confirmă afirmațiile făcute mai sus. Aceste încercări s-au axat pe următoarele elemente principale:

- stabilirea naturii pământului folosit și determinarea principalelor sale caracteristici geotehnice;
- determinarea compoziției chimico-mineralogice și a unor caracteristici fizice ale cenușilor utilizate;
- realizarea a diferite dozaje ale amestecurilor formate din pământ, cenușă și un activator (ciment sau var);
- determinarea rezistențelor mecanice pe epruvete confecționate din amestecurile realizate.

Pământul supus stabilizării a fost un nisip argilos, ale cărui principale caracteristici geotehnice și de granulozitate sunt date în tabelul 4.19. Granulozitatea poate fi urmărită și în fig.4.17, alături de curbele de granulozitate ale cenușilor folosite.

Granulozitatea și unele caracteristici geotehnice ale pământului supus stabilizării

Tabelul 4.19

Nr. crt.	Caracteristica geotehnică	Simbol	UM	Valoare
1	Granulozitatea	N	%	47
		P	%	32
		A	%	21
2	Densitatea scheletului mineral	ρ_s	g/cm^3	2,68
3	Limita inferioară de plasticitate	w_p	%	9,5
4	Limita superioară de plasticitate	w_L	%	26,0
5	Indicele de plasticitate	I_p	%	16,5
6	Umiditatea naturală	w	%	11,3
7	Umiditatea optimă de compactare	w_{opt}	%	13,6
8	Unghiul frecării interioare	ϕ	grade	29
9	Coeziunea specifică	c	kPa	15

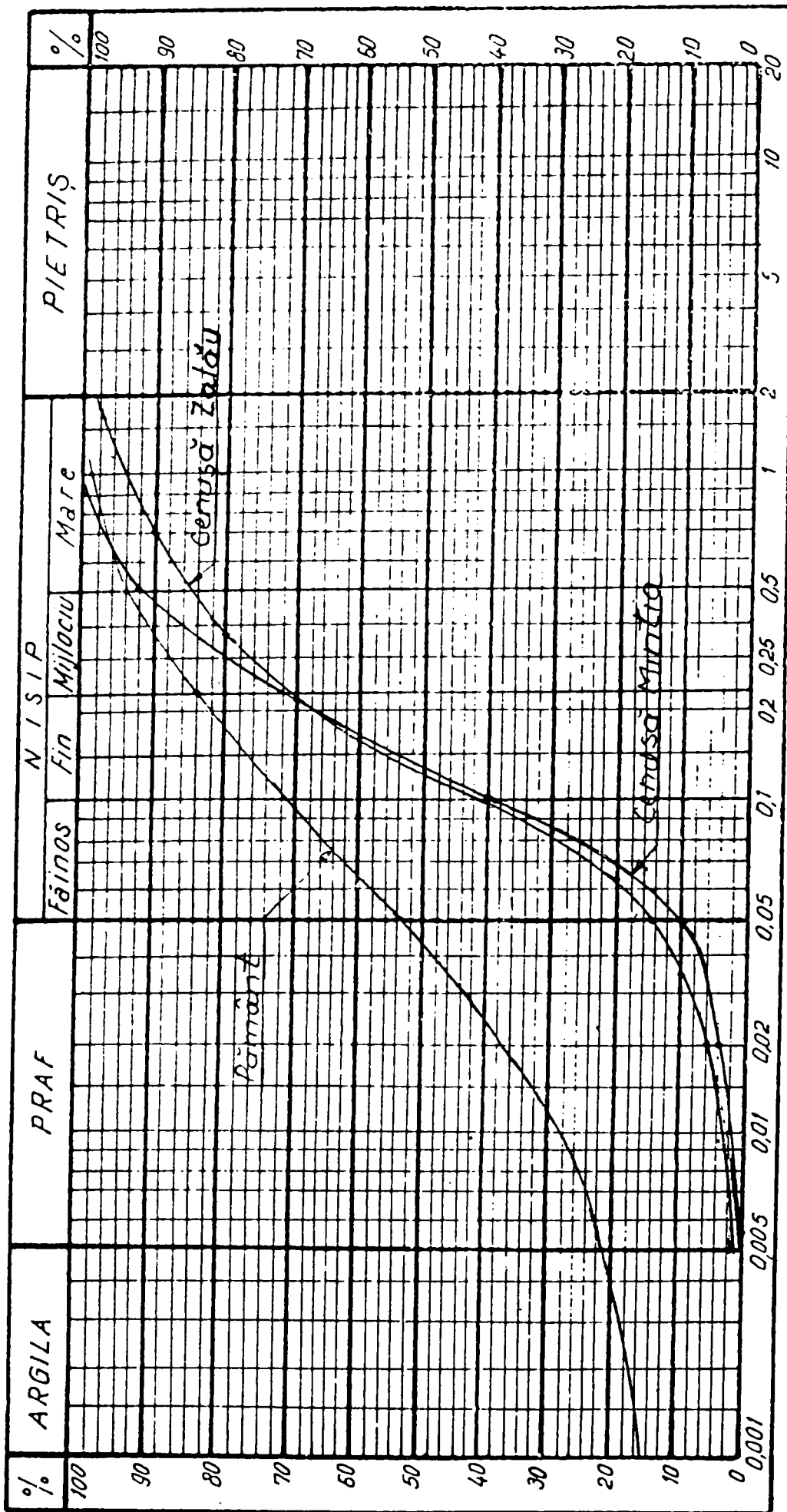


Fig.4.17. Curbele de granulozitate ale pământului și cenușilor folosite în experimentări

Pentru stabilizare s-au folosit două tipuri de cenușă de termocentrală și anume: cenușă de Zalău și cenușă de Mintia. Compoziția chimică a celor două a fost dată în tabelul 4.12, putându-se observa că la cenușă de Zalău conținutul de bioxid de siliciu (SiO_2) este mai redus decât la cenușă de Mintia. Compoziția mineralogică a celor două cenuși este asemănătoare cu cea caracteristică cenușilor silico-aluminoase. Din analizele microscopice și difractometrice cu raze X a rezultat că cenușile de Mintia și Zalău sunt constituite din faze cristaline și vitroase (amorfe), ponderea fiind deținută de fazele vitroase. În compoziție mineralogică a ambelor cenuși sunt prezente minerale de cuarț, mult, hematit, magnetit și feldspat.

Granulozitatea ambelor cenuși folosite este apropiată de cea a unui praf nisipos (fig.4.17), la cenușă de Zalău dimensiunile particulelor fiind aproximativ cuprinse între 0,01 mm și 1,8 mm, iar la cea de Mintia între 0,02 mm și 0,8 mm.

În tabelul 4.20 sunt date unele caracteristici fizice și mecanice ale celor două cenuși, determinate pe probe preparate la umiditatea optimă de compactare, a cărei valoare după cum se poate observa diferă destul de mult.

Caracteristicile fizice și mecanice ale cenușilor folosite

Tabelul 4.20.

Nr. crt.	Tipul de cenușă	Caracteristici fizice de compactare		Parametrii rezistenței la forfecare	
		γ_{dmax} [kN/m^3]	w_{opt} [%]	ϕ [grade]	c [kPa]
1	Zalău	9,73	35,0	34	18
2	Mintia	13,0	21,5	27	29

Pentru realizarea amestecurilor și a epruvetelor pentru încercări, pământul ce urmează să fie stabilizat a fost uscat și mojarat astfel încât să treacă prin sita cu diametrul ochiurilor de 0,7 mm, după care s-a adăugat cenușă amestecându-se până la omogenizare.

După aceste operații s-a adăugat activatorul (ciment sau var) și s-a reluat amestecarea. În continuare s-a adăugat apa necesară pentru aducerea amestecului la umiditatea optimă de compactare, realizându-se o nouă omogenizare a amestecului. După această ultimă omogenizare, s-a trecut la realizarea epruvetelor prin umplerea tiparelor corespunzătoare (tipare de formă cilindrică cu înălțime de 8 cm și diametru de 5 cm). Epruvetele astfel pregătite au fost supuse timp de trei minute unei presiuni de 70 daN/cm^2 la o presă, după care s-a trecut la scoaterea lor din tipare și depunerea spre păstrare într-un mediu umed, până la efectuarea încercărilor de determinare a rezistenței la compresiune (la 7; 14; 28 și 90 zile).

Fiecare din cele două cenuși a fost folosită la realizarea a câte două amestecuri (unul cu ciment și altul cu var) în mai multe variante de dozaj (tabelul 4.21).

Valorile obținute în urma încercărilor pentru rezistența la compresiune sunt date în tabelul 4.22, iar diagramele de variație în timp pe parcursul a 90 zile a rezistenței la compresiune se pot urmări în fig.4.17...4.20.

Tipurile de amestecuri realizate și dozajele corespunzătoare

Tabelul 4.21.

Tipul cenușii	Tipul amestecului	Componentele amestecului	Dozaje pe subtipuri de amestecuri, în procente			
			A ₁₁	A ₁₂	A ₁₃	A ₁₄
Zalău	A ₁	Pământ	50	70	50	70
		Cenușă	45	25	47	27
		Ciment	5	5	3	3
			A ₂₁	A ₂₂	A ₂₃	A ₂₄
	A ₂	Pământ	50	70	50	70
		Cenușă	45	25	47	27
		Var	5	5	3	3
			A ₃₁	A ₃₂		
Mintia	A ₃	Pământ	50	70		
		Cenușă	45	25		
		Ciment	5	5		
			A ₄₁	A ₄₂		
	A ₄	Pământ	50	70		
		Cenușă	45	25		
		Var	5	5		

Valorile rezistenței la compresiune obținute

Tabelul 4.22

Tipul cenușii	Tipul amestecului	Dozaje	Rezistența la compresiune R _c [daN/cm ²]			
			7 zile	14 zile	28zile	90 zile
Zalău	A ₁	A ₁₁	7	8	8,6	15,3
		A ₁₂	19,3	21,5	23,5	38
		A ₁₃	6	7,3	8	12,7
		A ₁₄	9,8	10,3	15,6	23,8
	A ₂	A ₂₁	5	6,2	6,5	10
		A ₂₂	10,4	11,2	12,4	15,7
		A ₂₃	5,6	5,7	6	7,1
		A ₂₄	7,5	8,7	10,3	14
Mintia	A ₃	A ₃₁	26	31,1	35,7	46
		A ₃₂	32	36,8	43,7	57,3
	A ₄	A ₄₁	11	19	22	26
		A ₄₂	15	22,4	27	35

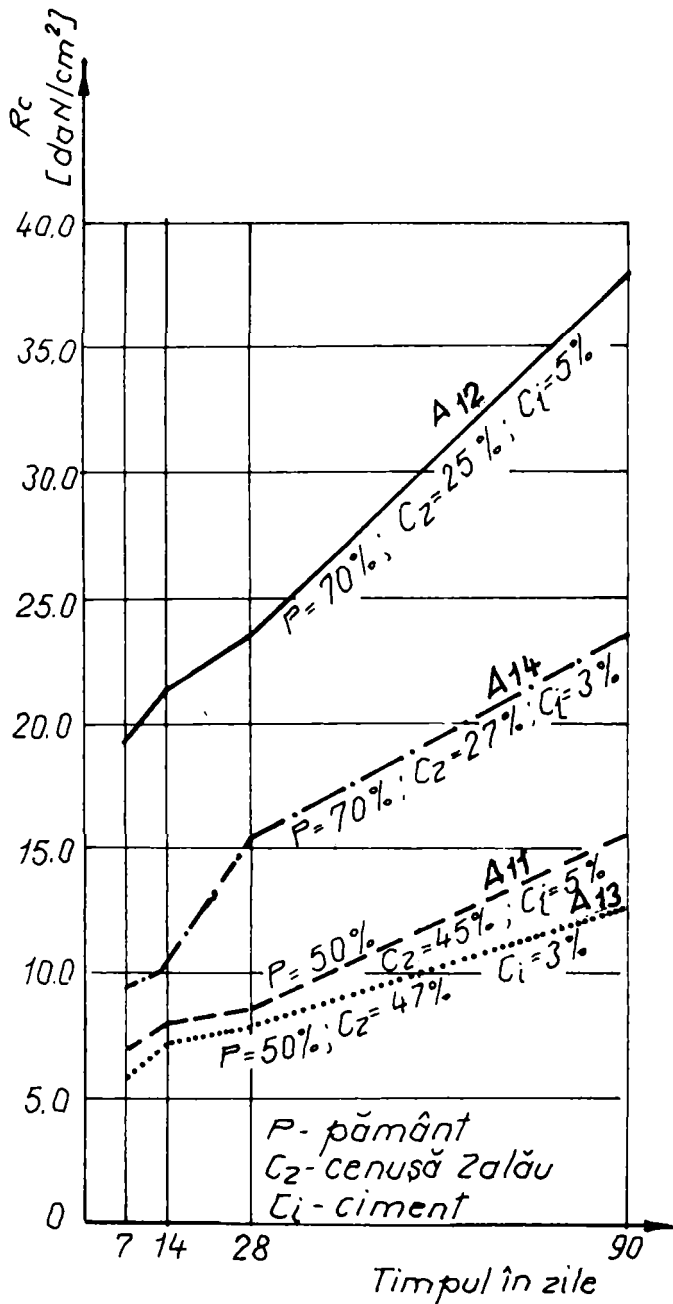


Fig.4.17. Influența dozajului (cenușă de Zalău + ciment)

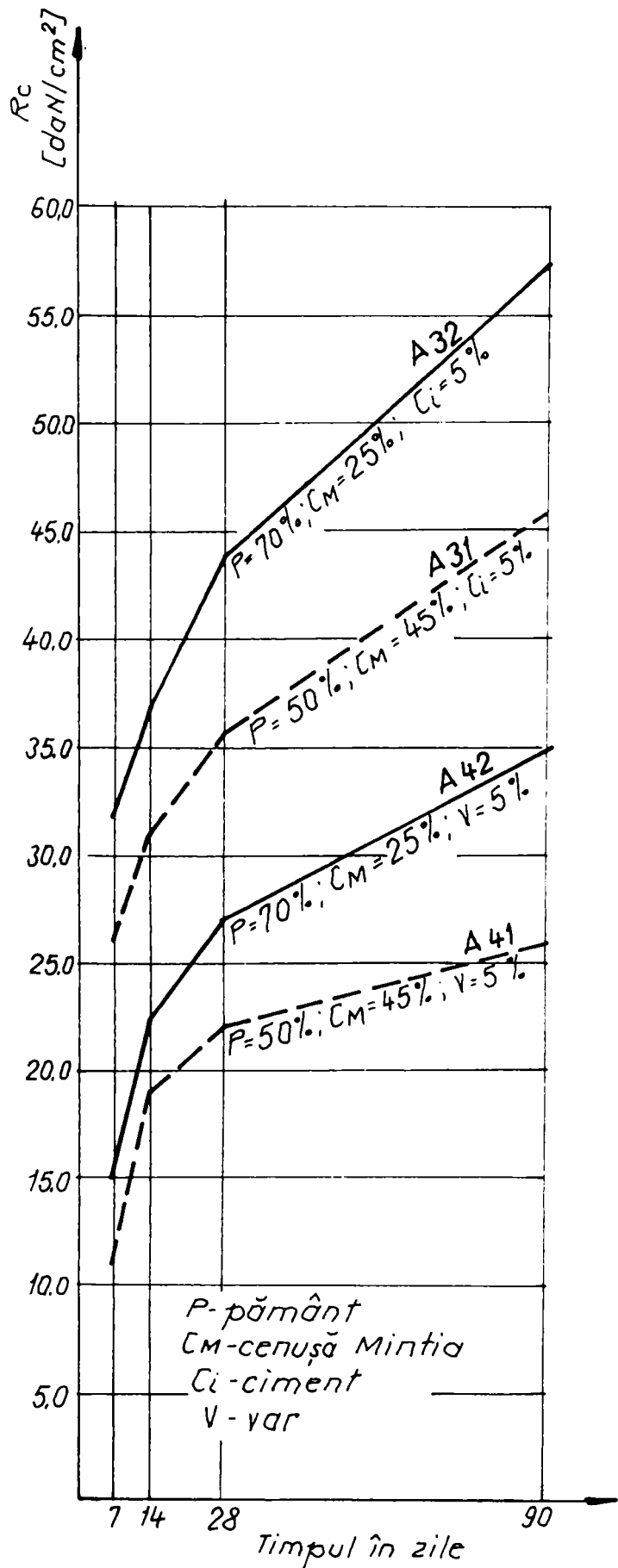


Fig.4.19. Influența dozajului (cenușă de Mintia)

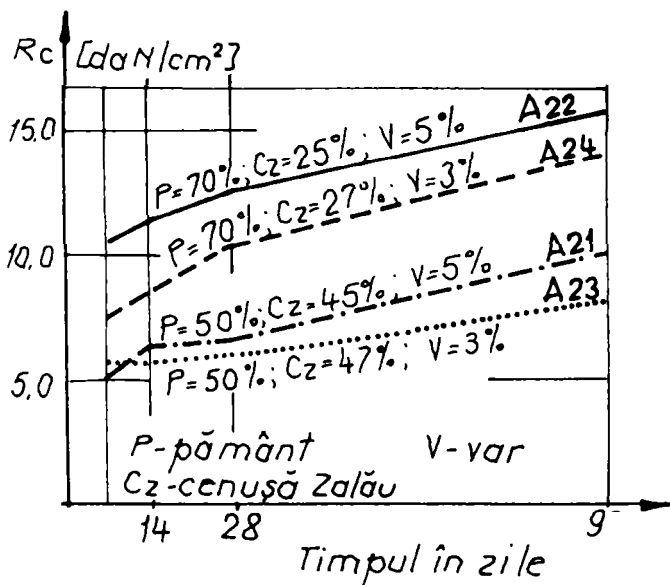


Fig.4.18. Influența dozajului (cenușă de Zalău + var)

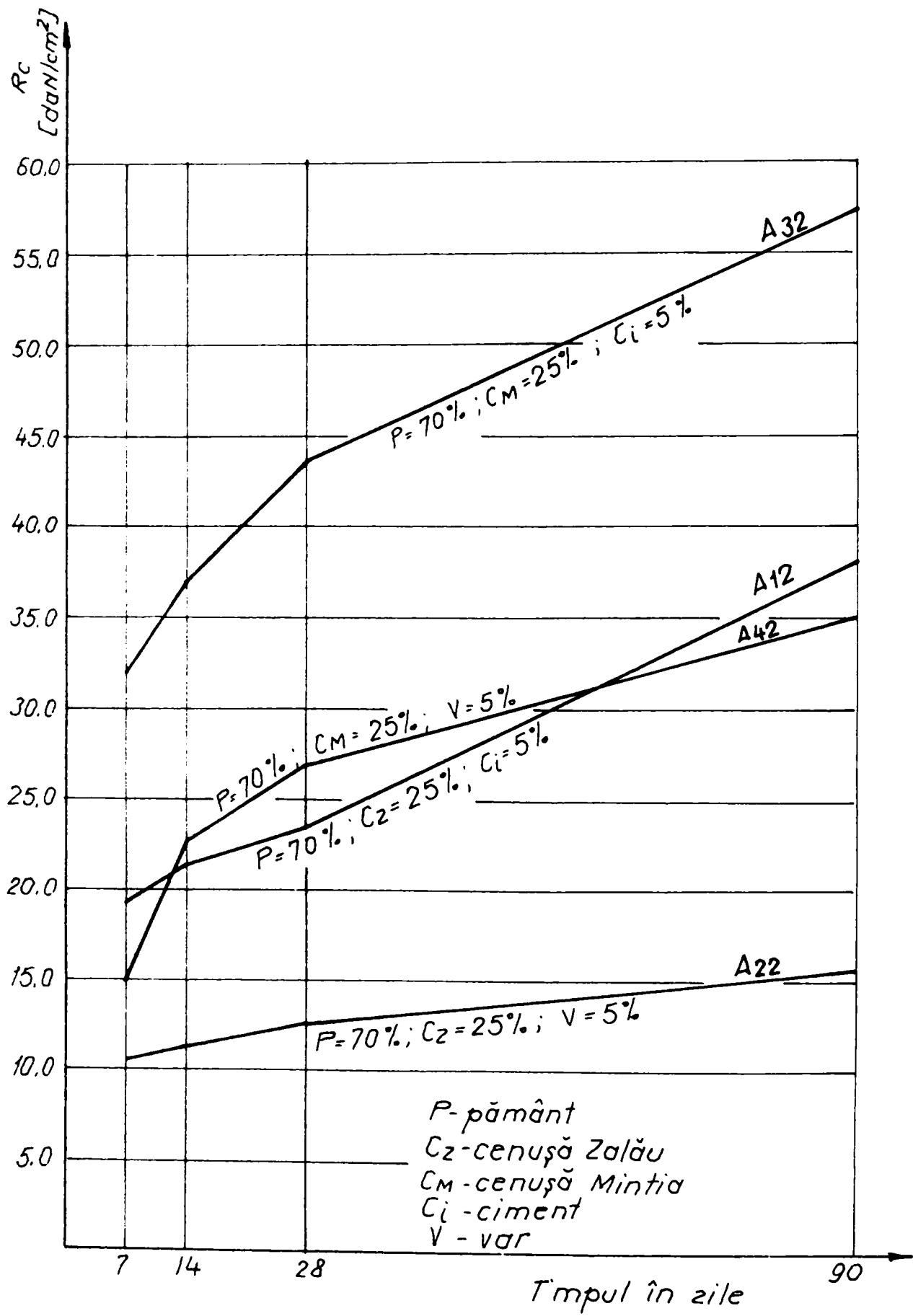


Fig.4.20. Influența tipului de cenușă și activator

Analizând valorile rezistenței la compresiune date în tabelul 4.22, precum și diagramele din fig.4.17...4.20, se pot sublinia următoarele aspecte:

- la același conținut de substanță activantă rezistența la compresiune este influențată de procentajul în care intră pământul supus stabilizării, astfel că la un procentaj de 50 % pământ, rezistențele la compresiune sunt mai mici decât cele obținute pentru un conținut al pământului de 70 %;
- pentru același conținut de pământ, rezistența la compresiune este influențată și de variația activatorului (ciment sau var); prin reducerea substanței activante de la 5 % la 3 % valorile rezistenței la compresiune au scăzut cu 17 %...37 % în cazul cimentului și cu 11 %...29 %, în cazul varului;
- la același dozaj rezistența la compresiune diferă și în funcție de tipul cenușii folosite; pentru dozaje realizate cu cenușă de Mintia, valorile rezistenței la compresiune au fost cu 34 %...66 % mai mari, față de cele obținute pentru aceleași dozaje realizate cu cenușă de Zalău;
- pentru toate dozajele la care ca substanță activantă s-a folosit cimentul s-au obținut rezistențe la compresiune mai mari decât pentru dozaje identice, dar la care activator a fost varul.

Ca o concluzie generală, ce s-a desprins din cercetările efectuate, care poate fi considerată ca o recomandare practică, este că la stabilizarea pământurilor coezive și semicoezive cu cenușă de termocentrală, conținutul acesteia nu trebuie să depășească 25 %, deoarece depășirea acestui procentaj nu mai influențează aportul efectului hidraulic al cenușii la sporirea rezistențelor mecanice ale pământului stabilizat. De asemenea, folosirea ca activator a cimentului este mai eficientă decât a varului.

Rezultatele cercetărilor efectuate confirmă pe cele obținute de către diverși cercetători, susținând concluzia că pământurile stabilizate cu cenușă de termocentrală pot fi utilizate cu bune rezultate la realizarea stratelor rutiere, în special a stratului de formă și a stratului de fundație.

4.4. Considerații asupra comportării în timp a stratului de formă realizat din pământuri stabilizate cu lianți minerali

Comportarea în timp a straturilor rutiere realizate din pământuri stabilizate cu lianți minerali (strat de formă, fundație, strat de bază etc) este influențată, în măsură mai mare sau mai mică, de o serie de factori cum sunt: natura și mărimea încărcării, temperatura, contracția hidraulică, îngheț-dezghetul [36], [83], [94], [112]. Chiar dacă datorită poziției stratului de formă în structura rutieră, influența acestor factori asupra comportării sale în timp este mai redusă,

totuși unele procese și fenomene pe care le produc și le dezvoltă pot afecta și stratul de formă, acționând negativ asupra funcțiunilor și rolului acestuia.

4.4.1. Deformațiile pământurilor stabilizate cu lianți minerali la acțiunea solicitărilor mecanice

După cum rezultă din cele prezentate în paragraful 4.3, pământurile stabilizate cu lianți minerali sunt materiale compozite alcătuite din pământ și pastă de liant întărită. Pământurile coezive se prezintă sub formă de glomerule, iar cele necoezive sub formă de granule de nisip sau pietriș.

În cazul pământurilor necoezive stabilizate, suprafețele de separație dintre granule (fragmente) reprezintă zone slabe, datorită rezistențelor mai mici ale liantului de legătură dintre fragmentele componente, față de rezistența acestor componente. În zona suprafețelor de separație se localizează microfisurile și se poate amorsa ruperea. La pământurile coezive stabilizate cu lianți minerali situația este inversată, în sensul că suprafețele de separație dintre glomerule sunt zone cu rezistențe mecanice superioare celor ale glomerulelor din pământ nemodificat, datorită formării compușilor de cimentare, în urma reacțiilor dintre liant și pământul coeziv. Aceste deosebiri structurale, existente între cele două categorii de pământuri (necoezive și coezive) stabilizate cu lianți minerali, face ca și comportarea sub sarcini și modul de cedare să fie diferite.

Comportarea sub sarcini este influențată și de tipul de liant utilizat la stabilizarea pământului, respectiv a intensității diferite de dezvoltare a microfisurilor în procesul de întărire a pietrei de liant.

Analizând relația efort-deformație la un pământ necoeziv stabilizat cu ciment portland (fig.4.21), se constată că până la o anumită mărime a încărcării aceasta este liniară, acest interval caracterizând comportarea elastică a materialului. În continuare dependența dintre efort și deformație nu mai este liniară ci până la rupere se transcrie printr-o curbă cu concavitatea spre abscisă. Caracterul neliniar se datorează modificărilor ce apar în structura materialului, microfisurile din zona suprafețelor de separație între granule (fragmente) amplificându-se cu creșterea încărcării. Peste o anumită treaptă de încărcare, încep să se propage și să se accentueze și microfisurile din piatra de liant, formându-se o rețea de microfisuri, care precede ruperea.

Modul în care evoluează deteriorarea structurii pământului stabilizat diferă în funcție de natura solicitării. Astfel, la solicitarea de compresiune procesul de deteriorare este relativ uniform în masa materialului, pe când la solicitarea de întindere se dezvoltă intens în zona ruperii.

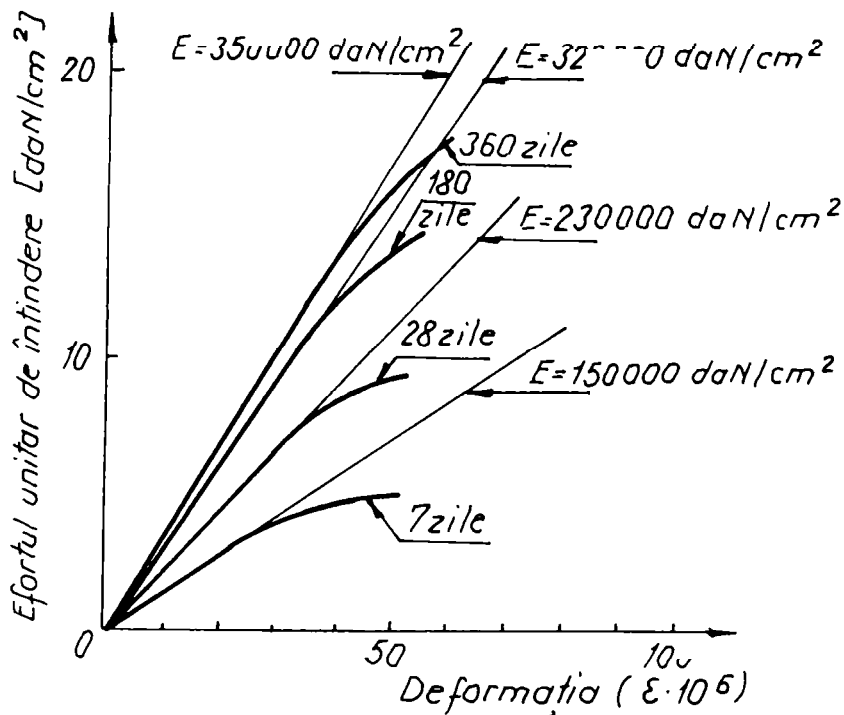


Fig.4.21. Diagrame efort-deformație la diferite vârste, determinate pe un pietriș cu nisip stabilizat cu ciment

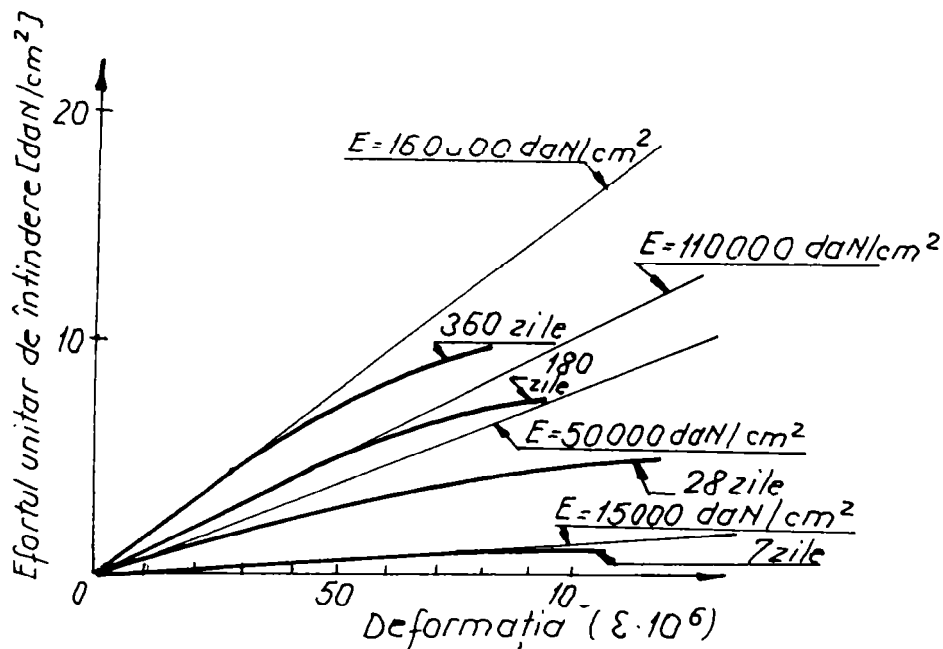


Fig.4.22. Diagrame efort-deformație la diferite vârste, determinate pe un pietriș cu nisip stabilizat cu zgură granulată

Curbele efort-deformație ale aceluiași pietriș stabilizat cu zgură granulată (fig.4.22) evidențiază deosebirile de structură și de comportare sub sarcină față de cazul stabilizării cu ciment (fig.4.21). Faptul că intervalul de comportare liniară este mult redus chiar și la vârsta de 360 de zile, respectiv cel neliniar este extins, arată că procesul de deteriorare începe să se manifeste de la trepte de încărcare mai mici ca valoare. Acest lucru se explică prin amplificarea progresivă a stării de microfisurare, îndeosebi pe suprafețele de separație, dar și în masa pietrei de liant. Panta mai redusă a diagramelor de efort-deformație pune în evidență deformabilitatea mai mare a materialului stabilizat cu zgură granulată.

În cazul pământurilor argiloase stabilizate cu lianți minerali modificările structurale intervin chiar de la trepte reduse de încărcare, deteriorarea structurii producându-se, îndeosebi, datorită microfisurării progresive a glomerulelor de pământ nemodificat.

La încărcări repetate pământurile stabilizate cu lianți minerali manifestă fenomenul de oboseală. Cercetări efectuate pe pietrișuri nisipoase stabilizate cu ciment, precum și cu zgură granulată, arată că după 10^6 cicluri de încărcare-descărcare rezistența la întindere scade la o valoare sub jumătate, din cea corespunzătoare solicitării de scurtă durată. S-a constatat, de asemenea, că sub acțiunea încărcărilor repetate crește deformația materialului, comportare care se explică prin amplificarea stării de fisurare, la suprafața de separație între agregate (fragmente) și piatra de liant, mai ales în cazul pământurilor necoezive stabilizate cu lianți minerali.

4.4.2. Dilatarea și contracția termică a pământurilor stabilizate cu lianți minerali

În diversele elemente de construcții din pământuri stabilizate cu lianți minerali (fundații, straturi rutiere) la creșterea temperaturii, datorită dilatării termice, iau naștere eforturi interioare de compresiune, iar la scăderea temperaturii, contracția termică generează eforturi interioare de întindere.

Aceste eforturi interioare care apar, în special atunci când variațiile de temperatură sunt importante și au frecvența mare, amplifică starea de microfisurare a structurii interioare iar dacă depășesc rezistența mecanică a materialului respectiv, provoacă fisurarea și ruperea acestuia [83].

Dilatarea și contracția termică sunt influențate atât de variația temperaturii (ΔT), cât și de proprietățile termice ale materialului.

Într-un mediu omogen și izotrop fără surse interne de căldură, delimitat de suprafețe plane, paralele și infinite (așa cum poate fi considerat un strat rutier), variația temperaturii după o direcție, perpendiculară pe suprafața limită, corespunzătoare grosimii elementului considerat, rezultă din integrarea ecuației diferențiale:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \quad (4.12)$$

în care: T – temperatura; t – timpul; x – direcția după care variază temperatura; $a = \lambda / cp$ - difuzivitatea termică; λ - coeficientul de conductivitate termică; c – căldura specifică; ρ - densitatea materialului (a , x , c și ρ sunt proprietăți ale materialului).

După integrarea ecuației (4.12) se obține expresia:

$$T - T_s = (T_o - T_s) \cdot \text{erf } u \quad (4.13)$$

în care: T – temperatura la distanța x ; T_0 – temperatura inițială; T_s – temperatura la suprafața limită între material și mediu; $\operatorname{erf} u$ – funcția erorilor.

Funcția erorilor are expresia:

$$\operatorname{erf} u = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^u e^{-u^2} du, \quad (4.14)$$

în care u este dat de relația:

$$u = \frac{x}{2\sqrt{at}} \quad (4.15)$$

Conform legii dilatării termice se poate scrie:

$$l = l_0(1 + \alpha\Delta T), \quad (4.16)$$

de unde rezultă deformația specifică de dilatare sau contracție termică:

$$\varepsilon_T = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{l - l_0}{l_0} = \alpha\Delta T \quad (4.17)$$

în care l_0 și l – lungimea inițială și finală a elementului de construcție la variația ΔT a temperaturii; α - coeficient de dilatare termică.

Din relațiile (4.13) și (4.14) se poate obține expresia deformației specifice de dilatare sau contracție termică sub forma:

$$\varepsilon_T = \alpha(T - T_0) = \alpha(T_s - T_0)(1 - \operatorname{erf} u) \quad (4.18)$$

Analizând expresia (4.18) și ținând seama de relația (4.15) se observă că deformația specifică de contracție sau dilatare termică variază în funcție de: diferența de temperatură ($T_s - T_0$), coeficientul de dilatare termică a materialului (α), timpul (t), distanța (x) și difuzivitatea termică a materialului (a). În consecință, la aceeași variație de temperatură deformația și efortul unitar care iau naștere diferă în raport cu proprietățile termice ale materialului (α și a).

Coeficientul de dilatare volumică (γ) a unui material pe intervalul de temperatură ΔT este definit de raportul:

$$\gamma = \frac{1}{V_0} \frac{\Delta V}{\Delta T} \quad (4.19)$$

unde: $\Delta V = V - V_0$; V_0 și V reprezentând volumul aparent al materialului înainte și după creșterea ΔT a temperaturii.

Pentru materialele solide se consideră o dilatare termică liniară exprimată prin coeficientul de dilatare termică liniară (α), definit la rândul său prin raportul:

$$\alpha = \frac{1}{l_0} \frac{\Delta l}{\Delta T} \quad (4.20)$$

în care: $\Delta l = l - l_0$; l și l_0 reprezentând dimensiunea liniară a materialului (lungime, lățime, grosime) înainte și după creșterea ΔT a temperaturii.

Între cei doi coeficienți de dilatare termică, volumică (γ) și liniară (α) există următoarea relație de legătură:

$$\gamma = 3\alpha \quad (4.21)$$

Coeficientul de dilatare termică a pământurilor stabilizate are un ecart de variație relativ larg, fiind influențat de coeficienții de dilatare termică a componentilor, de porozitatea, umiditatea și vârsta amestecului la schimbarea temperaturii, de alternanțele de temperatură și de temperatura la care se produc variațiile termice.

Dintre componentii pământurilor stabilizate cu lianți minerali, piatra de ciment și varul prezintă dilatare termică mai ridicată. Principalii parametri de care depinde mărimea coeficientului de dilatare termică a pietrei de ciment sunt: compoziția mineralogică, finețea de măcinare, natura adaosurilor, vârsta, umiditatea și temperatura.

Cimenturile sărace în oxid de calciu (CaO) prezintă coeficienți de dilatare termică mai mici, pe când la cele bogate în sulfuri (C_3S), valoarea coeficientului de dilatare termică se dublează.

Finețea de măcinare a cimentului mărește coeficientul de dilatare termică, iar umiditatea pietrei de ciment la schimbarea temperaturii constituie parametrul cel mai important de influențare a coeficientului de dilatare termică.

Pământurile și rocile, în general, prezintă dilatare termică mai mică decât piatra de ciment, valoarea coeficientului de dilatare termică a acestora este influențată de structura rocii și sporește cu creșterea conținutului de bioxid de siliciu și cu temperatura.

Zgura de furnal prezintă dilatare termică mai redusă.

În concluzie la cele expuse, se poate aprecia ca la aceeași variație de temperatură ΔT , materialele granulare de natură calcaroasă stabilizate cu zgură granulată prezintă deformații reduse, în timp ce materialele silicioase stabilizate cu ciment (în special ciment alitic), în dozaj ridicat și umiditate mare (70 %), manifestă deformațiile cele mai mari.

Variațiile de temperatură amplifică starea de microfisurare a structurii pământurilor stabilizate, procesul de deteriorare agravându-se îndeosebi la variațiile de temperatură mari, bruște și dese, mai ales când între componenți nu există compatibilitate termică datorită unor valori mult diferite ale coeficienților de dilatare termică a acestora.

4.4.3. Contractia hidraulică

Fenomenul de contractie hidraulică constă în diminuarea de volum a amestecului pământ-liant, care se manifestă în condiții izoterme, cauzată de hidratarea progresivă a liantului, de pierderea prin evaporare a unei părți din apă, precum și de carbonatare.

Contractia hidraulică se manifestă sub două moduri, și anume: contractie la întărire și contractie la uscare.

Contractia la întărire se manifestă în absența schimbului de umiditate între material și mediu, fiind cauzată de hidratarea progresivă a liantului.

Contractia la uscare se desfășoară în condițiile transferului de umiditate din material în atmosferă, fiind însoțită și de un proces de carbonatare a hidroxidului de calciu, prin care este pusă în libertate apa evaporabilă, conform următoarei relații chimice:



Contractia la uscare este mult mai mare decât contractia la întărire.

4.4.3.1. Contractia la întărire

În condiții de temperatură constantă și de evitare a transferului de umiditate în atmosferă, pământurile stabilizate cu lianți minerali suferă o diminuare a volumului aparent, denumită contractie la întărire. Fenomenul are un caracter spontan, endogen și ireversibil, fiind un proces de "autouscare" generat de "pierderea interioară a apei" ca efect al hidratării liantului.

La începutul procesului de întărire, formarea gelurilor de cimentare este însoțită de o oarecare creștere de volum, însă în continuarea procesului, se manifestă diminuarea volumului prin contractie.

Contractia de întărire este influențată de proprietățile și proporțiile între componenții minerali ai amestecului, precum și de umiditatea acestuia.

Pământurile stabilizate cu ciment portland obișnuit suferă contracții care cresc pronunțat cu dozajul și, într-o oarecare măsură, cu finețea de măcinare.

La pământurile stabilizate cu lianți bazați pe cenușă de termocentrală, contracțiile la întărire sunt mai reduse.

Influența pământului asupra contracției de întărire depinde de natura acestuia.

Pământurile necoezive (nisipurile, pietrișurile), care după cum se știe se caracterizează prin compresibilitate și capacitate de reținere a apei mult mai reduse decât pământurile coezive, frânează contractia de întărire, aceasta scăzând cu creșterea fracțiunii de agregat.

În cazul pământurilor coezive, deși prin creșterea fracțiunii de microagregate (glomerule) există o tendință de micșorare a contracției, datorită capacității lor ridicate de a lega apa prin

adsorbție, acestea intervin și participă la mecanismul contracției. Având o capacitate de adsorbție mai mare decât pământul, liantul în evoluția hidratării reține o parte din apa prezentă în glomerulele de pământ nemodificat. Astfel, se produce un proces de difuzie interioară a umidității din masa pământului nemodificat spre liant. În consecință, datorită pierderii de umiditate masa de pământ nemodificat suferă contracție. Contracția care însoțește procesul de difuzie interioară a umidității în masa pământului stabilizat, crește cu activitatea de suprafață a pământului, respectiv cu conținutul de fracțiune fină a acestuia.

În afară de factorii menționați mai sus, contracția la întărire este influențată și de mărimea microagregatelor de pământ și de umiditatea optimă de compactare. Astfel, scăderea intensității procesului de difuzie interioară a umidității cu micșorarea dimensiunilor glomerulelor de pământ, determină reducerea contracției. De asemenea, contracția la întărire a pământurilor stabilizate cu lianți minerali scade cu creșterea umidității optime de compactare.

4.4.3.2. Contracția la uscare

După cum s-a arătat contracția la uscare a pământurilor stabilizate cu lianți minerali, precum și umflarea la umezire, se produc datorită schimbului de umiditate cu atmosfera.

Analizând diagrama din fig.4.23, se observă că după începerea procesului de uscare a materialului, contracția crește foarte repede, în continuare coeficientul unghiular al curbei de variație scăzând treptat, iar după un anumit timp contracția la uscare tinde să se stabilizeze [83].

Atât contracția la uscare cât și umflarea la umezire sunt fenomene care se datorează interacțiunii pământului stabilizat cu apa din pori.

Pământurile stabilizate cu lianți sunt medii poroase în care apa este reținută atât prin adsorbție cât și prin capilaritate, iar contracția la uscare crește pe măsura eliminării prin evaporare a apei din porii pământului stabilizat (fig.4.24).

Pierderea apei din materialul poros (pământul stabilizat) are loc în ordinea creșterii energiei de legătură dintre apă și solid. Astfel variația curbilinie de pe primul interval al diagramei prezentate în fig.4.24 corespunde transferului în atmosferă prin evaporare a apei capilare conținute de materialul poros. În continuare, pe timpul evaporării apei absorbite (legate fizic), variația contracției la uscare devine cvasiliniară, menținându-se această formă până spre sfârșitul procesului de uscare, unde diagrama devine din nou curbilinie, având concavitatea orientată spre axa abscisei.

Contracția la uscare este influențată de umiditatea relativă a mediului de conservare, de umiditatea optimă de compactare, de componenții minerali ai pământului stabilizat și de raportul între aceștia. Diminuarea umidității relative și mărirea umidității de compactare determină creșterea contracției la uscare.

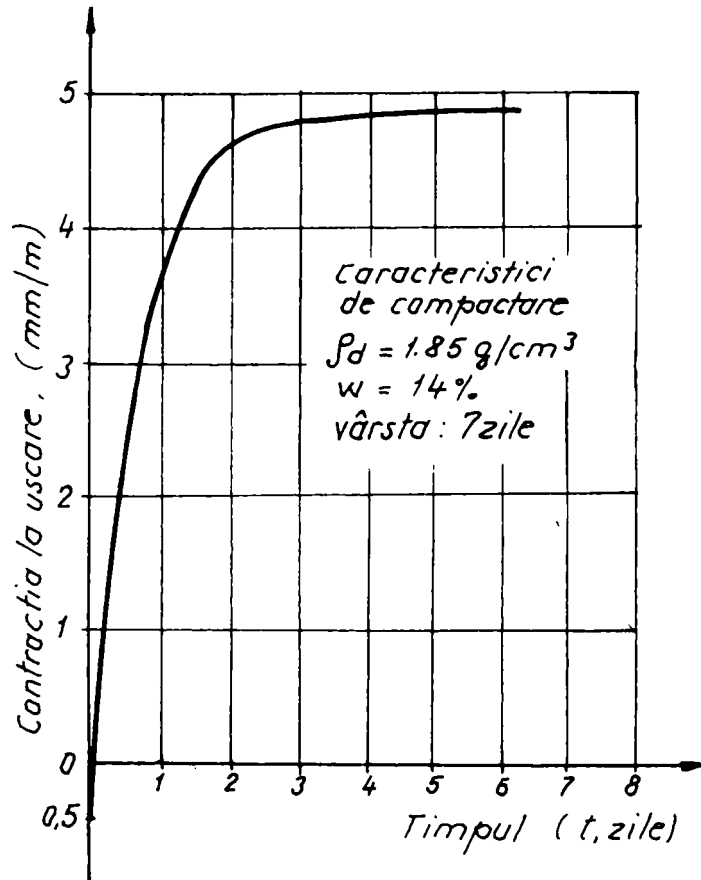


Fig.4.23. Variația contractiei la uscare în funcție de timp pentru loess de Galați stabilizat cu ciment (dozaj 9 %)

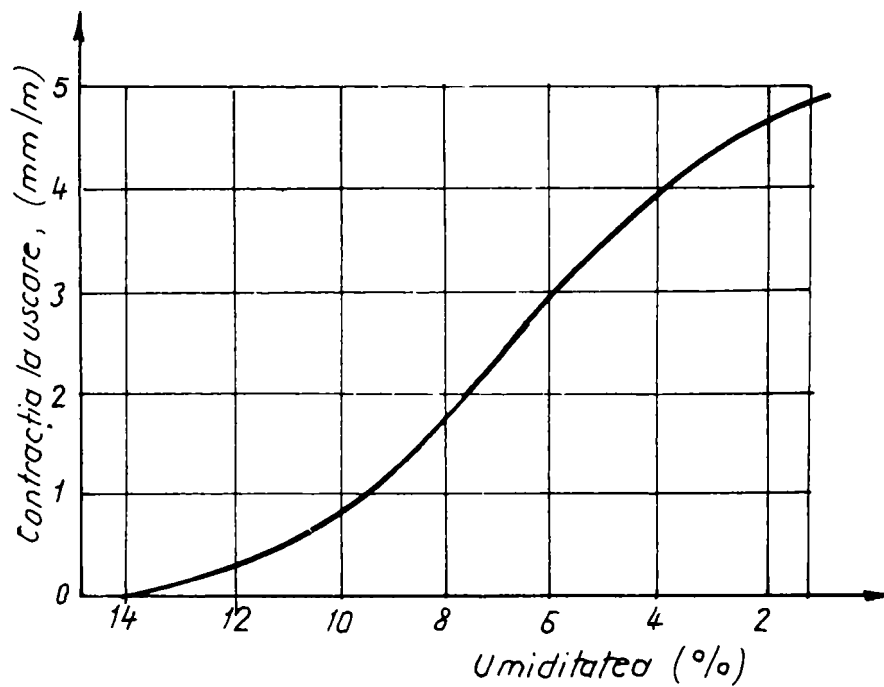


Fig.2.24. Variația contractiei la uscare în funcție de reducerea umidității prin evaporare

La fel ca și în cazul contractiei la întărire, contractia la uscare este influențată în mod diferit de cele două categorii de pământuri: necoezive și coezive. Astfel, prin creșterea fracțiunii

grosiere (pietriș, nisip) a unui pământ necoeziv, în defavoarea liantului, contracția la uscare scade, în schimb sporirea fracțiunii de argilă la un pământ coeziv duce la creșterea contracției la uscare.

Contracția la uscare a pământurilor stabilizate cu lianți minerali se manifestă cu intensitate mai mare în primele 2...3 zile de uscare în atmosferă, continuând pe un interval de 7...12 zile, până la realizarea unei umidități de echilibru, după care înregistrează creșteri reduse.

Datorită contracției hidraulice, în special a contracției la uscare, în masa pământului stabilizat cu lianți minerali se produc microfisuri, care influențează defavorabil structura și durabilitatea acestuia. Starea de microfisurare se accentuează în condițiile existenței unor alternanțe de uscare și umezire, îndeosebi, atunci când acestea se succed cu frecvență mare.

4.4.4. Comportarea pământurilor stabilizate cu lianți minerali la acțiunea de îngheț-dezgheț

Alături de factorii de mediu, comportarea la îngheț-dezgheț a pământurilor stabilizate cu lianți minerali este influențată și de alți factori, cum sunt: porozitatea pământului stabilizat, natura pământului și a liantului folosit. Astfel, nisipurile și pietrișurile cu granulozitate continuă stabilizate cu ciment manifestă, în general, durabilitate mai mare, în timp ce nisipurile fine cu granulozitate uniformă stabilizate cu var încep să sufere deteriorări, uneori, chiar după un număr foarte redus de cicluri îngheț-dezgheț (10...15).

Cu cât înghețul intervine la o vârstă mai înaintată a pământului stabilizat cu lianți minerali, cu atât comportarea acestuia din urmă este mai bună.

Rezistența la îngheț-dezgheț a pământurilor stabilizate cu lianți minerali este mult influențată de gradul de umiditate și umiditatea acestora, precum și de porozitatea și dimensiunile porilor.

Procesele care au loc în pori în decursul înghețului repetat conduc la apariția unor presiuni în structura pământului stabilizat, datorită cărora se dezvoltă o stare de tensiune și de deformație. Deteriorarea structurii materialului începe să se producă mai întâi în puncte izolate, unde tensiunile depășesc rezistența la întindere a pământului stabilizat, apoi procesul se extinde și se generalizează în masa materialului. Ca urmare a slăbirii progresive a structurii pământului stabilizat, proprietățile sale fizico-mecanice înregistrează o evoluție defavorabilă, apărând fenomene de umflare, scăderea rezistențelor mecanice și a modulului de deformație, fisurări și chiar pierderi de masă prin exfolieri.

Mecanismul propriu-zis de deteriorare a structurii pământurilor stabilizate cu lianți minerali este identic cu cel de la pământurile naturale, care a fost prezentat și analizat în detaliu în capitolul II al prezentei lucrări.

Cap.V. STUDIUL UNOR DEFECȚIUNI ȘI DEGRADĂRI ALE DRUMURILOR INFLUENȚATE DE NATURA ȘI PROPRIETĂȚILE TERENULUI DE FUNDARE

Efectuarea unor transporturi rutiere eficiente, în bune condiții de siguranță și confort, impune asigurarea unui nivel tehnic corespunzător și a unui grad cât mai ridicat de viabilitate a întregii rețele de drumuri. În principiu, acest deziderat se poate realiza prin construirea unor drumuri prevăzute cu îmbrăcăminti moderne, fie ele bituminoase sau din beton de ciment, dimensionate corespunzător solicitărilor date de traficul rutier. În același timp, un rol hotărâtor în sporirea viabilității oricărui drum îl are și calitatea patului drumului, pe care reazemă structura rutieră, care trebuie să aibă o capacitate portantă corespunzătoare și invariabilă în timp, indiferent dacă este constituit din teren natural sau din umplutura compactată din corpul rambleurilor.

Comparativ cu alte construcții, drumurile au un specific aparte, care constă în faptul că acestea necesită efectuarea unor lucrări de întreținere pe toată durata lor de exploatare. Solicitățile generate de circulația rutieră, foarte agresive în cazul traficului greu, asociate cu influența a factorilor climaterici, hidrologici și geotehnici [25], [111], impun urmărirea permanentă a stării tehnice a drumurilor și stabilirea unor măsuri adecvate de intervenție prin lucrările de întreținere.

Unul dintre indicatorii principali ai stării tehnice a drumurilor este gradul lor de degradare, a cărui evaluare se bazează pe identificarea și cuantificarea diverselor tipuri de defecțiuni și degradări, care afectează negativ condițiile de circulație.

În afară de cauzele care le produc, de natura și mecanismul de dezvoltare a lor, defecțiunile și degradările drumurilor se diferențiază și în funcție de tipul de îmbrăcăminte, respectiv de existența sau inexistența unei îmbrăcăminti moderne a drumului respectiv [64], [66], [77], [78]. Sub acest aspect în studiul defecțiunilor și degradărilor drumurilor se obișnuiește să se facă următoarea clasificare a acestora:

- defecțiuni și degradări caracteristice drumurilor cu îmbrăcăminte bituminoasă;
- defecțiuni și degradări caracteristice drumurilor cu îmbrăcăminte din beton de ciment;
- defecțiuni și degradări caracteristice drumurilor cu îmbrăcăminte din pavele de piatră;

- degradări caracteristice drumurilor fără îmbrăcămînți moderne.

Cauzele defecțiunilor și degradărilor drumurilor sunt multiple și variate, printre ele de multe ori înscriindu-se și comportarea necorespunzătoare a terenului natural de fundare sau a materialului din corpul terasamentului în rableu.

Așa după cum se va vedea și din prezentarea care urmează, este evident că există o serie de defecțiuni și degradări aferente drumurilor, ale căror cauze nu includ inițial influența comportării terenului natural de fundare sau a umpluturii din care este alcătuit patul drumului. Tot atât de adevărat este și faptul că unele dintre aceste defecțiuni și degradări pot determina comportarea necorespunzătoare a terenului natural de fundare sau a umpluturii rambleurilor, care la rândul lor poate agrava aceste degradări sau poate constitui cauza principală a producerii altor defecțiuni și degradări.

5.1. Defecțiuni și degradări caracteristice drumurilor cu îmbrăcăminte bituminoasă

În exploatarea drumurilor cu îmbrăcăminte bituminoasă, ca urmare a unor cauze diverse, pot apărea o gamă largă de defecțiuni, diferențiate atât ca natură cât și ca intensitate. De asemenea, aceste defecțiuni și degradări se diferențiază și în funcție de locul de apariție, respectiv de elementul structurii rutiere care este afectat [66], [78], după cum urmează:

- defecțiuni ale suprafeței de rulare;
- defecțiuni ale îmbrăcăminte;
- defecțiuni și degradări ale structurii rutiere;
- defecțiuni și degradări ale complexului rutier.

5.1.1. Defecțiuni ale suprafeței de rulare și ale îmbrăcăminte structurii rutiere

Defecțiunile care afectează numai suprafața de rulare sunt determinate de unele cauze legate de calitatea materialelor din stratul de uzură al îmbrăcăminte, de unele deficiențe ale tehnologiei de execuție, de temperatura mediului ambiant, de intensitatea traficului și durata de exploatare a îmbrăcăminte. Din rândul acestor defecțiuni se menționează: **suprafața șlefuită, suprafața exsudată și suprafața șiroită.**

Defecțiunile suprafeței de rulare influențează negativ asupra condițiilor de circulație, favorizând derapajul autovehiculelor, iar unele dintre ele prezintă și un aspect total inestetic, așa cum este cazul suprafeței șiroite.

Îmbrăcămintea bituminoasă a structurilor rutiere poate fi de asemenea, afectată în timp de o serie de defecțiuni și degradări, cum sunt: **pelada, suprafața poroasă, suprafața cu ciupituri, suprafața încrețită, pragurile, văluririle, refulările și rupturile de margine.**

La producerea defecțiunilor ce afectează îmbrăcămintea structurii rutiere, dintre care unele se pot transforma în degradări, participă, în general, tot cauze legate de calitatea materialelor folosite, de tehnologia de execuție, inclusiv a lucrărilor de întreținere, de natura și intensitatea traficului, de durata de exploatare etc.



Fig.5.1. Rupturi de margine cu văluriri și refulări

Unele dintre degradările îmbrăcămintei structurilor rutiere, cum sunt rupturile de margine pot fi agravate și dezvoltate ca extindere și intensitate și prin comportarea necorespunzătoare a straturilor din fundația drumului, inclusiv a terenului de fundare.

Ca fenomen rupturile de margine (fig.5.1) constau în dislocarea și ruperea îmbrăcămintei bituminoase la marginea părții carosabile sub efectul traficului, uneori fiind combinate cu văluriri și refulări. De regulă rupturile de margine apar în cazul când îmbrăcămintea bituminoasă nu a fost încadrată cu borduri. În marea lor majoritate îmbrăcămințile bituminoase fără încadrare au marginile cu multe rupturi și dislocări, care îngustează partea carosabilă, creînd utilizatorilor senzația de nesiguranță, ceea ce-i face să aibă tendința de apropiere de axa drumului.

Factorii determinanți în producerea rupturilor de margine pot fi:

- lipsa acroșării îmbrăcămintei bituminoase de stratul de suport;
- traficul intens, mai ales al vehiculelor cu bandaje metalice;
- contaminarea stratului de suport cu pământ argilos;
- îngheț-dezghețul;

- condiții necorespunzătoare pentru scurgerea apei de pe părțile marginale ale platformei drumului, care poate determina și comportarea necorespunzătoare a terenului (tasare, refulare), mai ales dacă acesta este alcătuit din pământuri argiloase și prăfos-argiloase.

Deși impactul lor asupra stării tehnice și al condițiilor de circulație este semnificativ, totuși defecțiunile caracteristice suprafeței de rulare și în mare parte și cele ale îmbrăcămintei bituminoase a structurilor rutiere pot fi încadrate în categoria defecțiunilor ușoare și mijlocii, pentru care măsurile de remediere sunt relativ mai simple, ele aparținând în mare parte lucrărilor de întreținere. De asemenea, cu excepția unor defecțiuni sau degradări cum sunt rupturile de margini, la producerea acestora stratul de fundație și terenul de fundare nu participă, iar prezența lor, de regulă, nu se răsfrânge asupra comportării terenului de fundare.

5.1.2. Defecțiuni și degradări ale structurii rutiere

Principalele defecțiuni și degradări ale structurii rutiere cu îmbrăcămintă bituminoasă, la producerea și dezvoltarea cărora, alături de alți factori, poate contribui și terenul de fundare se concretizează în: **fisuri și crăpături, faianțări, fâgașe longitudinale și gropi.**

5.1.2.1. Fisuri și crăpături

Fisurile și crăpăturile sunt discontinuități ale îmbrăcăminților bituminoase produse pe diferite direcții. În cazul când deschiderea acestor discontinuități este sub 3 mm poartă denumirea de **fisuri**, iar cele cu deschidere mai mare de 3 mm se numesc **crăpături**.

Față de axa drumului fisurile și crăpăturile pot fi: longitudinale, transversale, multiple pe direcții diferite și unidireționale multiple.

Fisurile și crăpăturile longitudinale pot fi în axa drumului (fig.5.2) sau pe alte generatoare ale suprafeței părții carosabile.

Fisurile și crăpăturile din axa drumului se prezintă sub forma unei linii continue, care separă cele două benzi de circulație ale suprafeței carosabile. În general discontinuitatea din axa drumului se extinde pe zeci și sute de metri, la început apărând ca o fisură, iar apoi în timp, prin ruperea muchiilor se transformă în crăpătură.

Fisurile și crăpăturile din axa drumului se datorează, de regulă, lipsei de decalare dintre rosturile de lucru din stratul de legătură și stratul de uzură, contracției stratului de fundație executat din materiale stabilizate cu ciment sau execuției necorespunzătoare a legăturii dintre straturile de uzură de pe cele două benzi de circulație.

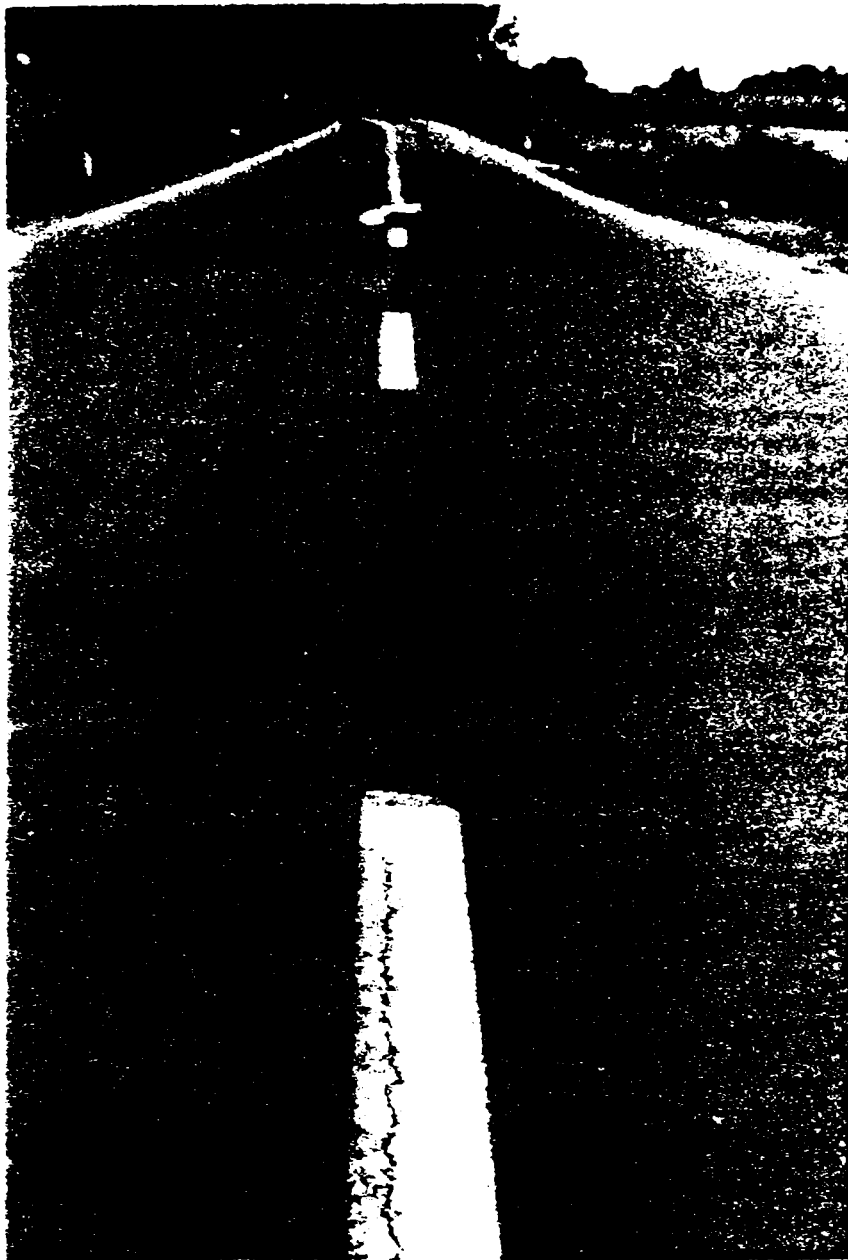


Fig.5.2. Fisură longitudinală în axa drumului

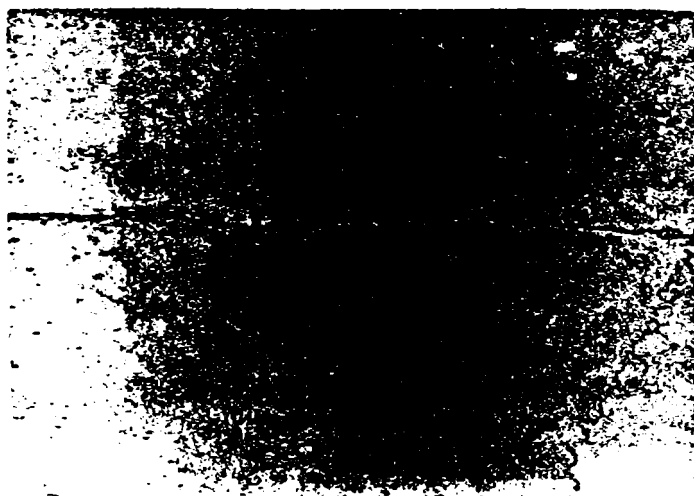


Fig.5.3. Fisură transversală

Fisurile și crăpăturile dezvoltate după alte generatoare ale suprafeței părții carosabile nu se extind ca lungime atât de mult ca cele din axa drumului.

Frecvent fisurile și crăpăturile dezvoltate după diverse generatoare se constată în zonele unde compactarea stratului de bază este insuficientă, mai ales în cazul traficului foarte greu. Fisuri și crăpături longitudinale pot să apară și de-a lungul liniei care separă o fâșie nouă pentru lărgire de structura rutieră veche, datorită faptului că în același profil transversal capacitatea portantă a complexului rutier nu este constantă.

O cauză importantă a producerii fisurilor și crăpăturilor longitudinale o constituie suprasolicitarea complexului rutier, provocată de un trafic greu, mai ales în perioade ce urmează dezghețului. De asemenea, umflările și contracțiile unui teren natural de fundare activ, pe care reazemă structura rutieră a unui drum, poate contribui la producerea și dezvoltarea fisurilor și crăpăturilor longitudinale, atât în axa drumului cât și după alte generatoare.

Fisurile și crăpăturile transversale (fig.5.3) se dezvoltă în îmbrăcămintea bituminoasă perpendicular pe axa drumului sau cu o înclinare mai mare de 30° . Cauzele principale ale producerii fisurilor și crăpăturilor transversale sunt: insuficiența și îmbătrânirea liantului din mixtura asfaltică, diferența mare de temperatură la intervale relativ scurte de timp, oboseala materialului bituminos din îmbrăcămintea rutieră datorită solicitărilor repetate, transmiterea fisurilor în îmbrăcămintea bituminoasă din straturile inferioare ale structurii rutiere (stratul de fundație sau chiar terenul pe care reazemă acesta).

Fisurile provenite din contracția fundației apar mai frecvent la îmbrăcămintele bituminoase așezate pe fundații din materiale granulare (balast, nisip etc) stabilizate cu ciment atunci când nu este asigurată o grosime corespunzătoare a straturilor din mixtura asfaltică, precum și atunci când nu a fost intercalat între stratul stabilizat cu ciment și îmbrăcămintea bituminoasă un strat capabil să preia fisurile. În astfel de cazuri fisurile sunt în general transversale, cu deschideri de 1...3 mm și aproape egal distanțate.

Fisurile și crăpăturile multiple pe direcții diferite (fig.5.4) pornesc din axa drumului și se dezvoltă spre marginile părții carosabile cu ramificații atât longitudinale cât și oblice. Ele pot fi însoțite de unele dezlipiri și dezanrobări, îmbrăcămintea bituminoasă separându-se pe unele porțiuni sub formă de plăci.

Cauzele apariției fisurilor și crăpăturilor multiple pe direcții diferite pot fi legate de fenomenul de oboseală în cazul îmbrăcămintelor cu durată mare de serviciu sau de unele greșeli făcute la prepararea mixturii asfaltice folosite la execuția stratului de rulare. O mixtură asfaltică cu liant insuficient, sau cu liant ars, prezentând o plasticitate redusă, poate cauza fisurarea masivă a îmbrăcămintei.

Fisurile și crăpăturile unidireționale multiple (fig.5.5) constau în fisuri sau crăpături longitudinale foarte apropiate unele de altele, plasate în general în zona întinsă a îmbrăcăminte bituminoase, datorită refulării mixturii asfaltice sau formării de fâgașe pe suprafețele pe care se concentrează traficul. Cauza principală a producerii acestei categorii de fisuri și crăpături o constituie excesul de bitum cu vâscozitate redusă în mixtura asfaltică utilizată la execuția stratului de uzură al îmbrăcăminte.



Fig.5.4. Fisuri multiple pe direcții diferite



Fig.5.5. Fisuri și crăpături unidireționale multiple

Indiferent de felul lor, dacă fisurile și crăpăturile îmbrăcăminte bituminoase se extind pe sectoare de suprafață și lungime mare, este necesară efectuarea unor investigații de detaliu asupra întregului complex rutier, pentru a stabili adevăratele cauze ale producerii și dezvoltării acestor fisuri și crăpături, în funcție de care să se ia măsurile de remediere cele mai eficiente.

5.1.2.2. Faiantări

Faiantările sunt defecțiuni ce se prezintă sub forma unei suprafețe cu o rețea de fisuri longitudinale și transversale. În practică se produc două feluri de faiantări și anume: **faiantări în pânză de păianjen** și **faiantări în plăci**.

Faiantările în pânză de păianjen (fig.5.6) au dimensiunile laturilor rețelei poligonale de fisuri în jur de 5 cm, iar la faiantările în plăci (fig.5.7) acestea sunt mai mari de 5 cm, ajungând până la 10...15 cm.



Fig.5.6. Faiantare în pânză de păianjen



Fig.5.7. Faiantare în plăci

Faiantările pot apărea în îmbrăcămintea de pe toată lățimea părții carosabile sau numai pe anumite zone, de regulă în vecinătatea marginilor și se datorează în general unor mișcări pe verticală. În mare parte faiantările se produc în zonele unde capacitatea portantă a complexului rutier este insuficientă. De asemenea, se constată frecvent faiantări la marginile părții carosabile

neîncadrate de borduri și mărginită de acostamente înalte, care împiedică scurgerea apei de pe platforma drumului, favorizând infiltrarea acesteia în corpul căii, ceea ce evident că provoacă diminuarea capacității portante a patului drumului.

Faianțarea îmbrăcămintelor bituminoase poate fi provocată și de contaminarea cu pământ argilos a straturilor de fundație. Acțiunea îngheț-dezghețului poate constitui o altă cauză a dezvoltării faianțării, caz în care acestea sunt însoțite de rupturi ale îmbrăcămintei bituminoase.

Chiar dacă îmbrăcămintea bituminoasă este corespunzătoare din punct de vedere a caracteristicilor sale fizico-mecanice, distrugerea ei prin faianțare poate fi provocată de tasarea și refularea sub efectul unui trafic greu, mai ales în cazul unor supraumeziri locale, produse de topirea lentilelor de gheață formate în patul drumului, cu atât mai mult atunci când acesta este alcătuit din pământuri gelive.

5.1.2.3. Făgașe longitudinale

Făgașele longitudinale constau în tasări situate în profil transversal în zonele în care se desfășoară traficul greu, care de regulă este canalizat spre marginile părții carosabile. Ele se prezintă sub formă de albie longitudinală cu lățime până la 1 m și adâncime variabilă de la 1...2 cm până la 10...15 cm (fig.5.8).

În profil longitudinal făgașele se pot extinde pe distanțe mari, uneori chiar până la zeci de kilometri.



Fig.5.8. Făgașe longitudinale

Făgașele longitudinale se pot datora unor defecțiuni ale straturilor bituminoase din îmbrăcămintă sau/și unor defecțiuni ale întregului complex rutier.

Utilizarea de mixturi asfaltice cu schelet mineral slab sau cu un conținut de bitum ridicat și de consistență redusă, peste care se poate suprapune și o compactare insuficientă la execuție, pot constitui cauze a defecțiunilor straturilor bituminoase ce se transformă în fâgașe. În acest caz fâgașele se formează la scurt timp după darea în exploatare a drumului.

Fâgașele adânci (10...15 cm) se datorează în general subdimensionării complexului rutier, în producerea lor un rol hotărâtor avînd procesul de deformare pronunțată a fundației și a pământului din patul drumului.

Pătrunderea apei în complexul rutier produce creșterea umidității stratului de formă sau a terenului natural de fundare, care reduce capacitatea portantă la nivelul patului drumului și facilitează tasarea structurii rutiere, formîndu-se astfel fâgașe longitudinale în zonele mai puternic solicitate de trafic. De asemenea, la apariția fâgașelor participă și fenomenul de îngheț-dezghet.

Traficul greu și intens, desfășurat pe aceleași urme, corelat cu una sau mai multe din cauzele menționate, determină apariția și adâncimea fâgașelor, care devin în multe cazuri de-a dreptul periculoase pentru circulația rutieră.

5.1.2.4. Gropi

Gropile (fig.5.9) sunt degradări formate prin dislocarea completă a îmbrăcăminteii bituminoase și de multe ori chiar a stratului suport al acesteia. Ele pot fi izolate sau extinse pe suprafețe mai mari, iar cauzele care stau la baza formării lor sunt multiple. Din rândul acestor cauze se menționează:

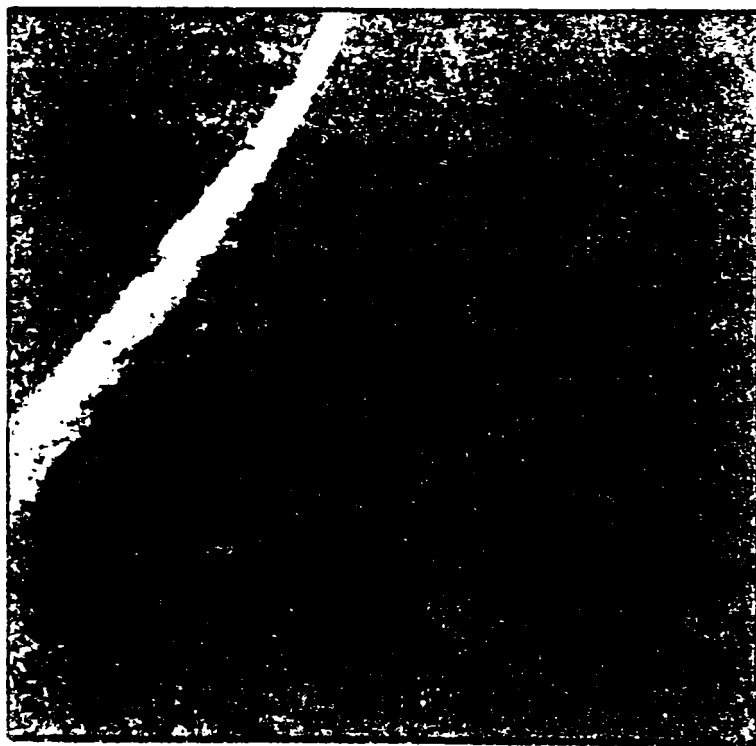


Fig.5.9. Gropi

- dezvoltarea fisurilor și crăpăturilor;
- dislocarea unor porțiuni faianțate ale îmbrăcăminte;
- neasigurarea scurgerii apei de pe platforma drumului;
- acțiunea distrugătoare a vehiculelor pe șenile;
- acțiunea agresivă a unor agenți chimici (benzină, motorină, petrol etc);
- calitate necorespunzătoare a mixturii folosite în execuția îmbrăcăminte;
- execuția îmbrăcăminte pe timp nefavorabil (ploaie, temperatură scăzută etc).

În afara deranjării în mod evident a desfășurării în bune condiții a circulației rutiere, prezența gropilor facilitează pătrunderea apei în stratele inferioare a structurii rutiere, inclusiv în pământul din patul drumului, ceea ce poate duce la degradarea gravă a întregului complex rutier.

5.1.3. Defecțiuni și degradări ale complexului rutier

Principalele defecțiuni și degradări care pot afecta complexul rutier sunt: **degradări provocate de fenomenul de îngheț-dezghet, tasări locale, alunecări ale terasamentelor.**

5.1.3.1. Degradări provocate de fenomenul de îngheț-dezghet

Degradările complexului rutier provocate de fenomenul de îngheț-dezghet (fig.5.10) se datorează umflărilor neregulate generate de mărirea prin înghețare a volumului apei din pământ în zona de îngheț prin transformarea acesteia în lentile de gheață, precum și prin reducerea capacității portante a patului drumului, ca urmare a creșterii umidității la dezghet.



Fig.5.10. Degradări cauzate de îngheț-dezghet

Degradările complexelor rutiere generate de îngheț-dezghet se produc, de regulă, sub acțiunea combinată și simultană a următorilor factori:

- existența în patul drumului a unui pământ sensibil la îngheț sau a unor straturi rutiere realizate din materiale gelive, situate pe adâncimea de îngheț;
- existența în apropierea zonei de îngheț a complexului rutier a unei surse de apă, care să alimenteze zona respectivă în mod gravitațional, prin infiltrare laterală sau prin ascensiune capilară, în perioada de îngheț;
- persistența pe o perioadă îndelungată a înghețului care să favorizeze migrarea apei spre zona de îngheț, ceea ce are ca urmare mărirea lentilelor de gheață și prin aceasta sporirea tensiunilor în materialele supuse înghețului;
- desfășurarea unui trafic greu în perioada dezghețului pe sectoarele de drum cu capacitate redusă.

Formarea lentilelor de gheață nu este obligatoriu condiționată de existența pânzei de apă freatică, deoarece apa, sub orice formă, existentă în patul drumului, provenită prin infiltrații sau capilaritate, dacă se găsește în zona de îngheț contribuie la producerea degradărilor cauzate de fenomenul de îngheț-dezghet.

5.1.3.2. Tasări locale

Tasările locale (fig.5.11) sunt defecțiuni ale planeității suprafeței de rulare, ce constau în deplasări pe verticală ale întregii structuri rutiere. Adâncimea tasărilor locale poate varia de la câțiva centimetri la zeci de centimetri.

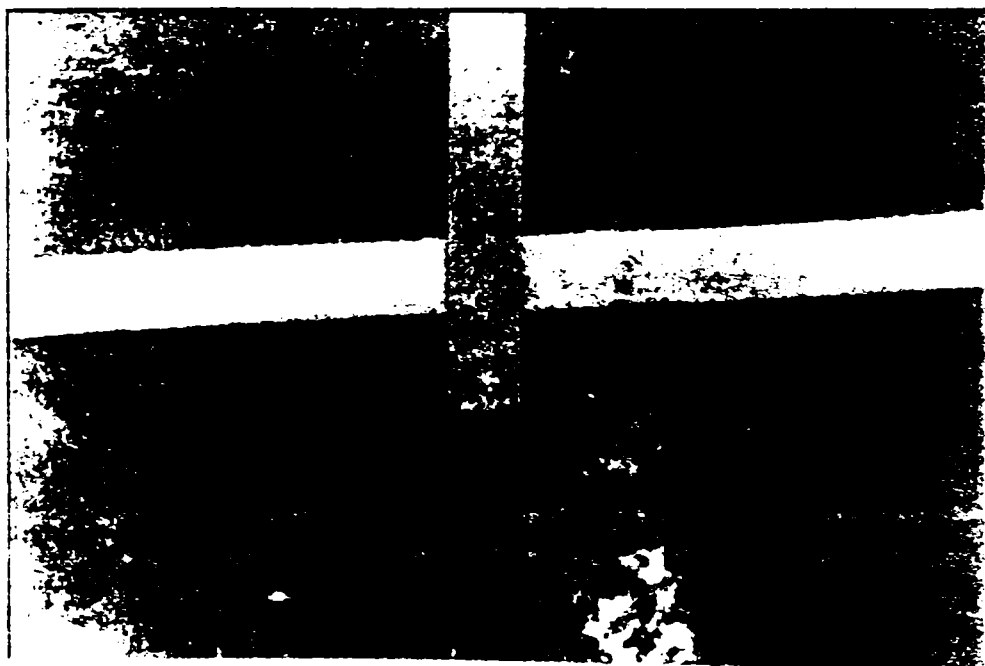


Fig.5.11. Tasare locală

Frecvent tasările locale apar la capetele podurilor și în locurile unde a fost executată subtraversarea terasamentelor drumurilor cu conducte sau cabluri, mai ales dacă aceasta s-a făcut prin șanțuri deschise. Utilizarea unui material necorespunzător pentru umplerea șanțurilor deschise, după ce au fost montate conductele sau cablurile, completată de compactarea necorespunzătoare a acestuia, constituie cauzele producerii tasărilor locale în aceste situații. Deși în cazul când subtraversarea se face prin forare orizontală, pericolul producerii de tasări locale este redus, acestea pot totuși să apară dacă interspațiul dintre peretele forajului și conductă sau cablu este relativ mare și rămâne neumplut.

Tasările de la capetele podurilor și podețelor se datorează utilizării unor materiale de umplură necorespunzătoare în terasament și mai ales insuficienței compactării a acestora.

Cedarea terenului de fundare precum și unele refulări laterale ale materialului pământos din corpul unor terasamente în rambleu, pot constitui alte cauze determinante ale producerii de tasări locale ale complexelor rutiere.

5.1.3.3. Alunecări ale terasamentelor drumurilor

În mod destul de frecvent terasamentele drumurilor, mai ales cele în rambleu, dar nu numai, sunt afectate de diferite fenomene de instabilitate și în special de alunecări de teren (fig.5.12).



Fig.5.12. Terasament de drum afectat de alunecare de teren

Creșterea umidității pământului din corpul terasamentului, datorită lipsei sau insuficienței sistemelor de colectare și evacuare a apei din zona drumului și posibilitatea infiltrării acesteia în

corpul drumului prin diversele defecțiuni și degradări ale structurii rutiere, alături de traficul greu, constituie principalele cauze ale alunecărilor de teren care afectează terasamentele drumurilor.

În cazul unor terasamente în rambleu alcătuite din materiale omogene, alunecările sunt de tip asecvent, caracterizate prin suprafețe de alunecare a căror cornișe de desprindere pot pătrunde mult în partea carosabilă.

La terasamente cu profil transversal mixt, se produc în general alunecări consecvente, suprafața de alunecare desfășurându-se de-a lungul limitei de separație între umplutura părții de rambleu a profilului transversal și restul patului drumului, constituit din teren natural în pantă.

Pe traseele unor drumuri care străbat regiuni cu relief accidentat, alunecările de teren care afectează terasamentele acestora se corelează în marea majoritate a cazurilor cu cele ale versanților adiacenți, ceea ce face ca în multe situații acestea să fie de mare avengură și să necesite lucrări complexe și costisitoare pentru stabilizarea și consolidarea lor.

5.2. Defecțiuni și degradări caracteristice drumurilor cu îmbrăcăminte din beton de ciment

În condițiile unei proiectări și execuții corecte, drumurile cu îmbrăcăminte din beton de ciment au durată îndelungată de exploatare, iar lucrările specifice de întreținere sunt în general mai simple și mai reduse ca volum [78]. Totuși și la aceste drumuri apar în decursul exploatării lor o serie de defecțiuni și degradări, care se pot diferenția tot în funcție de locul de apariție [66], în:

- defecțiuni ale suprafeței de rulare (suprafață șlefuită, suprafață alunecoasă, suprafață exfoliată, peladă);
- defecțiuni ale rosturilor (decolmatarea rosturilor, deschiderea rosturilor longitudinale, exces de mastic în rosturi);
- defecțiuni și degradări ale structurii dalelor din beton (fisuri și crăpături, rupturi, faianțări, tasarea dalelor, fenomenul de pompaj, distrugerea totală a dalelor).

Este evident că și în cazul drumurilor cu îmbrăcăminte din beton de ciment, complexul rutier poate fi afectat de degradări specifice unor fenomene de instabilitate a terasamentelor (alunecări, refulări laterale, tasări etc).

În general defecțiunile și degradările specifice îmbrăcămintelor din beton de ciment se datorează următoarelor categorii de cauze:

- acțiunea agresivă a traficului greu;
- dimensionarea necorespunzătoare a structurii rutiere;
- calitatea necorespunzătoare a materialelor folosite la construcție;

- condițiile dificile de exploatare;
- execuția necorespunzătoare a lucrărilor de construcție și apoi de întreținere.

Traficul greu și intens este hotărâtor, printre altele, în producerea și dezvoltarea fenomenului de pompaj, care la rândul lui generează alte tipuri de defecțiuni (fisuri, tasări, rupturi etc).

O structură rutieră dimensionată necorespunzător, respectiv cu dale de grosime și rezistență insuficiente, fără sau cu sisteme ineficiente pentru drenarea apei din corpul drumului, neasigurată la îngheț-dezghet și mai ales cu o capacitate portantă neuniformă a straturilor de fundație și a terenului din patul drumului, determină apariția de defecțiuni și degradări atât la nivelul îmbrăcăminte (fisuri și crăpături), cât și al structurii dalelor (tasări de dale, faianțări, degradări totale).

Calitatea necorespunzătoare a materialelor folosite la execuția îmbrăcămintelor din beton de ciment determină în mod special exfolierea suprafeței de rulare, atunci când s-au folosit agregate murdare sau gelive, precum și a fisurilor și faianțărilor, dacă cimentul folosit a fost necorespunzător.

Unele condiții dificile de exploatare cum ar fi un regim pluvial ridicat, un ecart extins de temperaturi sau cicluri repetate de îngheț-dezghet, constituie, de asemenea, cauze ale producerii unor defecțiuni și degradări ale rosturilor dintre dale, ale îmbrăcăminte și ale structurii dalelor. Gradul de dezvoltare a acestor defecțiuni și degradări este în mod hotărâtor influențat și de durata de exploatare.

Apariția tuturor tipurilor de defecțiuni și degradări ale îmbrăcămintelor din beton de ciment este determinată și de o execuție necorespunzătoare a lucrărilor de construcție, un rol determinant avându-l calitatea operațiilor de amenajare și colmatare a rosturilor dintre dale. De asemenea, prezența înghețului pe timpul prizei și întăririi cimentului favorizează apariția defecțiunilor, în special a exfolierilor.

Neexecutarea la timp sau efectuarea defectoasă a lucrărilor de întreținere, mai ales a celor de colmatare periodică a rosturilor decolmatate, a fisurilor și crăpăturilor apărute, influențează apariția și dezvoltarea tuturor tipurilor de defecțiuni și degradări.

În mare parte defecțiunile și degradările îmbrăcămintelor din beton de ciment se produc și se dezvoltă progresiv în timp, sub acțiunea traficului și a condițiilor de exploatare, după următoarele succesiuni: decolmatarea rosturilor – pompaj – fisurare – tasare – crăpătură - faianțare - degradare totală sau exfoliere – groapă - degradare totală.

Dintre defecțiunile și degradările îmbrăcămintelor din beton de ciment, la a căror apariție și dezvoltare, natura, capacitatea portantă și deformabilitatea terenului din patul drumului pot avea o influență hotărâtoare, se rețin:

- fisurile și crăpăturile dalelor;
- fenomenul de pompaj;
- faianțările;
- tasarea dalelor;
- distrugerea totală a dalelor.

5.2.1. Fisuri și crăpături ale dalelor

Fisurile și crăpăturile sunt defecțiuni frecvent întâlnite la îmbrăcămințile din beton de ciment. Ele pot apărea atât datorită variației de volum a betonului prin dilatare și contracție, cât și ruperii betonului cauzată de acțiunea mecanică a traficului. De asemenea, apariția, dar mai ales dezvoltarea lor, poate fi influențată și de comportarea necorespunzătoare a terenului din patul drumului. La fel ca la îmbrăcămințile bituminoase, deschiderile existente în dalele din beton cu lățime sub 3 mm se consideră fisuri, iar cele cu lățime peste 3 mm sunt crăpături.

În funcție de variația deschiderilor fisurilor și crăpăturilor din dalele din beton, acestea se consideră active sau pasive. Dacă deschiderea variază cu mai mult de 0,5 mm la o variație zilnică a temperaturii betonului de 10 ° C, fisurile și crăpăturile se consideră active, iar în cazul când la variația temperaturii deschiderea fisurilor și crăpăturilor se păstrează aproximativ constantă, acestea sunt pasive. În general, procedeele de remediere a fisurilor și crăpăturilor se aleg și în funcție de caracterul activ sau pasiv al acestora.

În raport cu orientarea fisurilor și crăpăturilor față de axa drumului, acestea pot fi: transversale, longitudinale, diagonale, de colț.

5.2.1.1. Fisuri și crăpături transversale

Fisurile și crăpăturile transversale (fig.5.13) sunt dispuse după o direcție aproximativ perpendiculară pe axa drumului și se pot datora structurii rutiere necorespunzătoare, unor greșeli în execuția lucrărilor de construcție, precum și condițiilor de exploatare.

Cauzele producerii fisurilor și crăpăturilor transversale ale dalelor din beton, care sunt legate de structura rutieră, în principal constau în:

- capacitatea portantă redusă și neuniformă în lungul dalelor a terenului de fundare sau a straturilor de fundație;
- lungime mare a dalelor și grosime insuficientă;
- condiții insuficiente de drenare a apei din corpul drumului.

Utilizarea unui beton de ciment cu insuficientă rezistență la întindere din încovoiere, neglijarea protecției betonului proaspăt turnat sau tăierea cu întârziere a rosturilor de contracție

sunt unele din greșelile care se pot face la execuție și care apoi pot cauza producerea fisurilor și crăpăturilor transversale.



Fig.5.13. Crăpătură transversală

Oboseala betonului sub acțiunea combinată și de lungă durată a traficului greu și a variațiilor însemnate de temperatură și umiditate, pot fi, de asemenea, cauze ale producerii fisurilor și crăpăturilor transversale.

5..2.1.2. Fisuri și crăpături longitudinale

Fisurile și crăpăturile longitudinale (fig.5.14) sunt orientate aproximativ paralel cu axa drumului.

Una din cauzele principale ale producerii fisurilor și crăpăturilor longitudinale o constituie tasarea neuniformă în profil transversal a fundației drumului și a terenului din patul drumului, ceea ce facilitează fisurarea dalelor sub acțiunea traficului. Datorită acestei cauze, în afară de fisurarea betonului din dale, poate să apară și deschiderea rostului longitudinal (fig.5.15).

La deschiderea rosturilor longitudinale poate contribui și lipsa sau insuficienta ancorare cu bare de oțel-beton a rostului de contact dintre dalele benzilor de circulație sau dintre dalele normale și o supralărgire. Deschiderea rosturilor longitudinale are o lățime de regulă peste 3 cm, putând conduce la decolmatarea acestora și prin aceasta la crearea posibilității de infiltrare a apei în straturile inferioare ale structurii rutiere, inclusiv în patul drumului.

Existența în patul drumului a unor pământuri active sau gelive constituie o altă cauză, care poate contribui la producerea și mai ales la dezvoltarea fisurilor și transformarea lor în crăpături, prin presiunea generată de creșterea de volum a acestora prin umflare sau înghețare.

De asemenea, contractia transversală a betonului, mai ales în cazul unei lăţimi mari a părţii carosabile şi a lipsei sau insuficienţei adâncimii a rosturilor longitudinale de contracţie, poate duce la apariţia fisurilor longitudinale.



Fig.5.14. Fisură și crăpătură longitudinală



Fig.5.15. Deschidere de rost longitudinal

5.2.1.3. Fisuri și crăpături diagonale și de colț

Fisurile și crăpăturile diagonale (fig.5.16) sunt dispuse aproximativ paralel cu diagonala unei dale și orientate spre axa drumului.

Fisurile și crăpăturile de colț sunt dispuse tot diagonal formând un triunghi, aproximativ dreptunghic, cu un rost longitudinal și o margine de dală (fig.5.17) sau cu un rost și o fisură transversală.

Atât la fisurile și crăpăturile diagonale cât și la cele de colț, una din cauzele principale a producerii lor o constituie încărcarea din trafic, aplicată pe capetele sau pe colțurile dalelor,

rezemate pe un suport cu capacitate portantă insuficientă și tasat neuniform, astfel încât porțiuni din dale nu mai au rezemare continuă sau rămân în consolă.



Fig. 5.16. Fisuri și crăpături diagonale



Fig. 5.17. Fisură și crăpătură de colț

Priza falsă a cimentului care împiedică realizarea contracției plastice normale a betonului proaspăt ca urmare a întăririi premature a acestuia, constituie, de asemenea, o cauză a producerii fisurilor și crăpăturilor diagonale în dalele din beton.

Fisurile și crăpăturile de colț se pot datora și unor alunecări laterale a dalelor executate cu rosturi transversale oblice, precum și prezenței unor materiale dure pe porțiunea de capăt a rosturilor transversale.

5.2.2. Fenomenul de pompaj

Ridicarea spre suprafața îmbrăcămintei printr-un rost sau crăpătură, a noroiului format din apa infiltrată sub dale și terenul de fundare de natură argilooasă, sub efectul mișcării pe verticală a dalei datorită traficului, poartă numele de pompaj (fig.5.18 și 5.19).

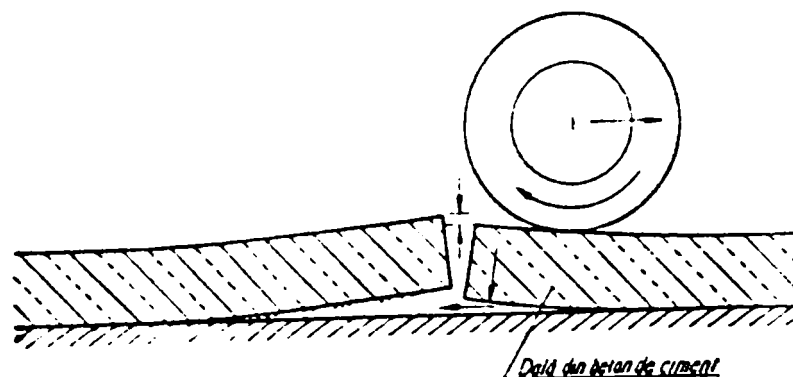


Fig.5.18. Schema producerii pompajului



Fig.5.19. Fenomenul de pompaj

Pompajul poate apărea de-a lungul rosturilor transversale sau longitudinale, în lungul fisurilor și al marginilor îmbrăcămintei.

Cauza principală a producerii pompajului constă în prezența apei libere între stratul de fundație și terenul de fundare, combinată cu deformarea și deplasarea dalelor sub acțiunea încărcărilor din trafic. Sub acțiunea presiunii dalei generală de încărcarea din trafic, pământul argilos amestecat cu apă este expluzat spre exterior prin rost.

Este de înțeles că pe măsura desfășurării și intensificării fenomenului de pompaj, acesta contribuie la dezvoltarea și agravarea defecțiunilor și degradărilor îmbrăcămintei din beton de ciment, până la distrugerea totală a dalelor, dacă nu se iau în timp util măsuri de remediere.

5.2.3. Faianțări

Prin faianțare îmbrăcămințile din beton de ciment se separă în plăci cu laturi de 10...30 cm sau mult mai mari (0,50...1,50 m), prin fisuri și crăpături de toate tipurile, care străbat întreaga grosime a dalelor (fig.5.20).



Fig.5.20. Faianțări

Drept cauze principale a producerii faianțărilor în cazul îmbrăcăminților din beton de ciment pot fi:

- existența unei fundații necorespunzătoare sub îmbrăcăminte;
- umezirea excesivă a patului drumului ca urmare a infiltrării apei de pe suprafața carosabilă prin fisuri și rosturi decolmatate, precum și a unei drenări insuficiente a corpului drumului;
- prezența în terenul de fundare a unor pământuri gelive, concomitent cu umezirea acestora și acțiunea traficului greu în perioada dezghețului;
- grosime insuficientă a dalelor.

Oboseala betonului datorită duratei îndelungate de exploatare sub efectul traficului greu și intens, de asemenea, contribuie la faianțarea dalelor din beton.

5.2.4. Tasarea dalelor

Tasarea dalelor constă în producerea în dreptul unui rost transversal sau longitudinal a unei diferențe de nivel între marginile a două dale adiacente (fig.5.21).

Se consideră că o dală este tasată când denivelarea în profil longitudinal sau transversal a îmbrăcăminții este mai mare de 5 mm, sub un dreptar de 3 m lungime.

Cauza determinantă a producerii tasărilor dalelor o constituie o comportare necorespunzătoare a terenului de fundare, respectiv capacitatea portantă redusă și deformabilitate

pronunțată a acestuia datorită umezirii, astfel încât uneori dalele pot rămâne în consolă. De asemenea, tasarea, refularea laterală sau alunecarea (surparea) terasamentelor în rambleu pot provoca tasarea dalelor din zona afectată de aceste instabilități.



Fig.5.21. Tasarea dalelor

5.2.5. Distrugerea totală a dalelor

Degradarea totală a dalelor se produce ca urmare a dezvoltării și agravării celorlalte defecțiuni, astfel încât îmbrăcămintea se prezintă cu multe faianțări, fisuri, crăpături, rupturi și tasări, devenind impracticabilă pentru circulație.

Cauza directă care desăvârșește procesul distrugerii totale a dalelor este acțiunea traficului intens și greu, care poate degrada masiv dalele ajunse la expirarea duratei de exploatare, prin obosirea materialului sau înainte de aceasta, datorită unor greșeli de proiectare, execuție sau întreținere. În realitate la amorsarea fenomenului de distrugere totală a dalelor participă toate cauzele celorlalte defecțiuni și degradări analizate anterior.

Se mai poate menționa și faptul că neefectuarea sau întârzierea lucrărilor de întreținere și reparare a dalelor afectate de diverse defecțiuni, duc în final la distrugerea totală a acestora.

5.3. Defecțiuni și degradări caracteristice drumurilor cu îmbrăcăminte din pavele din piatră

Deși prezența îmbrăcăminților din pavele din piatră este redusă, totuși mai există sectoare de drumuri sau străzi cu astfel de îmbrăcăminte.

Ca și la celelalte tipuri de îmbrăcăminte și la pavajele executate din piatră fasonată se produc unele defecțiuni și degradări, care influențează negativ condițiile de circulație [66].

Defecțiunile și degradările aferente acestui tip de îmbrăcăminte pot afecta rosturile dintre pavele, pavelele sau structura rutieră.

În timp rosturile dintre pavele sunt supuse decolmatării (fig.5.22), care are ca urmare deteriorarea etanșeității îmbrăcăminte și prin aceasta infiltrarea apei în straturile de fundație, inclusiv în terenul din patul drumului. De aceea, în cadrul lucrărilor de întreținere a pavajelor, operația de menținere a etanșeității rosturilor prin colmatarea lor cu mastic bituminos are mare importanță, asigurând impermeabilitatea îmbrăcăminte și împiedicând rotunjirea muchiilor pavelelor.



Fig.5.22. Pavaj cu rosturi decolmatate

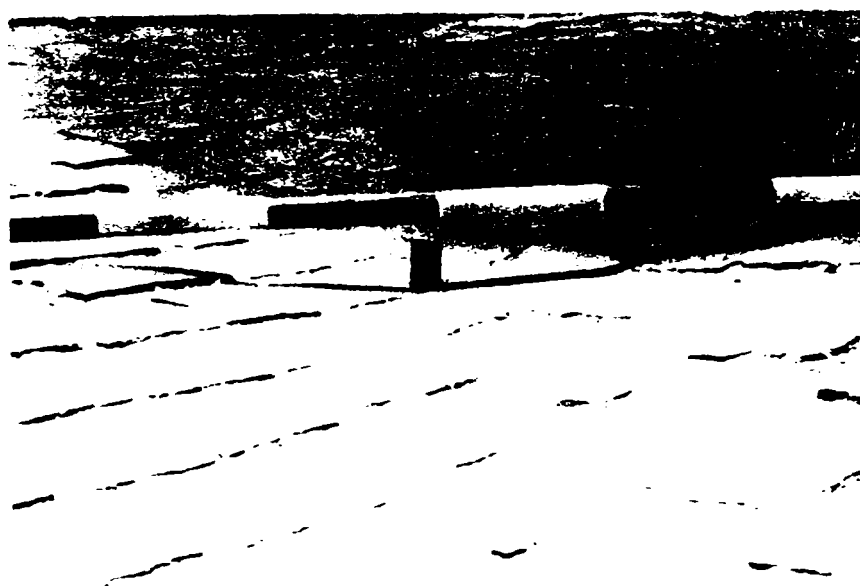


Fig.5.23. Denivelarea pavajului

În afară de șlefuirea suprafeței pavelelor și rotunjirea muchiilor acestora, sub efectul circulației se poate produce și înfundarea sau spargerea unor pavele izolate.

Datorită circulației muchiile pavelelor se uzează mai repede decât mijlocul lor, astfel că în timp suprafața lor devine bombată. Pe măsură ce rotunjirea muchiilor pavelelor se dezvoltă, circulația devine mai incomodă datorită vibrațiilor produse la trecerea pe pe o pavea pe alta, iar degradarea se intensifică.

Înfundarea pavelelor se manifestă sub formă de tasări izolate și se datorează în principal cedării fundației de sub pavelele respective. Spargerea pavelelor este legată de existența unor fisuri sau a unui grad de alterare avansat al rocii din care au fost executate pavelele.

Defecțiunea care are cel mai pronunțat efect defavorabil asupra desfășurării normale a circulației, constă în denivelarea unor porțiuni din pavaj sub formă de tasări locale (fig.5.23).

În afara deranjării circulației, denivelarea pavajului favorizează stagnarea apei care se poate infiltra prin rosturi în terenul din patul drumului, reducându-i portanța și mărindu-i deformabilitatea, care la rândul lor accentuează degradarea. Datorită acestui lucru, mai ales primăvara, sub influența traficului greu, denivelările se extind pe suprafețe mari, putând forma fâgașe.

5.4. Degradări caracteristice drumurilor fără îmbrăcămînți moderne

Strategia de dezvoltare a infrastructurii transporturilor rutiere din România, elaborată de către Administrația Națională a Drumurilor, prevede îmbunătățirea armonioasă a întregii rețele rutiere, inclusiv a drumurilor fără îmbrăcămînți moderne, respectiv a celor pietruite și din pământ, mai ales că lungimea totală a acestora este de circa 2,7 ori mai mare decât cea a drumurilor naționale [12], [62], [117]. Atenția care se acordă acestei categorii de drumuri este dovedită și de faptul că drumurile fără îmbrăcămînți moderne au constituit o temă separată la cel de al XI-lea Congres Național de Drumuri și Poduri din România, desfășurat la Timișoara (11...14 septembrie 2002).

Deși traficul preluat de drumurile fără îmbrăcămînți moderne este redus, aceste drumuri au o importanță deosebită din punct de vedere economic și social, uneori chiar vitală pentru populația din zonele pe care le deservesc [117]. Pe de altă parte, pe aceste drumuri circulă frecvent vehicule grele, care contribuie substanțial la degradarea lor.

Un criteriu de clasificare a degradărilor și la drumurile fără îmbrăcămînți moderne îl constituie tot locul de apariție, în funcție de care degradările pot fi:

- degradări ale suprafeței de rulare;
- degradări ale complexului rutier;
- degradări ale terasamentelor.

Se menționează că în conformitate cu terminologia rutieră actuală, degradările complexului rutier se referă atât la structura unui drum pietruit, alcătuit din material pietros dispus în unul sau mai multe straturi, stratul de formă și terenul de fundare, pe adâncimea zonei active, cât și la complexul rutier al drumurilor din pământ alcătuit doar din stratul de formă și terenul de fundare.

Cu toate că drumurile pietruite au o structură rutieră proprie alcătuită din materiale granulare stabilizate mecanic, acestea nu sunt impermeabilizate și, ca urmare comportarea lor în exploatare este similară cu cea a drumurilor din pământ.

În producerea degradărilor complexului rutier și a terasamentelor drumurilor pietruite și din pământ, alături de acțiunea traficului, în special a celui greu, și a apei, un rol hotărâtor îl poate juca natura, proprietățile de deformabilitate și capacitatea portantă a terenului din patul drumului.

Dintre degradările a căror producere și dezvoltare poate fi influențată mult de natura și proprietățile terenului, respectiv de capacitatea portantă redusă și neuniformă a acestuia, se menționează:

- vălurile;
- fâgașele longitudinale;
- denivelările;
- gropile;
- degradările terasamentelor.

5.4.1. Văluriri

Văluririle sunt degradări ale complexului rutier iar suprafața vălurită se prezintă cu denivelări în profil longitudinal sub forma unei suprafețe ondulate. La drumurile fără îmbrăcămînți moderne distanța dintre ondulări poate varia mult (0,5...20 m), iar amplitudinea acestora, de asemenea, se înscrie între limite destul de largi (1...20 cm).

Aceste degradări apar sub acțiunea traficului pe sectoarele și zonele drumurilor caracterizate de o capacitate portantă neuniformă, datorată fie naturii și caracteristicilor pământului din terenul de fundare, fie unei granulozități necorespunzătoare a materialului compactat, iar în cazul drumurilor pietruite și unei grosimi neuniforme a stratului de agregate.

La agravarea vălurilor și în special la mărirea amplitudinilor acestora, participă intens apa care poate stagna în zonele concave ale suprafeței de rulare.

Neluarea în timp util a unor măsuri de remediere, care de regulă constau în reprofilare cu autogrederul cu sau fără adaos de material, vălurile se agrevează din ce în ce mai mult, incomodînd substanțial circulația vehiculelor.

5.4.2. Fâgașe longitudinale

La drumurile fără îmbrăcămînți moderne fâgașele longitudinale se prezintă sub forma unor canale în lungul drumului, situate în zonele în care se circulă în mod repetat, în special cu vehicule grele. Adâncimea și lățimea acestor fâgașe poate varia în limite destul de largi, ele

agravându-se în special prin desfășurarea traficului greu după perioade bogate în precipitații sau primăvara după topirea zăpezii. În astfel de situații, drumurile fără îmbrăcăminti moderne, mai ales cele din pământ, devin impracticabile pentru circulația auto, transformându-se în drumuri înfundate.

La adâncimi de peste 25 cm a fâgașelor, drumurile din pământ și pietruite sunt inaccesibile pentru autoturisme, chiar și în condițiile când sunt uscate.

Așa cum s-a mai arătat, cauza principală a formării fâgașelor longitudinale pe drumuri fără îmbrăcăminti moderne o constituie existența traficului greu canalizat și în unele cazuri accesul pe aceste drumuri a unor vehicule speciale, șenilate sau pe pneuri, cu dimensiuni mari (tractoare spre exemplu).

Producerea fâgașelor este favorizată și de o amenajare necorespunzătoare a platformei drumului, caracterizată de lipsa pantelor accentuate, atât în profil transversal cât și longitudinal, care să asigure îndepărtarea rapidă a apelor de suprafață de pe platforma drumului, astfel încât să nu se realizeze infiltrarea lor în corpul drumului.

Lipsa sistemelor de colectare și evacuare a apelor sau funcționarea lor inefficientă, cauzată de multe ori de o întreținere necorespunzătoare, constituie o altă cauză a producerii și dezvoltării fâgașelor pe astfel de drumuri, mai ales în zonele de câmpie, unde condițiile scurgerii și drenării gravitaționale sunt precare.

Capacitatea portantă redusă și neuniformă în profil transversal a patului drumului, prezența unor pământuri active sau gelive, reprezintă alte cauze care contribuie la formarea și agravarea fâgașelor longitudinale pe drumuri fără îmbrăcăminti moderne.

5.4.3. Denivelări

Denivelările constau în degradări ale complexului rutier ce apar sub forma unor deformații verticale ale acestuia, atât în profil transversal, cât și longitudinal. Denivelările accentuate se transformă în degradări de tipul gropilor. Denivelările drumurilor din pământ conduc la o suprafață de rulare foarte neuniformă sub aspectul planeității. În general, apar în zona urmelor de circulație, paralele sau înclinate față de axa drumului, care impun manevre frecvente pentru diminuarea vitezei de circulație, ceea ce afectează mult confortul utilizatorilor. La drumurile pietruite frecvența denivelărilor este mai mare, practic acestea resimțindu-se "de la o piatră la alta".

În general, denivelările nu împiedică desfășurarea circulației, indiferent de tipul vehiculului. Totuși, în condiții climaterice defavorabile, circulația pe drumurile din pământ devine foarte greoaie, uneori putând conduce chiar la împotmoliri ale autovehiculelor.

Utilizarea la construcția drumurilor fără îmbrăcămînți moderne a unor materiale (pămînt sau agregate naturale) cu granulozitate necorespunzătoare, pentru care nu se asigură realizarea grădului de compactare prevăzut și nici uniformitatea capacității portante, reprezintă o cauză determinantă a producerii denivelărilor în suprafața de rulare a acestor drumuri. La drumurile pietruite denivelările pot apărea și datorită existenței în masa agregatelor naturale a unor pungi cu pămînt argilos sau prăfos, care conduc la tasări locale mari.

La aceste cauze care țin de calitatea materialelor folosite și a lucrărilor de execuție, se adaugă bineînțeles acțiunea traficului, prin degradarea structurală neuniformă a suprafeței de rulare. La drumurile pietruite, această neuniformitate a degradării structurale se datorează folosirii mai multor tipuri de agregate naturale cu rezistențe la uzură diferite, iar la drumurile din pămînt, rulării acestora în mod preferențial, în funcție de starea tehnică a drumului, datorată, în special condițiilor climaterice.

Acordarea unei atenții sporite calității execuției lucrărilor de construcție a drumurilor fără îmbrăcămînți moderne, precum și calității materialelor contribuie la prevenirea degradărilor de tipul denivelărilor.

5.4.4. Gropi

În cazul drumurilor fără îmbrăcămînți moderne, gropile sunt degradări localizate în partea superioară a complexului rutier, de forme și dimensiuni variabile. Ele se formează fie prin tasări izolate la drumurile din pămînt, fie prin dislocarea parțială sau totală a agregatelor naturale, în cazul drumurilor pietruite.

În afară de incomodarea circulației vehiculelor, prezența gropilor în stratul de rulare favorizează formarea bălților, care influențează negativ asupra capacității portante și a caracteristicilor de deformabilitate ale pămîntului din corpul drumului.

Principalele cauze care determină apariția degradărilor sub formă de gropi la drumuri fără îmbrăcămînți moderne sunt:

- acțiunea traficului greu și șenilat, care conduce la dislocarea materialului din stratul de rulare; acțiunea repetată a traficului pe o suprafață cu gropi, în care stagnează apa din precipitații, are ca urmare mărirea dimensiunilor acestora;
- grosimea necorespunzătoare a pietruirii realizate la drumurile pietruite;
- intensitatea și durata acțiunii factorilor climaterici asupra unui terasament necorespunzător calitativ;
- lipsa sau funcționarea defectoasă a sistemelor de colectare și evacuare a apei de pe platforma drumului.

Chiar și pentru condiții corespunzătoare, în ceea ce privește calitatea materialelor folosite și execuția drumurilor fără îmbrăcămînți moderne, apariția degradărilor sub formă de gropi este inevitabilă și greu de prevenit, de aceea se impune monitorizarea acestor drumuri și efectuarea lucrărilor de remediere în timp util.

5.4.5. Degradări ale terasamentelor

Lipsa îmbrăcămînței impermeabile la drumurile fără îmbrăcămînți moderne, alături de alte cauze legate de natura materialului pămîntos din corpul terasamentelor și de calitatea compactării acestuia, face ca susceptibilitatea acestora la diverse degradări, cauzate în special de fenomene de instabilitate, să fie relativ ridicată. La fel ca la drumurile cu îmbrăcămînți moderne, frecvent terasamentele drumurilor din pămînt și pietruite sunt afectate de degradări, cauzate de unele fenomene de instabilitate, cum sunt: tasările locale, refulările laterale, alunecările de teren, surpările și prăbușirile.

Tasările locale sunt degradări ale terasamentelor concretizate în deplasări pe verticală, localizate, ale pămîntului sau ale stratului de piatră, la drumurile pietruite, produse sub acțiunea repetată a traficului, în special a celui greu. Ele pot avea loc concomitent sau nu și cu unele refulări laterale ale pămîntului din corpul terasamentelor.

Alunecările de teren constau în desprinderea unei părți din terasament și deplasarea spre baza taluzului acestuia, după o suprafață de alunecare care poate afecta numai terasamentul sau și terenul din jur. Uneori, mai ales la rambleuri înalte, pierderea stabilității acestora poate avea loc și sub formă de surpare sau prăbușire.

5.5. Studii și cercetări privind cauzele unor degradări produse pe unele drumuri din zona de câmpie a Banatului

În ultimii ani, în cadrul Departamentului de Inginerie Geotehnică și Căi de Comunicație Terestre de la Facultatea de Construcții și Arhitectură din Timișoara au fost rezolvate mai multe contracte de cercetare și proiectare, privind studii și cercetări, în special geotehnice, pe unele drumuri din zona de câmpie a Banatului (DN 57, DN 59, DN 69, DN 6, DJ 571 ș.a.).

Scopul acestor studii și cercetări, la care a participat și autorul prezentei lucrări, a constat în evidențierea gradului în care comportarea terenului natural de fundare sau a celui din terasament a contribuit la producerea și/sau dezvoltarea unor defecțiuni și degradări. Totodată, corelând acest lucru și cu alte cauze ale defecțiunilor și degradărilor au fost stabilite și recomandate soluții tehnice, incluse de către beneficiari în studiile de fezabilitate sau în proiectele tehnice de reabilitare a unora din drumurile menționate anterior.

Din rândul acestor studii și cercetări, se consideră ca fiind mai semnificative pentru întreaga problematică analizată în teză cele referitoare la degradările de pe DN 57 Oravița-Moravița [145] și DJ 51 Macoviște-Giuchici [146], care vor fi analizate în detaliu în paragrafele care urmează.

5.5.1. Studii și cercetări efectuate pe DN 57

Drumul național 57 face legătura între orașele Moldova Nouă, Oravița și localitatea Moravița (fig.5.24), fiind încadrat în categoria drumurilor naționale secundare, de clasă tehnică IV.

Între Oravița și Moravița traseul drumului DN 57 străbate în cea mai mare parte zonele sud-vestice ale Câmpiei Bârzavei și Câmpiei Gătaiei.

Chiar dacă pe traseul drumului între cele două localități mai există unele dnivelări morfologice, acestea sunt de intensitate redusă, astfel încât pe porțiuni lungi drumul este cu profil “zero” sau ușor rambleu.

Sub aspect geologic, respectiv al alcătuirii litologice de mică adâncime, zonei străbătute de traseul drumului între Oravița și Moravița îi este caracteristică o succesiune de straturi aluviale de natură argiloasă și prăfoasă, pe alocuri cu unele incluziuni necoezive, depuse pe un fundament eruptivo-cristalin.

În general, pe marea majoritate a traseului evacuarea apei de pe partea carosabilă și drenarea gravitațională a acesteia întâmpină dificultăți, astfel încât condițiile hidrologice pot fi apreciate ca fiind defavorabile.

Majoritar pământurile din alcătuirea terenului de fundare sunt foarte sensibile la îngheț și foarte active, iar compresibilitatea și plasticitatea lor sunt pronunțate. Aceste proprietăți geotehnice ale pământurilor din patul drumului, alături de traficul greu și condițiile hidrologice defavorabile au contribuit la apariția și dezvoltarea în timp a unor degradări sub formă de crăpături, tasări, refulări, fâgașe etc.

Cu toate că în decursul timpului au fost executate lucrări de întreținere (tratamente bituminoase, covoare asfaltice sau ranforsări), creșterea traficului, în special a celui greu, depășirea duratei de exploatare și fenomenele meteorologice deosebite din ultimii ani, caracterizate de alternanța perioadelor cu precipitații abundente cu cele de secetă mare, au accentuat mult agravarea degradărilor pe acest drum.

În ultimii ani, dar mai ales în anul 2000, zona de câmpie a Banatului a avut un regim pluviometric și termic mai deosebit, caracterizate printr-o primăvară foarte bogată în precipitații, urmată de o vară secetoasă și cu temperaturi foarte ridicate. Acest lucru a făcut ca nivelul foarte ridicat al apei subterane existent în primăvară (în unele locuri aproape de suprafața terenului) să

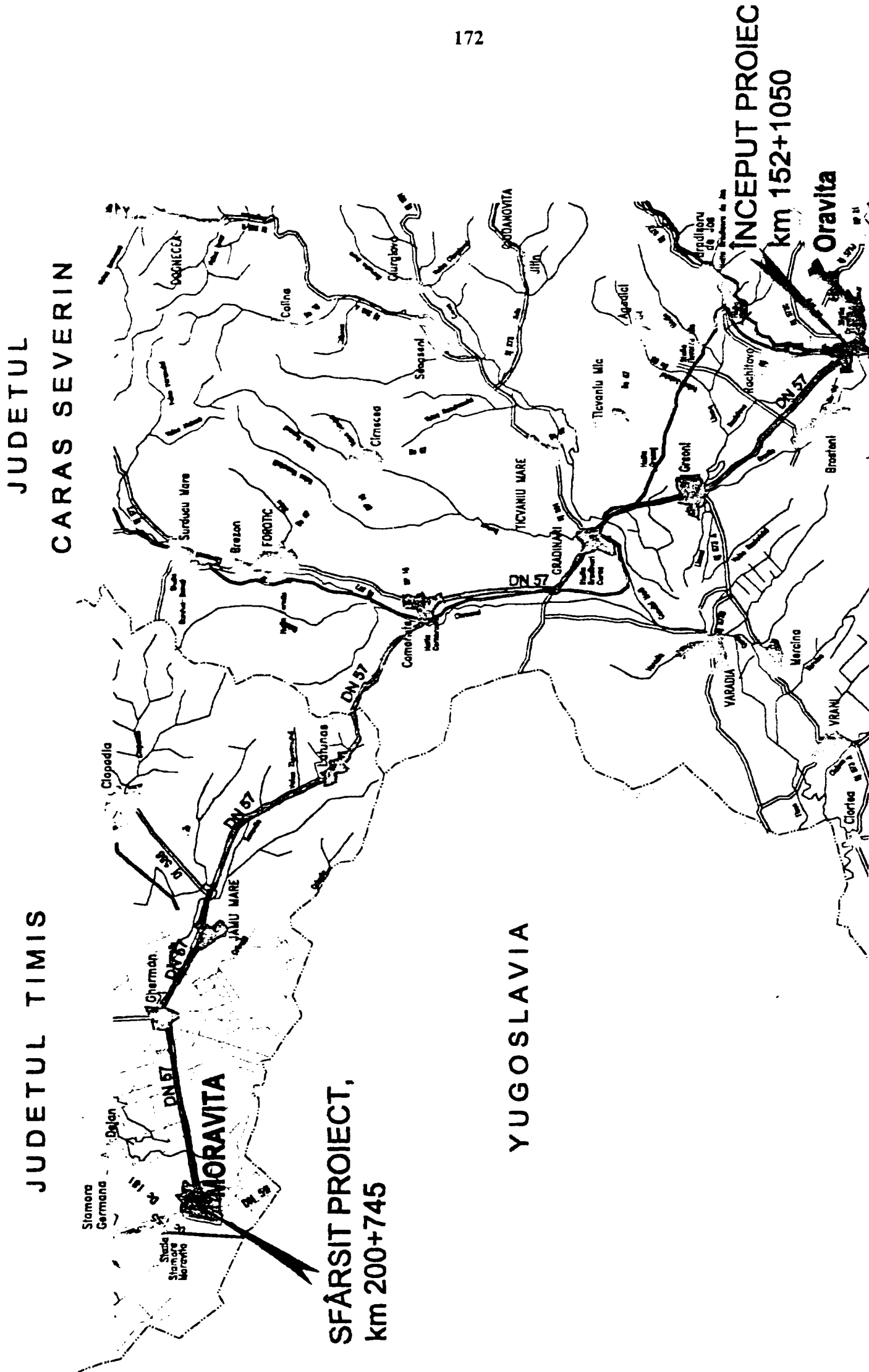


Fig.5.24. Traseul drumului DN 57 între Oravița și Moravița

scadă foarte mult în vară. În condițiile creșterii temperaturii în timpul verii și a coborârii substanțiale a nivelului apei subterane, umflarea pământurilor active, produsă în perioada de primăvară a anului 2000, a fost urmată de o contracție foarte accentuată a acestor pământuri. Acest proces foarte intens de umflare-contracție a afectat negativ comportarea unor construcții, fondate pe pământuri active, inclusiv unele drumuri la care au apărut și s-au dezvoltat degradări caracteristice. Printre aceste drumuri se înscrie și DN 57, de pe traseul căruia se vor analiza trei sectoare, situate în zona de câmpie, pe care degradările au fost mai pronunțate, și anume:

- sectorul delimitat de km 153+000 și km 158+000;
- sectorul delimitat de km 166+000 și km 167+000;
- sectorul delimitat de km 190+000 și km 199+000.

5.5.1.1. Sectorul delimitat de km 153+000 și km 158+000

Pe lungimea acestui sector, situat în apropierea localității Oravița, au apărut numeroase defecțiuni și degradări ale părții carosabile, mai ales sub formă de crăpături longitudinale, atât în zonele marginale (fig.5.25 și 5.26) cât și în axa drumului (fig.5.27). De asemenea, în multe locuri de pe acest sector au apărut tasări locale pronunțate și fâgașe (fig.5.26 și 5.28). Pe mai multe porțiuni ale sectorului analizat s-a constatat o funcționare foarte defectoasă a sistemelor de colectare și evacuare a apei de pe carosabil și chiar lipsa acestora, nefiind asigurată scurgerea apelor în profil longitudinal, în locurile unde drumul este la nivel sau rambleu ușor.

Pentru a stabili rolul pe care terenul de fundare l-a jucat în producerea și agravarea degradărilor drumului pe acest sector, precum și pentru a oferi proiectantului consolidării date geotehnice cât mai complete și certe, pe sectorul respectiv a fost efectuat un volum relativ mare de investigații geotehnice de teren și de laborator.

Investigațiile geotehnice de teren au constat în sondaje deschise pentru determinarea alcătuirii structurii rutiere existente a drumului, foraje pentru stabilirea naturii și stării pământurilor prezente în stratificația terenului de fundare și sondaje de penetrare dinamică cu con, pentru completarea investigațiilor prin foraje referitoare la stratificație, precum și pentru determinarea unor caracteristici de deformabilitate ale terenului de fundare. Executarea sondajelor de penetrare dinamică cu con și prelucrarea datelor obținute s-au efectuat în conformitate cu "Instrucțiuni tehnice pentru cercetarea terenului de fundare prin metoda penetrării cu con - indicativ C 159-89", folosindu-se atât penetrometrul dinamic ușor ($M_{berbec} = 10 \text{ kg}$), cât și penetrometrul dinamic mijlociu ($M_{berbec} = 35 \text{ kg}$).

Încercările de laborator, efectuate pe probele prelevate din forajele executate, au vizat determinarea granulozității și a caracteristicilor de plasticitate și de consistență a pământurilor

din care este alcătuit terenul de fundare, care alături de modulul de deformație sunt absolut necesare în proiectarea și dimensionarea oricărei structuri rutiere.



Fig.5.25. Crăpături longitudinale



Fig.5.26. Crăpături combinate cu tasări



Fig.5.27. Crăpături longitudinale în axa drumului

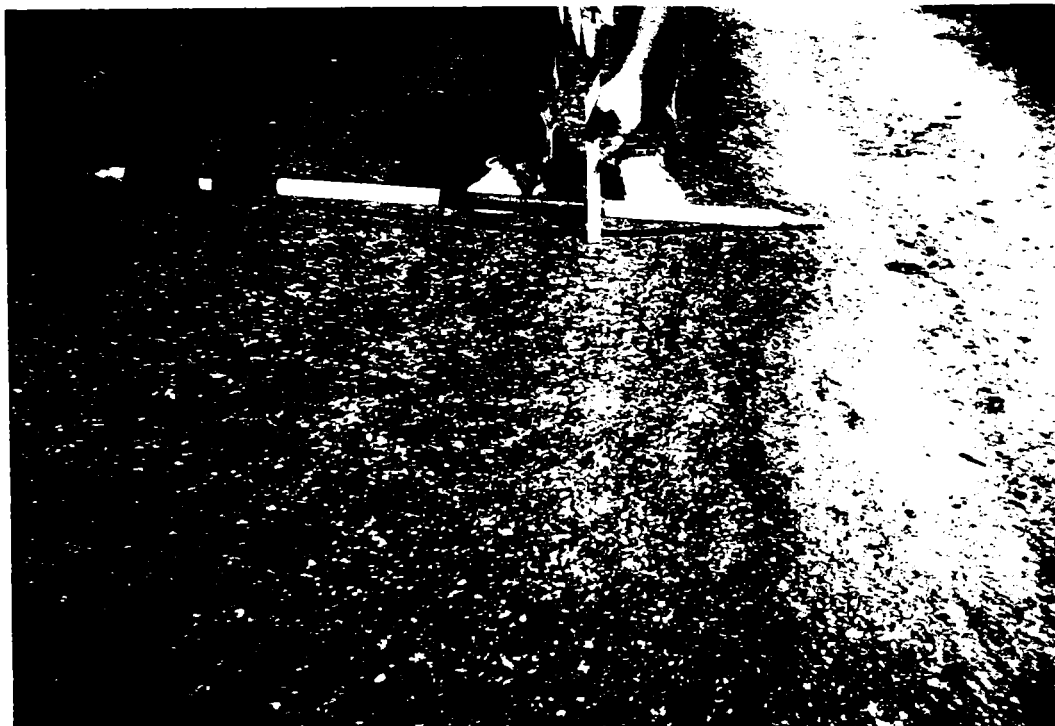


Fig.5.28. Tasări locale și făgașe

Tabel centralizator cu valorile unor caracteristici geotehnice ale pământurilor argiloase din terenul de fundare – DN 57 km 153+000...158+000

Tabelul 5.1.

Forajul și km	Denumirea pământurilor	Cota probei față de $\pm 0,00$	Granulozitatea			Categorii pământului	Caracteristici geotehnice				
			N [%]	P [%]	A [%]		Umiditatea naturală w [%]	Limitele de plasticitate		Indicele de plasticitate I_p [%]	Indicele de consistență I_c
								Superioară w_L [%]	Inferioară w_p [%]		
F 1 153+ 750	Argilă maronie	-0,80	2	39,5	58,5	P5	25,2	77,4	23,4	54,0	0,96
	Argilă galbenă cu incluziuni calcaroase	-2,00	17	29	54	P5	23,3	81,5	21,4	60,1	0,97
	Argilă galbenă	-2,60	10,5	34,5	55	P5	29,5	87,5	27,1	60,4	0,96
F 2 154+ 560	Argilă cafenie	-1,00	12	33	55	P5	30,9	77,3	23,5	53,8	0,86
	Argilă galbenă cu incluziuni calcaroase	-1,80	17	20	63	P5	26,9	77,6	25,2	52,4	0,97
	Argilă gri-verzuie	-2,80	9,5	35	55,5	P5	29,7	82,6	28,7	53,9	0,98
F 3 155+ 600	Argilă maronie	-1,00	24,5	29	46,5	P5	23,8	57,7	16,8	40,9	0,83
	Argilă galbenă cu incluziuni calcaroase	-2,00	19	30	51	P5	28,4	79,5	24,2	55,3	0,92
	Argilă galbenă	-2,80	14	28	58	P5	27,6	70,7	25,2	45,5	0,94
F 4 156+ 500	Argilă nisipoasă maronie	-1,00	41	26	33	P5	24,9	54,0	17,6	36,4	0,80
	Argilă prăfoasă galbenă	-2,00	19	40	41	P5	26,4	74,5	21,3	53,0	0,90
	Argilă prăfoasă galben-portocalie	-2,80	18,5	44,5	37	P5	23,0	68,5	22,5	46,0	0,98
F 5 157+ 500	Nisip argilos-prăfos	-0,60	41,5	32,5	26	P4	19,3	40,0	19,0	21,0	0,98
	Argilă maronie	-1,00	19,5	40	40,5	P5	25,8	72,8	23,6	49,2	0,95
	Argilă prăfoasă cu incluziuni calcaroase	-2,00	19	42	39	P5	26,4	65,7	18,1	47,6	0,82
		-3,00	20	42	38	P5	22,9	68,6	21,0	47,6	0,96

Notă: Cota $\pm 0,00$ s-a considerat la nivelul superior al acostamentului.

Sondajele deschise efectuate în structura rutieră a drumului au evidențiat, în general, următoarea alcătuire a acesteia:

- mixtură asfaltică în 2...3 straturi, cu o grosime totală de 20...40 cm;
- piatră spartă și balast în grosime totală de 35...45 cm.

După cum se poate constata și din tabelul 5.1, forajele pe adâncimea investigată au evidențiat o stratificație relativ uniformă pe toată lungimea sectorului analizat, straturile de argilă fiind prezente peste tot în stratificația terenului. Cu mici excepții, sub structura rutieră se găsește un strat de argilă de culoare maroniu-cafenie, cu plasticitate foarte mare ($I_p > 40\%$) și consistență ridicată ($I_c > 0,80$). Stratificația continuă în adâncime tot cu straturi de argilă, plasticitatea și consistența se păstrează ridicate, schimbându-se doar nuanța de culoare și apărând unele incluziuni de calcar.

Din analiza datelor prezentate în tabelele 5.2 și 5.3, în particular a valorilor porozității și a modulului de deformație liniară, estimate prin penetrare, rezultă că pe adâncimea investigată pământurile prezente în stratificația terenului au o stare de consolidare medie spre bună. Se constată totuși și prezența unor valori mai ridicate ale porozității și mai reduse ale modulului de deformație liniară pe unele intervale de adâncime, care în mod sigur au contribuit la producerea în unele locuri de pe traseu a unor degradări accentuate de tipul crăpăturilor, tasărilor și fâgașelor.

Tabel centralizator cu valorile unor caracteristici geotehnice estimate prin prelucrarea rezultatelor încercărilor de penetrare dinamică cu con – PDU
DN 57 – km 153+750...154+560

Tabelul 5.2.

Pene- trarea și km	Adânc. H [m]	Nr.med. lov/10 cm N 10 [lov/10 cm]	Rez.la penetrare		Caracteristici geotehnice				
			R_d [daN/cm ²]	R_p [daN/cm ²]	n [%]	e	I_c	$M_{2,3}$ [daN/cm ²]	E [daN/cm ²]
PDU 1 153+ 750	0,6...1,0	14,25	44,30	34,56	44	0,80	0,81	84,82	110,27
	1,0...1,5	12,80	35,39	27,61	45	0,83	0,72	80,72	104,94
	1,5...2,0	18,20	50,32	39,25	44	0,78	0,87	87,14	130,71
	2,0...2,5	17,60	48,66	37,96	44	0,78	0,85	86,53	129,80
	2,5...3,0	18,20	50,32	39,25	44	0,78	0,87	87,14	130,71
PDU 2 154+ 560	0,8...1,0	6,50	20,21	15,76	48	0,92	0,76	70,51	97,56
	1,0...1,5	7,40	20,46	15,96	48	0,92	0,76	70,73	98,15
	1,5...2,0	5,80	16,04	12,51	49	0,96	0,70	66,29	92,82
	2,0...2,5	7,25	20,05	15,64	48	0,92	0,76	70,69	97,93
	2,5...3,0	7,80	21,57	16,82	48	0,92	0,76	70,69	98,25

Tabel centralizator cu valorile unor caracteristici geotehnice estimate
prin prelucrarea rezultatelor încercărilor de penetrare dinamică cu con – PDM
DN 57 – km 154+000...155+000

Tabelul 5.3.

Pene- trarea și km	Adânc. H [m]	Nr.med. lov/10 cm N 10		Rez.la penetrare		Caracteristici geotehnice				
		N 10 PDM	N 10 PDU	R _d	R _p	n	e	I _c	M _{2,3}	E
		[lov/ 10 cm]	[lov/ 10 cm]	[daN/cm ²]	[daN/cm ²]	[%]			[daN/cm ²]	[daN/cm ²]
PDM 1 154- 000	0.5...1.0	12.00	29.72	92.40	72.07	40.58	0.68	-	103.92	176.66
	1.0...1.5	4.40	11.38	31.46	24.54	45.98	0.85	0.72	74.28	81.70
	1.5...2.0	4.80	12.41	34.32	26.77	45.58	0.84	0.75	76.96	84.66
	2.0...2.5	5.00	13.41	33.40	26.05	45.71	0.84	0.77	79.36	87.29
	2.5...3.0	5.00	13.41	33.40	26.05	45.71	0.84	0.77	79.36	87.29
PDM 2 155- 000	0.5...1.0	19.25	47.68	148.23	115.62	37.85	0.61	-	118.51	201.47
	1.0...1.5	5.6	14.48	40.04	31.23	44.86	0.81	0.79	81.72	106.24
	1.5...2.0	4.2	10.86	30.03	23.42	46.19	0.86	0.71	72.84	80.12
	2.0...2.5	4.4	11.80	29.39	22.93	46.29	0.86	0.73	75.41	82.95
	2.5...3.0	6.6	17.71	44.09	34.39	44.40	0.80	0.86	87.93	131.89
PDM 3 155+ 000	0.5...1.0	8.4	20.80	64.68	50.45	42.48	0.74	0.93	92.91	157.94
	1.0...1.5	5	12.93	35.75	27.89	45.39	0.83	0.76	78.22	86.04
	1.5...2.0	3.8	9.83	27.17	21.19	46.64	0.87	0.69	69.75	76.72
	2.0...2.5	3.6	9.66	24.05	18.76	47.18	0.89	0.69	69.22	76.14
	2.5...3.0	5.6	15.02	37.41	29.18	45.18	0.82	0.81	82.86	107.71
PDM 4 156+ 000	0.5...1.0	12.6	31.21	97.02	75.68	40.30	0.68	1.17	105.43	179.22
	1.0...1.5	6.4	16.55	45.76	35.69	44.22	0.79	0.84	85.84	128.77
	1.5...2.0	5.2	13.45	37.18	29.00	45.21	0.83	0.77	79.43	87.38
	2.0...2.5	5.8	15.56	38.74	30.22	45.02	0.82	0.82	83.94	109.12
	2.5...3.0	6.2	16.63	41.42	32.30	44.70	0.81	0.84	86.00	129.00
PDM 5 156+ 500	0.5...1.0	12.20	30.22	93.94	73.27	40.48	0.68	1.14	104.43	177.53
	1.0...1.5	6.80	17.58	48.62	37.92	43.92	0.78	0.86	87.72	131.57
	1.5...2.0	5.60	14.48	40.04	31.23	44.86	0.81	0.79	81.72	106.24
	2.0...2.5	7.00	18.78	46.76	36.47	44.11	0.79	0.89	89.75	134.62
	2.5...3.0	7.20	19.32	48.10	37.51	43.97	0.78	0.90	90.62	154.05
PDM 6 157+ 000	0.5...1.0	10.8	26.75	83.16	64.86	41.15	0.70	1.07	100.67	171.13
	1.0...1.5	6.8	17.58	48.62	37.92	43.92	0.78	0.86	87.72	131.57
	1.5...2.0	6.6	17.07	47.19	36.81	44.07	0.79	0.85	86.79	130.19
	2.0...2.5	7.2	19.32	48.10	37.71	43.97	0.78	0.90	90.62	154.05
	2.5...3.0	8.2	22.00	54.78	42.73	43.33	0.76	0.96	94.63	160.87
PDM 7 157+ 500	0.5...1.0	4.40	10.90	33.88	26.43	45.64	0.84	0.71	72.94	80.24
	1.0...1.5	4.00	10.34	28.60	22.31	46.41	0.87	0.70	71.33	78.47
	1.5...2.0	6.40	16.55	45.76	35.69	44.22	0.79	0.84	85.84	128.77
	2.0...2.5	7.60	20.39	50.77	39.60	43.71	0.78	0.92	92.28	156.88
	2.5...3.0	9.20	24.68	61.46	47.94	42.74	0.75	1.02	98.18	166.91
PDM 8 158+ 000	0.5...1.0	3.6	8.92	27.72	21.62	46.55	0.87	0.67	66.75	73.42
	1.0...1.5	3.6	9.31	25.74	20.08	46.88	0.88	0.68	68.08	74.89
	1.5...2.0	3.6	9.31	25.74	20.08	46.88	0.88	0.68	68.08	74.89
	2.0...2.5	4	10.73	26.72	20.84	46.72	0.88	0.71	72.47	79.71
	2.5...3.0	5	13.41	33.40	26.05	45.71	0.84	0.77	79.36	87.29

Pe probele de argilă prelevate din forajele executate, au fost determinate și unele din principalele caracteristici geotehnice specifice pământurilor cu umflări și contracții mari (PUCM), în vederea stabilirii potențialului de activitate a pământurilor argiloase prezente în stratificația terenului de fundare (tabelul 5.4).

Aprecierea activității pământurilor argiloase prezente în terenul de fundare pe DN 57 km 153+000...158+000

Tabelul 5.4.

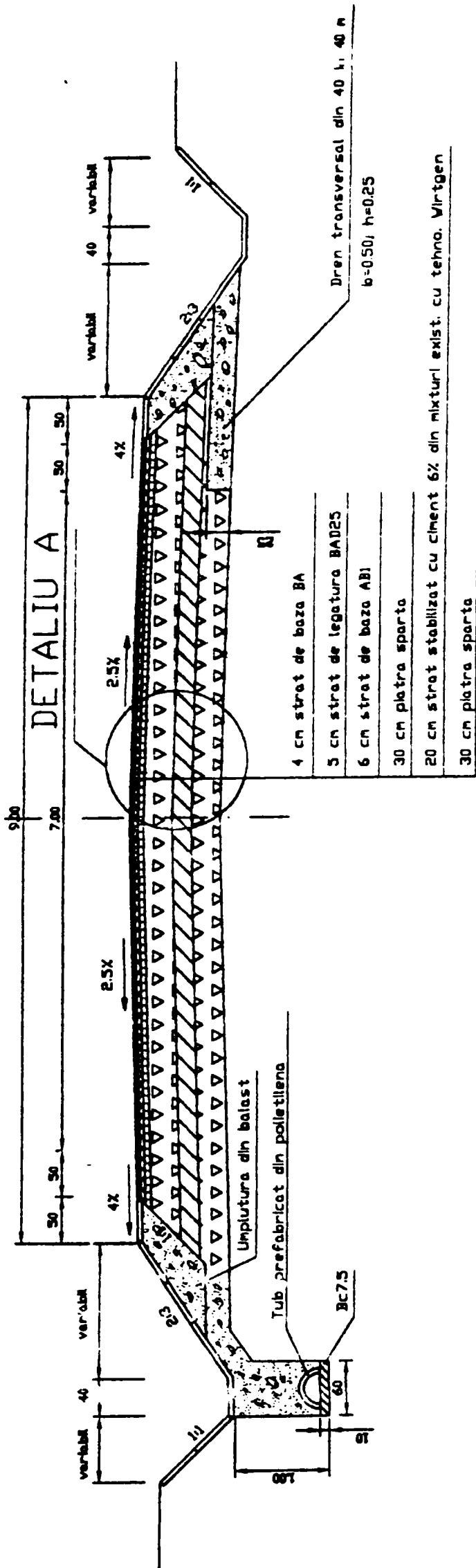
Forajul	Cota probei	Caracteristici geotehnice specifice pământurilor				Aprecierea activității pământului
		Indicele de plasticitate I_p [%]	Contractia volumică C_v [%]	Umflarea liberă U_L [%]	Criteriul de plasticitate C_p [%]	
F 1	-0,80	54,0	84,0	110,0	44,2	Activ
	-2,00	60,1	95,8	150,0	47,3	Activ
F 2	-1,00	53,8	96,2	135,0	44,1	Foarte activ
	-1,80	52,4	99,7	140,0	44,3	Foarte activ
F 3	-1,00	40,9	85,2	98,0	32,3	Activ
	-2,00	55,3	104,4	130,0	45,9	Foarte activ
F 4	-1,00	36,4	72,6	105,2	28,5	Activ
	-2,00	53,0	105,0	135,0	41,8	Foarte activ
F 5	-1,00	49,2	98,0	120,0	40,6	Activ
	-2,00	47,6	98,6	125,0	35,2	Activ

Din analiza datelor prezentate centralizat în tabelul 5.4, rezultă că până la adâncimea de 2,0 m argila prezentă în stratificația terenului de fundare este activă și foarte activă.

Corelând potențialul de activitate ridicat al stratului de argilă, situat imediat sub structura rutieră, cu preponderența degradărilor drumului sub formă de crăpături longitudinale, se poate concluziona că la variații pluviometrice și termice mari, așa cum au fost în anul 2000, caracterul activ și foarte activ al argilei din patul drumului a constituit una din cauzele principale ale producerii și dezvoltării degradărilor pe sectorul de drum investigat.

Inexistența pe unele porțiuni ale sectorului analizat a sistemelor de colectare și evacuare a apei de pe partea carosabilă și din zona drumului, respectiv funcționarea defectoasă acolo unde acestea mai există, au accentuat manifestarea activității pământului argilos de sub structura rutieră și reducerea capacității portante a acestuia, constituind o altă cauză principală a agravării degradărilor drumului. De aceea, o primă condiție, care trebuie în mod obligatoriu îndeplinită la reabilitarea drumului pe acest sector, constă în găsirea și aplicarea unor soluții tehnice corespunzătoare și eficiente pentru scurgerea apei din zona drumului.

Datorită unor condiții morfologice locale, pe unele porțiuni ale drumului nivelul terenului din imediata vecinătate a acostamentelor are cotă mai ridicată decât acestea, astfel încât nu există posibilitatea evacuării gravitaționale a apei în sens transversal.



DETALIU A

scara. 1/10

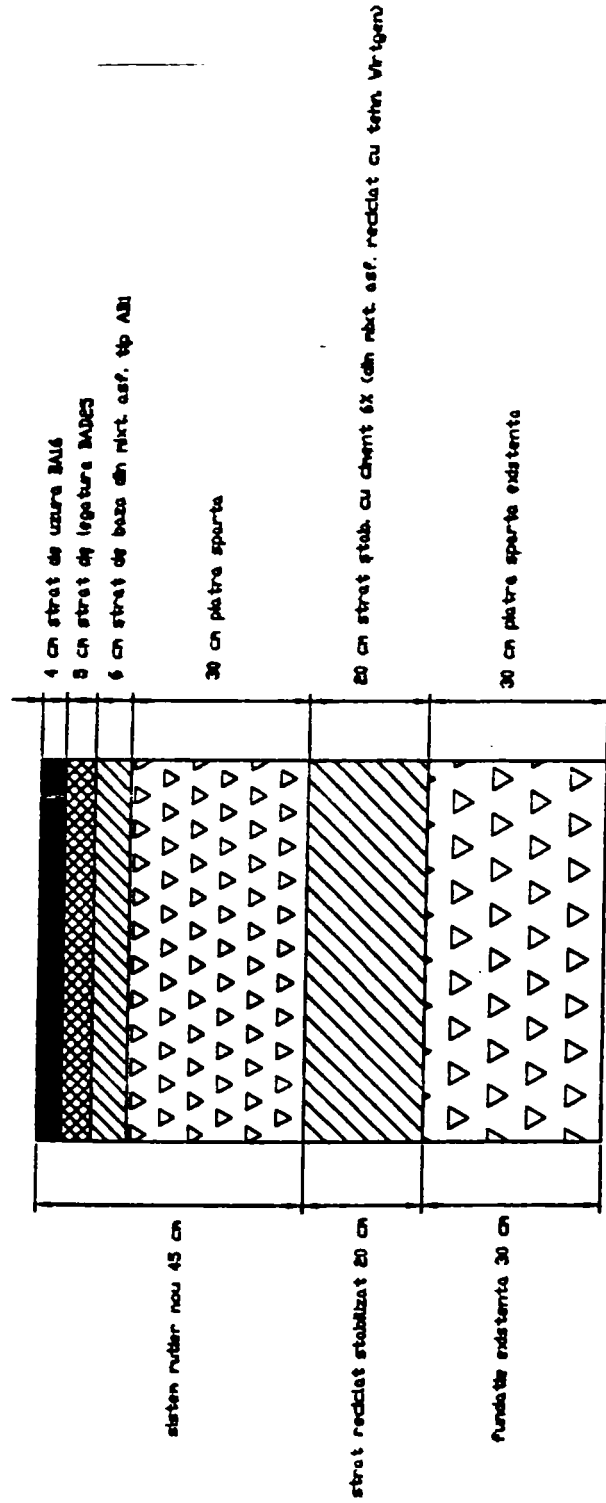


Fig.5.29. Profilul transversal adoptat pentru reabilitare pe DN 57 km 153+000 și km 158+000

Dat fiind faptul că și în profil longitudinal scurgerea și drenarea gravitațională a apei întâmpină dificultăți datorită morfologiei terenului, s-a recomandat înălțarea drumului pe acest sector, creîndu-se astfel posibilitatea realizării unor sisteme de evacuare a apei, cu panta longitudinală mai mare, precum și realizarea unor sisteme de drenaj subteran (drenuri fund de șanț și drenuri transversale).

Soluția de ridicare a părții carosabile (de înălțare a drumului) pe acest sector, unde în cea mai mare parte drumul este la nivel, are și avantajul eliminării sau cel puțin al diminuării efectului negativ al potențialului activ ridicat al terenului de fundare, prin mărirea distanței dintre stratul de argilă activă și foarte activă de sub structura rutieră și partea superioară a acesteia din urmă. De asemenea, măbind distanța dintre nivelul părții carosabile și pământul argilos din patul drumului, care în funcție de granulozitate se încadrează în categoria de “pământ foarte sensibil la îngheț”, se reduce sau chiar se elimină și efectul defavorabil al îngheț-dezghețului.

Concluziile desprinse din studiile și cercetările întreprinse pentru elucidarea cauzelor principale ale degradărilor produse pe acest sector al drumului DN 57, respectiv recomandările făcute, au fost aplicate în studiul de fezabilitate privind consolidarea, întocmit de către SEARCH CORPORATION – Filiala Timișoara, concretizându-se printre alte elemente în adoptarea profilului transversal prezentat în fig.5.29, prevăzut a se aplica între km 153+000 și km 158+000.

5.5.1.2. Sectorul delimitat de km 166+000 și km 167+000

Pe acest sector drumul național DN 57 traversează o depresiune (vale), terasamentul fiind în rambleu, relativ înalt (fig.5.30 și 5.31). La baza rambleului înalt se află un podeț tubular, care asigură circulația apei de suprafață dintr-o parte în alta a terasamentului, deși configurația morfologică a depresiunii (văii) asigură condiții foarte reduse de descărcare a acesteia de apa adunată în ea. Acest ultim aspect face ca în cazul unor precipitații abundente și de durată mai mare, apa adunată în această depresiune să inunde temporar baza taluzurilor rambleului.

Taluzurile rambleului au pantă relativ mare, mai ales cel din partea stângă a drumului (în sensul creșterii kilometrajului adică dinspre Oravița spre Moravița), iar suprafața acestora este total neîntreținută sub aspectul vegetației și al profilării (fig.5.31).

Condițiile relativ bune de stabilitate în care se găsește un mic zid de sprijin din zidărie din piatră, existent la piciorul unuia dintre taluzuri (cel din partea stângă), arată că stabilitatea generală a rambleului este asigurată, neexistând semne că în corpul său ar exista suprafețe de alunecare de adâncime, pe care acesta să-și piardă stabilitatea. Cu toate acestea, în timp pe ambele benzi de circulație s-au produs tasări pronunțate și refulări laterale, care au impus repararea repetată a carosabilului prin adăugare de noi straturi de mixtură asfaltică.



Fig.5.30. Vedere generală a carosabilului tasat și refulat



Fig.5.31. Aspect al vegetației dezorganizate de pe taluzul rambleului

Datorită refulărilor laterale în zona de vârf a taluzurilor rambleului, pe ambele părți drumul este lipsit de acostamente, carosabilul extinzându-se până la taluzurile rambleului.

În vederea stabilirii cauzelor tasării continue a părții carosabile, au fost efectuate investigații printr-un foraj executat în corpul rambleului până la adâncime de circa 6,0 m, față de cota părții carosabile, precum și prin șapte sondaje de penetrare dinamică cu con, efectuate cu penetrometrul dinamic ușor (PDU). În fig.5.32 este prezentată fișa geotehnică a forajului F 6 executat în corpul rambleului la km 166+530, împreună cu valorile unor caracteristici geotehnice.

După cum se poate vedea și în fișa geotehnică a forajului F 6, rambleul analizat este alcătuit din pământ argilos, la care fracțiunea argiloasă are pondere relativ mare ($A \% = 42,5...47,5$), în comparație cu fracțiunea nisipoasă, care este mult mai redusă ($N \% = 16,5...23$). Plasticitatea pământului argilos din corpul rambleului este destul de ridicată ($I_p \% = 33,1...45,3$).

Până în jurul adâncimii de 2,0...2,2 m investigațiile geotehnice au evidențiat prezența unei argile de culoare cafenie, plastic vârtoasă, dar cu tendință de scădere a consistenței odată cu creșterea adâncimii. În intervalul de adâncime de 2,20 m și 4,20 m (respectiv circa 4,80 m față de nivelul carosabilului), în corpul rambleului a fost interceptată o argilă de culoare vânătă (asemănătoare mълului) plastic consistentă ($I_c = 0,56...0,60$). Plasticitatea acestei argile pe intervalul de adâncime menționat este mai redusă, în comparație cu cea a stratului de argilă de deasupra și de sub acest interval. Sub adâncimea de 4,20 m (4,80 m față de cota părții carosabile), deși după culoare care se păstrează tot vânătă natura argilei nu se schimbă, plasticitatea și consistența sporesc simțitor ($I_p = 44,5 \%$ și $I_c = 0,93$).

Rezultatele sondajelor de penetrare dinamică, așa cum se poate vedea și din diagrama de penetrare din fig.5.33, respectiv tabelul 5.5, confirmă prezența în corpul rambleului, până la adâncimea de circa 4,00 m, a unui pământ ce are caracteristici de rezistență și de deformabilitate mai reduse, susceptibil la tasări și refulări laterale sub acțiunea traficului, în special a celui greu. Se observă că până la adâncime de circa 4,00 m, valorile modulului de deformație liniară, estimate prin prelucrarea rezultatelor penetrării PDU 6, se situează în totalitate sub 80 daN/cm^2 , valoare considerată ca fiind minimă pentru patul drumului la dimensionarea oricărei structuri rutiere cu îmbrăcăminte modernă.

Valorile caracteristicilor geotehnice prezentate în tabelul 5.6, care au fost determinate pe probele de argilă prelevate din foraj, pe intervalul de adâncime de până la 2,50 m (3,10 m față de nivelul părții carosabile), arată că stratul de argilă de sub structura rutieră are caracter activ și foarte activ. De asemenea, sub aspectul granulozității, argila de sub structura rutieră se încadrează la P 5 și este foarte sensibilă la îngheț.

Cotă foraj: - 0,60 m

Cota față de ± 0,00 foraj	Grosimea stratului	Cota apei subterane	Stratificație	Denumirea stratului	Categoriya de pământ	Felul și cota probei, ± 0,00 foraj	Granulozitate				Limita superioară de plasticitate	Limita inferioară de plasticitate	Indicele de plasticitate	Indicele de consistență	
							Pietriș 2...20 mm	Nisip 0,05...2 mm	Praf 0,005...0,05	Argilă > 0,05					w %
- 0,20	0,20			Sol vegetal											
-1,60	1,40			Argilă cafenie, plastic vârtoasă	P 5	-1,00 □		23	31	46	25,0	63,0	20,8	42,2	0,90
- 2,20	0,60			Argilă cafenie, plastic vârtoasă	P 5	-2,00 □		20	33	47	26,3	64,9	19,6	45,3	0,85
- 4,20	2,00			Argilă vânăță, plastic consistentă	P 5	-2,50 □		18	39,5	42,5	33,8	53,8	20,7	33,1	0,60
		-3,50 □				16,5	37	46,5	35,2	54,0	20,5	33,5	0,56		
-5,30	1,10			Argilă vânăță, plastic vârtoasă	P 5	-4,50 □		20	32,5	47,5	25,4	67,0	22,5	44,5	0,93
				Stratul continuă											

Notă: Cota de referință ± 0,00 m reprezintă nivelul superior al acostamentului.

Fig. 5.32. Fișa geotehnică a forajului F 6 executat pe DN 57 în rambleul de la km 166 + 530

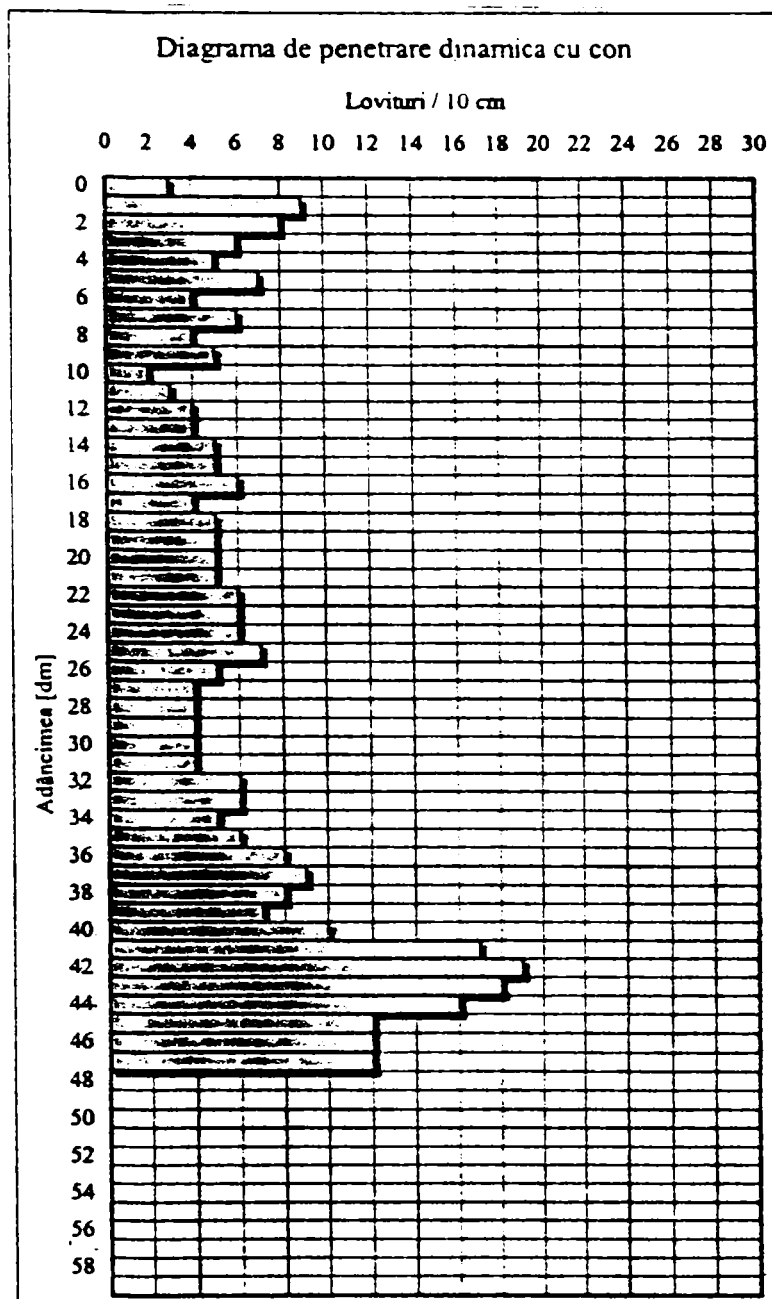


Fig.5.33. Diagrama de penetrare PDU 3 (DN 57 - km 166+530)

Prelucrarea rezultatelor penetrării PDU 3 (DN 57 - km 166+530)

Tabelul 5.5.

Adânc. H [m]	Nr.med. lov/10 cm N 10 [lov/10 cm]	Rez.la penetrare		Caracteristici geotehnice				
		R_d [daN/cm ²]	R_p [daN/cm ²]	n [%]	e	I_c	$M_{2,3}$ [daN/cm ²]	E [daN/cm ²]
0,0...0,5	6,20	19,28	15,04	48	0,93	0,56	69,64	76,61
0,5...1,0	5,20	16,17	12,61	49	0,96	0,53	66,44	73,08
1,0...1,5	3,60	9,95	7,76	51	1,03	0,47	57,59	63,35
1,5...2,0	5,00	13,83	10,78	49	0,98	0,51	63,58	69,94
2,0...2,5	5,60	15,48	12,08	49	0,96	0,53	65,65	72,21
2,5...3,0	4,80	13,27	10,35	50	0,99	0,50	62,84	69,12
3,0...3,5	5,00	13,83	10,78	49	0,98	0,51	63,58	69,94
3,5...4,0	7,60	21,01	16,39	48	0,91	0,58	71,22	78,34
4,0...4,5	16,00	44,24	34,51	44	0,80	0,81	84,79	110,23
4,5...4,8	12,00	33,18	25,88	46	0,84	0,70	79,55	87,50

Aprecierea activității argilei din corpul rambleului de la km 166+530

Tabelul 5.6.

Forajul	Cota probei [m]	Caracteristici geotehnice specifice pământurilor active				Aprecierea activității pământului
		Indicele de plasticitate I_p [%]	Contractia volumică C_v [%]	Umflarea liberă U_L [%]	Criteriul de plasticitate C_p [%]	
F 6	-1,00	42,2	84,4	105,0	33,1	Activ
	-2,00	45,3	102,5	130,0	34,6	Foarte activ
	-2,50	33,1	93	110,0	26,0	Activ

În urma investigațiilor efectuate și a analizării rezultatelor obținute, s-a concluzionat că tasările și refulările laterale, produse în zona superioară a rambleului înalt de la km 166+530, se datorează prezenței în corpul acestuia a unui pământ argilos necorespunzător, sensibil la acțiunea apei și cu proprietăți de rezistență și deformabilitate scăzute, în special pe intervalul de adâncime de 2,00 și 4,00 m. De asemenea, pantele relativ mari ale taluzurilor rambleului și lipsa totală a unor lucrări de întreținere și protecție a acestor taluzuri au favorizat producerea și a unor alunecări superficiale și refulări laterale pe suprafața acestora.

Pentru sporirea rigidității și capacității portante a rambleului analizat, s-a recomandat consolidarea acestuia pe adâncime de circa 5,00 m cu ajutorul unor micropiloți realizați din materiale granulare stabilizate cu ciment, precum și reprofilarea și protecția prin înierbare a taluzurilor rambleului.

5.5.1.3. Sectorul delimitat de km 190+000 și km 199+000

Ca și pe celelalte sectoare investigate și pe acest sector au fost înregistrate pe porțiuni întinse degradări ale părții carosabile, sub formă de crăpături longitudinale, cu deschideri de ordinul centimetrilor, tasări cu adâncimi de 5...20 cm, faianțări și burdușiri.

Crăpături longitudinale semnificative s-au produs atât în zonele marginale ale părții carosabile la distanță de 1,0...1,5 m față de margini (fig.5.34), cât și în zona centrală, în apropierea axei drumului (fig.5.35). De asemenea, degradări mari s-au produs în rampele de acces ale podului de la km 198+670, constând din crăpături și tasări pronunțate (fig.5.36), cauzate de alunecarea terasamentului amenajat în rambleu care au condus la deplasarea aripilor de la culeile ambelor capete ale podului.

Din informațiile obținute de la șeful districtului care administrează sectorul respectiv de drum a rezultat că degradările s-au agravat mult în lunile iulie-august ale anului 2000, în timpul secetei mari și prelungite ce a urmat primăverii ploioase a acestui an. În porțiunea rampelor de

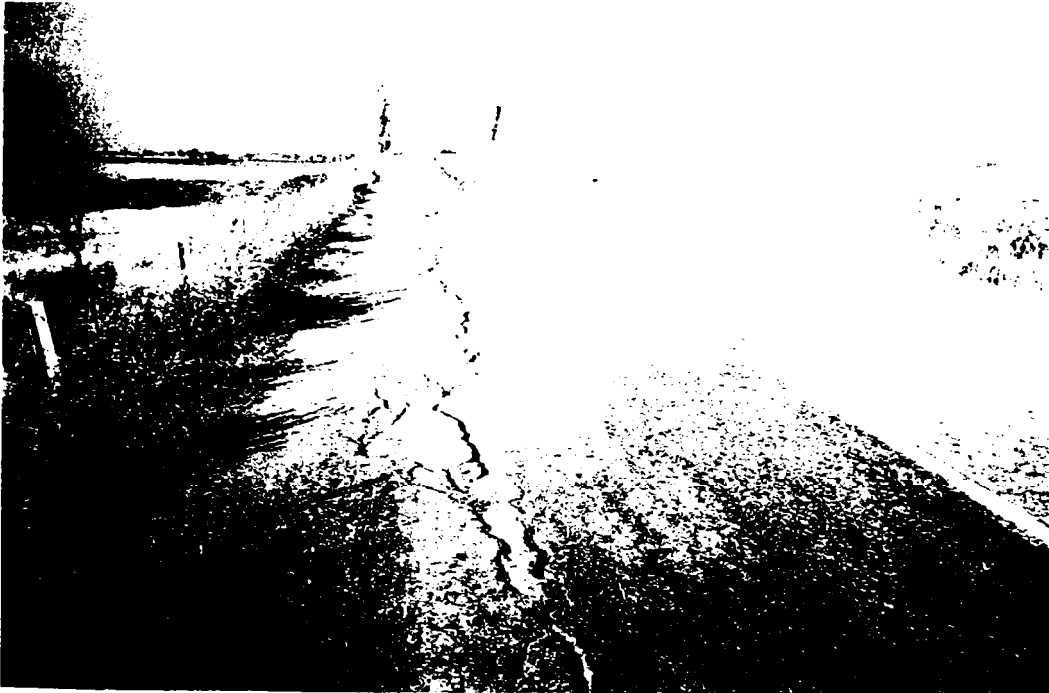


Fig.5.34. Crăpături longitudinale în zonele marginale



Fig.5.35. Crăpături longitudinale în zona centrală



Fig.5.36. Degradări ale rampei de acces la podul de la km 198+670

acces la podul menționat, baza ambelor taluzuri ale rambleului se află într-o zonă inundabilă, cu vegetație specifică de baltă. În primăvara anului 2000, caracterizată așa cum s-a mai spus prin precipitații abundente, nivelul apei a ajuns până la coronamentul digurilor din pământ existente în zonă.

Lucrările de teren pentru investigarea acestui sector au constat în execuția a trei sondaje deschise în carosabil (S_3 , S_4 , S_5), șapte foraje geotehnice pentru determinarea stratificației terenului și prelevarea de probe ($F_7...F_{13}$) și 20 sondaje de penetrare dinamică cu con (PDM 9...PDM 28), executate cu penetrometrul dinamic mijlociu ($M_{berbec} = 35 \text{ kg}$).

În lungul traseului drumului pe acest sector, alcătuirea structurii rutiere este destul de neuniformă, după cum se poate vedea din cele prezentate în tabelul 5.7.

Alcătuirea structurii rutiere existente (DN 57 - km 190+000...199+000)

Tabelul 5.7.

Sondajul	S_3	S_4	S_5
Kilometrul	190+000	193+000	198+000
Alcătuirea structurii rutiere existente	- mixtură: 20 cm - macadam: 20 cm	- mixtură: 20 cm - pietriș: 10 cm - bolovani de râu: 10 cm - nisip: 5 cm	- mixtură: 12 cm - piatră spartă: 10 cm - balast: 20 cm - nisip: 10 cm

În ceea ce privește natura pământurilor din alcătuirea terenului de fundare, după cum se poate vedea și în tabelul 5.8, aproape în totalitate sub structura rutieră sunt prezente argile prăfoase cu diverse nuanțe de culori (cenușie, cafenie, galbenă, maronie etc), pe alocuri transformându-se în prafuri argiloase. Plasticitatea acestor pământuri argiloase este relativ ridicată ($I_p > 30 \%$), iar după valorile indicelui de consistență, în mare parte, se situează în domeniul plastic vârtos. Există totuși și puncte în care consistența stratului de argilă prăfoasă de sub structura rutieră este mai redusă, corespunzătoare domeniului plastic consistent, mai ales acolo unde degradările îmbrăcăminteii au permis infiltrarea apei de pe carosabil.

Argilele prăfoase continuă și sub adâncimea de 3,0 m, cu mențiunea că sub adâncimea de 2,0 m în masa acestora sunt prezente unele incluziuni calcaroase.

Analizând rezultatele obținute prin prelucrarea datelor primare ale sondajelor de penetrare dinamică cu con (tabelul 5.9), se apreciază că pământurile argiloase prezente în stratificația terenului natural și pe acest sector au o stare de consolidare medie spre bună. Totuși se constată și valori reduse ale caracteristicilor de rezistență și de deformabilitate, evidențiate de unele sondaje de penetrare, mai ales în jurul adâncimii de 1,00 m, adică sub structura rutieră, iar în unele locuri și mai jos.

Tabel centralizator cu valorile unor caracteristici geotehnice ale pământurilor din terenul de fundare pe DN 57 - km 190+000...199+000

Tabelul 5.8.

Forajul și km	Denumirea pământului	Cota de prelevare probă [m]	Categoria pământului	Granulozitatea			Caracteristici geotehnice				Indicele de consistență I_c
				N [%]	P [%]	A [%]	Umiditatea naturală w [%]	Limitele de plasticitate		Indicele de plasticitate I_p [%]	
								Superioară w_L [%]	Inferioară w_p [%]		
F 7 190+ 000	Argilă prăfoasă cenușie	-1,00	P5	21	40	39	24,1	55,5	22,4	33,1	0,94
	Argilă prăfoasă maronie	-2,00	P5	13	45	42	22,3	62,0	21,9	40,1	0,99
	Argilă prăfoasă maronie cu incluziuni calcaroase	-3,00	P5	18	41	41	22,7	66,0	20,2	45,8	0,94
F 8 191+ 000	Argilă prăfoasă cenușie	-1,00	P5	25	40	35	24,2	60,1	21,8	38,3	0,93
	Argilă prăfoasă cafenie cu incluziuni calcaroase	-2,00	P5	21	42	37	23,5	56,2	20,4	35,8	0,91
	Argilă prăfoasă galbenă cu incluziuni calcaroase	-3,00	P5	20	45	35	23,8	58,1	20,2	37,9	0,90
F 9 192+ 000	Praf argilos cenușiu	-1,00	P4	26	45	29	22,6	56,1	20,8	35,3	0,94
	Argilă prăfoasă cafenie cu incluziuni calcaroase	-2,00	P5	21	41	38	24,3	58,6	21,6	37	0,92
	Argilă prăfoasă galbenă cu incluziuni calcaroase	-3,00	P5	18	40	42	23,8	60,2	20,7	39,5	0,92
F 10 193+ 100	Argilă prăfoasă cafenie	-0,80	P5	25	34	41	29,6	59,7	21,0	38,7	0,77
	Argilă maronie	-1,20	P5	15,5	40	44,5	25,2	65,2	22,5	42,7	0,93
	Argilă prăfoasă maronie cu incluziuni calcaroase	-2,30	P5	18,5	41,5	40	23,6	58,0	20,0	38	0,90
F 11 194+ 000	Argilă prăfoasă maronie	-3,00	P5	19	42	39	24,0	65,0	18,1	46,9	0,87
	Praf argilos galben cu incluziuni calcaroase	-1,00	P4	22	43	35	20,1	50,0	19,2	30,8	0,97
	Argilă prăfoasă galbenă cu incluziuni calcaroase	-2,00	P5	20	53	27	21,3	47,1	18,8	28,3	0,91
F 12 195+ 000	Argilă prăfoasă maronie	-3,00	P5	22	42	36	21,7	53,5	18,1	35,4	0,89
	Argilă prăfoasă cenușie	-1,00	P5	18,5	46,5	35	23,8	61,3	20,7	40,6	0,92
	Argilă prăfoasă gri	-2,00	P5	22	40	38	24,6	55,6	19,5	36,1	0,85
F 13 198+ 670	Argilă prăfoasă cafenie cu incluziuni calcaroase	-3,00	P5	16	42	42	23,2	57,5	19,8	37,7	0,90
	Argilă prăfoasă galbenă cu incluziuni calcaroase	-0,50	P5	19	47	34	29,1	56,0	18,8	37,2	0,72
	Argilă plastic consistentă	-1,00	P5	17	45	45	30,4	60,1	18,2	41,9	0,70

Tabel centralizator cu valorile unor caracteristici geotehnice estimate
prin prelucrarea rezultatelor încercărilor de penetrare dinamică PDM

DN 57 - km 190+000...199+000

Tabelul 5.9.

Pene- trarea și km	Adânc. H [m]	Nr.med. lov/10 cm N 10		Rez.la penetrare		Caracteristici geotehnice				
		N 10 PDM	N 10 PDU	R _d	R _p	n	e	I _c	M _{2,3}	E
		[lov/ 10 cm]	[lov/ 10 cm]	[daN/cm ²]	[daN/cm ²]	[%]			[daN/cm ²]	[daN/cm ²]
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PDM 9 190+ 000	0,5...1,0	3,4	8,42	26,18	20,42	46,81	0,88	0,66	64,98	71,46
	1,0...1,5	3,2	8,27	22,88	17,85	47,40	0,90	0,65	64,44	70,89
	1,5...2,0	4	10,34	28,60	22,31	46,41	0,87	0,70	71,33	78,47
	2,0...2,5	4,2	11,27	28,06	21,88	46,50	0,87	0,72	73,97	81,37
	2,5...2,9	4,75	12,74	31,73	24,75	45,94	0,85	0,75	77,77	85,55
PDM 10 190+ 500	0,5...1,0	7,6	18,82	58,52	45,65	42,99	0,75	0,89	89,82	134,73
	1,0...1,5	8,6	22,24	61,49	47,96	42,74	0,75	0,97	94,97	161,44
	1,5...2,0	7,8	20,17	55,77	43,50	43,24	0,76	0,92	91,95	156,32
	2,0...2,5	6	16,10	40,08	31,26	44,85	0,81	0,83	84,99	110,48
	2,5...2,9	5,5	14,76	36,74	28,66	45,27	0,83	0,80	82,30	106,99
PDM 11 191+ 000	0,5...1,0	5	12,38	38,50	30,03	45,05	0,82	0,75	76,89	84,58
	1,0...1,5	6,2	16,03	44,44	34,58	44,37	0,80	0,83	84,86	110,32
	1,5...2,0	8,2	21,20	58,63	45,73	42,98	0,75	0,94	93,50	158,94
	2,0...2,5	8	21,46	53,44	41,68	43,45	0,77	0,95	93,87	159,58
	2,5...2,9	8	21,46	53,44	41,68	43,45	0,77	0,95	93,87	159,58
PDM 12 191+ 500	0,5...1,0	5,8	14,36	44,66	34,83	44,34	0,80	0,79	81,47	105,91
	1,0...1,5	6,2	16,03	44,33	34,58	44,37	0,80	0,83	84,86	110,32
	1,5...2,0	7,8	20,17	55,77	43,50	43,24	0,76	0,92	91,95	156,32
	2,0...2,5	6,6	17,71	44,09	34,39	44,40	0,80	0,86	87,93	131,89
	2,5...2,9	5,5	14,76	36,74	28,66	45,27	0,83	0,80	82,30	106,99
PDM 13 192+ 000	0,5...1,0	3	7,43	23,10	18,02	47,36	0,90	0,64	61,12	67,23
	1,0...1,5	4,4	11,38	31,46	24,54	45,98	0,85	0,72	74,28	81,70
	1,5...2,0	5,8	15,00	41,47	32,35	44,69	0,81	0,80	82,80	107,65
	2,0...2,5	6,4	17,17	42,75	33,35	44,55	0,80	0,85	86,98	130,47
	2,5...2,9	6	16,10	40,08	31,26	44,85	0,81	0,83	84,99	110,48
PDM 14 192+ 500	0,5...1,0	5,8	14,36	44,66	34,83	44,34	0,80	0,79	81,47	105,91
	1,0...1,5	4,6	11,90	32,89	25,65	45,78	0,84	0,74	75,65	83,21
	1,5...2,0	5,2	13,45	37,18	29,00	45,21	0,83	0,77	79,43	87,38
	2,0...2,5	5	13,41	33,40	26,05	45,71	0,84	0,77	79,36	87,29
	2,5...2,9	6	16,10	40,08	31,26	44,85	0,81	0,83	84,99	110,48
PDM 15 193+ 000	0,5...1,0	3,8	9,41	29,26	22,82	46,31	0,86	0,68	68,42	75,26
	1,0...1,5	4,4	11,38	31,46	24,54	45,98	0,85	0,72	74,28	81,70
	1,5...2,0	5,0	12,93	35,75	27,89	45,39	0,83	0,76	78,22	86,04
	2,0...2,5	4,6	12,34	30,73	23,97	46,09	0,85	0,75	76,78	84,46
	2,5...2,9	4,75	12,74	31,73	24,75	45,94	0,85	0,75	77,77	85,55
PDM 16 193+ 500	0,5...1,0	2,2	5,45	16,94	13,21	48,67	0,95	0,59	51,54	56,70
	1,0...1,5	4	10,34	28,60	22,31	46,41	0,87	0,70	71,33	78,47
	1,5...2,0	4,2	10,86	30,03	23,42	46,19	0,86	0,71	72,84	80,12
	2,0...2,5	5,2	13,95	34,74	27,09	45,53	0,84	0,78	80,57	104,74
	2,5...2,9	5	13,41	33,40	26,05	45,71	0,84	0,77	79,36	87,29
PDM 17 194+ 000	0,5...1,0	3,4	8,42	26,18	20,42	46,81	0,88	0,66	64,98	71,48
	1,0...1,5	4	10,34	28,60	22,31	46,41	0,87	0,70	71,33	78,47
	1,5...2,0	4	10,34	28,60	22,31	46,41	0,87	0,70	71,33	78,47
	2,0...2,5	4,2	11,27	28,06	21,88	46,50	0,87	0,72	73,97	81,37
	2,5...2,9	5,25	14,08	35,07	27,35	45,48	0,83	0,78	80,86	105,12

(continuare tabel 5.9)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PDM 18 194+ 500	0,5...1,0	5	12,38	38,50	30,03	45,05	0,82	0,75	76,89	84,58
	1,0...1,5	4,6	11,90	32,89	25,65	45,78	0,84	0,74	75,65	83,21
	1,5...2,0	5	12,93	35,75	27,89	45,39	0,83	0,76	78,22	86,04
	2,0...2,5	4,8	12,88	32,06	25,01	45,90	0,85	0,76	78,10	85,91
PDM 19 195+ 000	2,5...2,9	6,5	17,44	43,42	33,87	44,47	0,80	0,86	87,46	131,19
	0,5...1,0	2,8	6,93	21,56	16,82	47,65	0,91	0,62	58,99	64,89
	1,0...1,5	4,4	11,38	31,46	24,54	45,98	0,85	0,72	74,28	81,70
	1,5...2,0	6	15,52	42,90	33,46	44,53	0,80	0,82	83,85	109,01
PDM 20 196+ 000	2,0...2,5	6,6	17,71	44,09	34,39	44,40	0,80	0,86	87,93	131,89
	2,5...2,9	6	16,10	40,08	31,26	44,85	0,81	0,83	84,99	110,48
	0,5...1,0	2,6	6,44	20,02	15,62	47,97	0,92	0,61	56,70	62,37
	1,0...1,5	2,4	6,21	17,16	13,38	48,61	0,95	0,61	55,56	61,12
	1,5...2,0	3	7,76	21,45	16,73	47,67	0,91	0,64	62,45	68,70
	2,0...2,5	3	8,05	20,04	15,63	47,96	0,92	0,65	63,59	69,94
PDM 21 196+ 500	2,5...3,0	2,6	6,98	17,37	13,55	48,56	0,94	0,63	59,17	65,08
	3,0...3,5	3,6	10,08	22,60	17,63	47,45	0,90	0,69	70,55	77,60
	3,5...3,9	5	14,00	31,39	24,48	45,99	0,85	0,78	80,69	104,90
	0,5...1,0	4,2	10,40	32,34	25,23	45,86	0,85	0,70	71,51	78,66
	1,0...1,5	5,2	13,45	37,18	29,00	45,21	0,83	0,77	79,43	87,38
	1,5...2,0	5	12,93	35,75	27,89	45,39	0,83	0,76	78,22	86,04
PDM 22 197+ 000	2,0...2,5	4,6	12,34	30,73	23,97	46,09	0,85	0,75	76,78	84,46
	2,5...2,9	5,5	14,76	36,74	28,66	45,25	0,83	0,80	82,30	106,99
	0,5...1,0	3,8	9,41	29,26	22,82	46,31	0,86	0,68	68,42	75,26
	1,0...1,5	4,2	10,86	30,03	23,42	46,19	0,86	0,71	72,84	80,12
	1,5...2,0	5	12,93	35,75	27,89	45,39	0,83	0,76	78,22	86,04
PDM 23 190+ 650	2,0...2,5	6,2	16,63	41,42	32,30	44,70	0,81	0,84	86,00	129,00
	2,5...2,9	8	21,46	53,44	41,68	43,45	0,77	0,95	93,87	159,58
	0,5...1,0	4,4	10,90	33,88	26,43	45,64	0,84	0,71	72,94	80,24
	1,0...1,5	3,8	9,83	27,17	21,19	46,64	0,87	0,69	69,75	76,72
	1,5...2,0	3,6	9,31	25,74	20,08	46,88	0,88	0,68	68,08	74,89
PDM 24 198+ 310	2,0...2,5	3,6	9,66	24,05	18,76	47,18	0,89	0,69	69,22	76,14
	2,5...2,9	4,5	12,07	30,06	23,45	46,19	0,86	0,74	76,10	83,71
	0,5...1,0	2,2	5,45	16,94	13,21	48,67	0,95	0,59	51,54	56,70
	1,0...1,5	2,67	6,90	19,07	14,87	48,17	0,93	0,62	58,81	64,70
	1,5...2,0	4,2	10,86	30,03	23,42	46,19	0,86	0,71	72,84	80,12
PDM 25 198+ 550	2,0...2,5	3,8	10,19	25,38	19,80	46,94	0,88	0,70	70,88	77,97
	2,5...2,7	4,4	11,80	29,39	22,93	46,29	0,86	0,73	75,41	82,95
	0,5...1,0	2,6	6,44	20,02	15,62	47,97	0,92	0,61	56,70	62,37
	1,0...1,5	1,8	4,65	12,87	10,04	49,77	0,99	0,57	46,68	51,35
PDM 26 198+ 600	1,5...2,0	2,0	5,17	14,30	11,15	49,35	0,97	0,59	49,93	54,93
	2,0...2,5	6,8	18,24	45,42	35,43	44,25	0,79	0,88	88,85	133,28
	2,5...3,0	4,6	12,34	30,73	23,97	46,09	0,85	0,75	76,78	84,46
	0,5...1,0	3,0	7,43	23,10	18,02	47,36	0,90	0,64	61,12	67,23
	1,0...1,5	2,2	5,69	15,73	12,27	48,97	0,96	0,60	52,88	58,16
	1,5...2,0	2,2	5,69	15,73	12,27	48,97	0,96	0,60	52,88	58,16
PDM 26 198+ 600	2,0...2,5	2,4	6,44	16,03	12,50	48,89	0,96	0,61	56,70	62,37
	2,5...3,0	2,4	6,44	16,03	12,50	48,89	0,96	0,61	56,70	62,37
	3,0...3,5	2,8	7,84	19,53	15,23	48,07	0,93	0,64	62,79	69,07
	3,5...4,0	15,5	45,46	113,20	88,30	39,43	0,65	1,48	117,04	198,97

Sub aspectul potențialului de activitate a pământurilor argilos-prăfoase de sub structura rutieră, datele din tabelul 5.10, aferente forajelor $F_7...F_{12}$, cu excepția celor corespunzătoare forajului F_{11} , indică o activitate relativ ridicată (pământuri active și foarte active).

Forajul F_{13} și sondajele de penetrare PDM 24...PDM 28, au fost destinate investigării pământului din zonă rampelor de acces ale podului de la km 198+670.

După cum rezultă din datele aferente forajului F₁₃ (tabelul 5.8), pământul din rambleul rampelor de acces este tot de natură argilos-prăfoasă, cu plasticitate ridicată și cu o stare de consistență corespunzătoare domeniului plastic consistent.

Rezultatele sondajelor de penetrare PDM 24...PDM 28 confirmă proprietățile de rezistență și de deformabilitate relativ reduse ale pământului din corpul rambleului rampelor de acces. Astfel, până la adâncime în jur de 3,0...3,5 m valorile modulului de deformație liniară E sunt destul de reduse (50...70 daN/cm²), ca urmare a infiltrațiilor de apă.

Caracterul de pământ cu potențial de activitate foarte ridicat este specific și pentru materialul din rambleul rampelor de acces, după cum arată datele din tabelul 5.10, aferente forajului F₁₃.

Aprecierea activității pământurilor argilos-prăfoase din terenul de fundare
pe DN 57 - 190+000...199+000

Tabelul 5.10.

Forajul	Cota probei [m]	Caracteristici geotehnice specifice pământurilor active				Aprecierea activității pământului
		Indicele de plasticitate I _p [%]	Contrația volumică C _v [%]	Umflarea liberă U _L [%]	Criteriul de plasticitate C _p [%]	
F 7	-1,00	33,1	74,4	95,0	27,3	Activ
	-2,00	40,1	101,0	125,0	32,3	Foarte activ
F 8	-1,00	38,3	91,0	100,0	30,8	Activ
F 9	-1,00	35,3	88,8	105,0	35,5	Activ
F 10	-0,80	38,7	77,4	95,0	30,6	Activ
	-1,20	42,7	94,6	110,0	34,8	Activ
F 11	-1,00	30,8	70,6	90,0	23,	Puțin activ
	-2,00	28,3	62,6	80,0	20,8	Puțin activ
F 12	-1,00	40,6	92,8	120,0	31,8	Activ
F 13	-1,00	41,9	114,5	132,5	26,3	Foarte activ

Analiza de ansamblu a tuturor rezultatelor investigațiilor, efectuate pe acest sector al drumului DN 57, permite evidențierea destul de clară a principalelor cauze care au dus la apariția și dezvoltarea degradărilor constatate.

- Se apreciază că și pe sectorul de traseu delimitat de km 190+000 și km 199+000 dezvoltarea degradărilor părții carosabile are la bază aceleași cauze determinante, ca și la primul sector analizat, adică inexistența sau funcționarea defectoasă a sistemelor de colectare și evacuare a apei alături de potențialul de activitate ridicat al pământului de sub structura rutieră.

Sondajele deschise executate pe acest sector au arătat că în unele porțiuni drumul nu are o fundație corespunzătoare, ceea ce a putut constitui o altă cauză complementară a producerii și dezvoltării degradărilor. De asemenea, la apariția degradărilor se consideră că a contribuit și calitatea îndoielnică a îmbrăcăminteii drumului, executată din nisip bituminos.

Degradările cele mai pronunțate sub formă de crăpături longitudinale s-au produs în special în zonele marginale de supralărgire a drumului, unde încercările de teren au evidențiat, așa cum s-a mai spus, că structura rutieră nu are fundație corespunzătoare. În scopul împiedicării refulărilor laterale, respectiv a tasărilor favorizate de aceste refulări s-a recomandat ca în profilul transversal, adoptat pentru consolidare, să se prevadă execuția unor casete laterale din materiale necoezive stabilizate.

Avînd în vedere potențialul ridicat de activitate a pământului de sub structura rutieră, precum și condițiile hidrologice și morfologice defavorabile, este necesar să se trateze cu maximum de atenție colectarea și evacuarea apei din zona drumului, adoptînd soluții și sisteme eficiente în acest sens, inclusiv a prevederii unor sisteme de drenaj subteran.

Pe porțiunea rampelor de acces la podul de la km 198+700, care au fost investigate, degradările au fost cauzate de calitatea necorespunzătoare a pământului utilizat la execuția terasamentului în rambleu (argilos-prăfos cu potențial de activitate ridicat), precum și de condițiile hidrologice defavorabile (zonă cu inundație și bălțiri de apă la baza taluzurilor rambleului).

După cum s-a putut vedea și în fotografiile din fig.5.36, în rambleul rampei de acces s-au produs crăpături cu deschideri mari, tasări pronunțate și refulări laterale ale umpluturii de sub structura rutieră, formându-se suprafețe de cedare (alunecare), care încep la suprafață în partea carosabilă la 1,30...1,50 m, de la marginea acesteia și se extind în adâncime până la circa 3,0...3,50 m, în apropierea aripilor culeilor podurilor.

La consolidarea rambleului rampelor de acces la podul de la km 198+670 s-a apreciat că pot fi analizate următoarele soluții tehnice alternative:

- excavarea și refacerea terasamentului în porțiunile cu rupturi și alunecări, utilizând un material corespunzător și o tehnologie de compactare adecvată, iar pentru asigurarea unei bune stabilități a rambleului se poate lua în considerare și utilizarea unor armături de tipul geogriurilor;
- consolidarea de adâncime a pământului existent în corpul rambleului cu ajutorul unor micropiloți din materiale granulare stabilizate cu ciment;
- execuția unor construcții de sprijin prevăzute cu drenuri pe ambele părți ale terasamentului în rambleu, cu refacerea parțială a umpluturii.

5.5.2. Studii și cercetări efectuate pe DJ 571

Drumul județean 571 pornește din drumul național DN 57, traseul său trecând prin localitățile Giuchici și Macoviște din județul Caraș-Severin (fig.5.37).

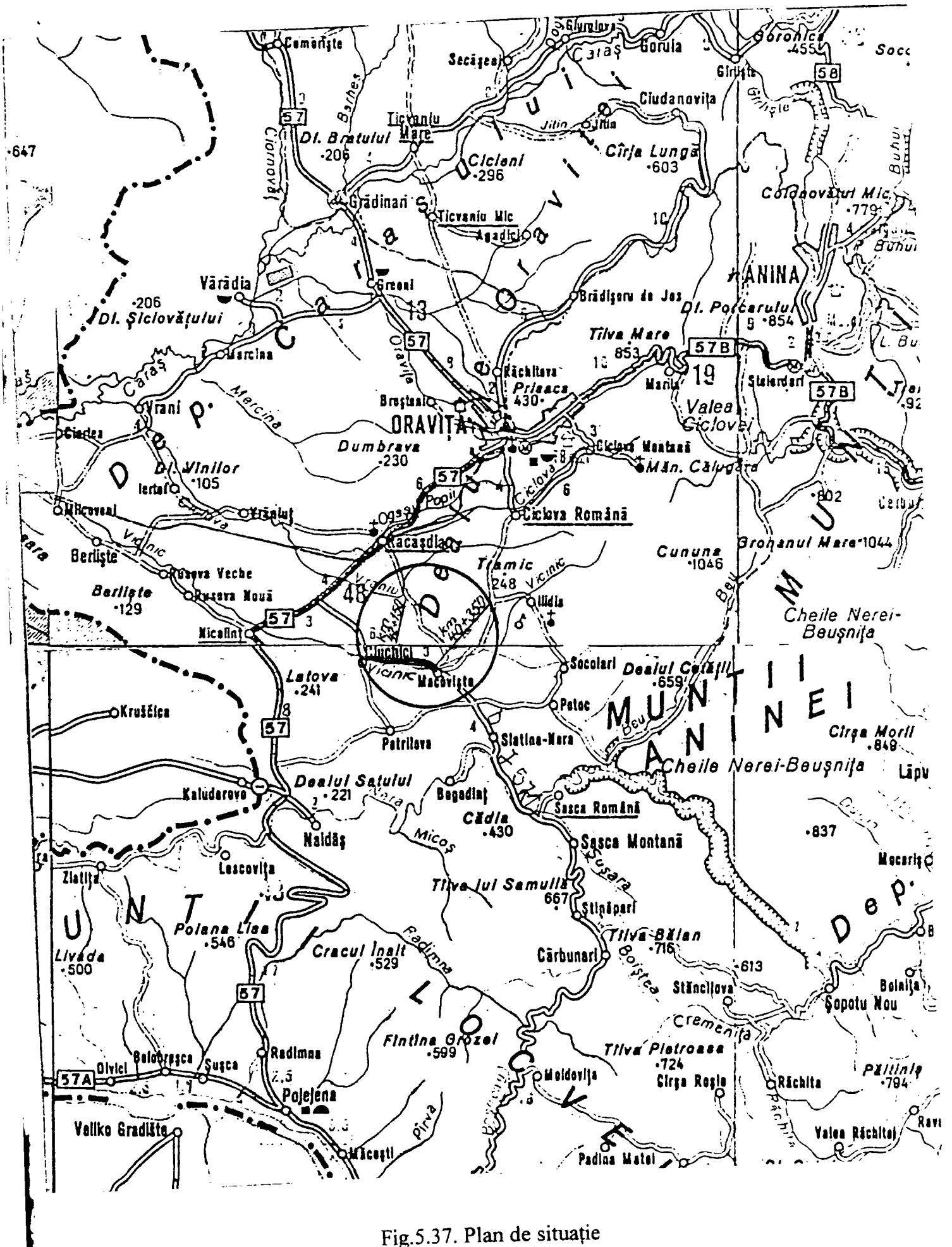


Fig.5.37. Plan de situație

Între cele două localități menționate, pe sectorul cuprins între km 40+350 și km 42+150, drumul a suferit în timp degradări majore, care s-au accentuat mult în anul 2000, constând în:

- tasări locale ale ambelor benzi ale carosabilului cu valori de 5...50 cm, sau pe o singură bandă de circulație și cu ridicarea celeilalte benzi;
- faianțări în plăci și în formă de pânză de paianjen;
- rupturi, crăpături și gropi în îmbrăcăminte și structura rutieră.

Profilul transversal al drumului este mixt, cu debleu pe partea dreaptă și rambleu pe cea stângă (în sensul de creștere a kilometrajului).

Deși în profil longitudinal există declivități care permit scurgerea apelor în lungul drumului, din cauză că șanțul din pământ de pe partea debleului este parțial distrus și înfundat, condițiile de scurgere sunt precare. Mai mult decât atât, pe unele porțiuni nici nu există dispozitive de scurgere, taluzul debleului începând chiar de la marginea acostamentului, astfel că apele provenite din precipitații de pe taluz stagnează pe acostament și pe partea carosabilă, contribuind substanțial la degradarea acestora.

În vederea stabilirii cauzelor degradărilor, pe sectorul investigat au fost efectuate cinci sondaje deschise pentru determinarea alcătuirii constructive a structurii rutiere, care au fost continuate cu foraje pentru stabilirea naturii și stratificației terenului de sub structura rutieră. De asemenea, au fost executate și nouă penetrări dinamice cu con, folosind penetrometrul dinamic mijlociu ($M_{\text{berbec}}=35 \text{ kg}$; $H_{\text{cădere}}=50 \text{ cm}$; $S_{\text{con}}=15 \text{ cm}^2$).

Sondajele deschise au pus în evidență următoarea alcătuire a structurii rutiere:

- îmbrăcăminte bituminoasă: 5...12 cm;
- fundație din balast și piatră spartă: 30...55 cm.

S-a constatat că starea de compactare a materialului din fundația drumului este în general necorespunzătoare, fapt evidențiat în special de sondajele deschise executate pe sectorul investigat. De asemenea, din unele sondaje deschise a rezultat că în timp s-au efectuat intervenții repetate la structura rutieră, prin executarea de umpluturi din balast și așternerea de noi straturi asfaltice.

În locurile unde îmbrăcămintea structurii rutiere a fost complet distrusă, terenul de sub structura rutieră a fost mult afectat de apă, refulând și contaminând materialul granular din fundația drumului.

După cum rezultă și din datele prezentate în tabelul 5.11, stratificația terenului de fundare este alcătuită dintr-o succesiune de pământuri argilos-prăfoase (nisip: 5...20 %; praf: 40...50 %; argilă: 30...45 %), cu plasticitate foarte mare. Imediat sub fundația drumului a fost interceptat un strat de umplutură de natură argilos-prăfoasă, având culoare neagră-verzuie și miros de mâl, care a fost puternic afectat de prezența apei, cantonată și infiltrată prin structura rutieră. Acest lucru a

Tabel centralizator cu valorile unor caracteristici geotehnice ale pământurilor din terenul de fundare
DJ 571 - km 40+350...42+150

Tabelul 5.11.

Sonda- jul (fo- rajul) și km	Denumirea pământului	Cota de prele- vare probă [m]	Catego- ria pămân- tului	Granulozitatea			Caracteristici geotehnice				Indicele de con- sistență I_c	
				N [%]	P [%]	A [%]	Limitele de plasticitate		Indicele de plas- ticitate I_p [%]			
							Umidita- tea natu- rală w [%]	Superioară w_L [%]		Inferioară w_p [%]		
S 1+F 1 40+700	Umplură din pământ și balast până la - 0,30 m											
	Argilă prăfoasă cafenie	-1,00	P5	8	47	45	23,0	80,0	18,5	61,5	0,92	
	Argilă prăfoasă galbenă cu incluziuni calcaroase	-2,00 -3,00	P5 P5	12 18	46 46	42 36	30,0 23,6	82 72	21,65 19,23	60,35 52,77	0,86 0,92	
S 2+F 2 40+750	Îmbrăcăminte asfaltică 12 cm și fundație din balast și piatră spartă până la - 0,60 m											
	Argilă prăfoasă neagră verzuie	-1,00	P5	10	44	46	30,6	80,1	24,6	55,5	0,89	
	Argilă prăfoasă galbenă	-2,00	P5	17	45	38	29,4	70	22,6	47,4	0,86	
S 3+F 3 40+910	Îmbrăcăminte asfaltică 5 cm și fundație din balast și piatră spartă până la - 0,60 m											
	Argilă prăfoasă maronie	-1,00 -2,00	P5 P5	5 12	47 46	48 42	26,3 25,5	76,0 68,0	25,2 21,6	50,8 46,4	0,97 0,91	
	Argilă prăfoasă galben-roșiatică cu incluziuni calcaroase	-3,00	P5	18	46	38	25,7	65,5	20,5	45,0	0,88	
S 4+F 4 41+200	Îmbrăcăminte asfaltică 7 cm și fundație din balast și piatră spartă până la - 0,50 m											
	Argilă prăfoasă neagră-verzuie	-0,60	P5	8	47	45	41,2	75,4	22,6	52,8	0,65	
	Argilă prăfoasă cafenie	-1,00	P5	10	48	42	31,2	76,2	24,0	52,2	0,86	
S 5+F 5 41+900	Îmbrăcăminte asfaltică 10 cm și fundație din balast și piatră spartă până la - 0,50 m											
	Argilă prăfoasă cafenie	-1,00	P5	5	49	46	31,7	81,0	24,4	56,4	0,87	
	Argilă prăfoasă galben-roșiatică cu incluziuni calcaroase	-2,00 -3,00	P5 P5	17 11	48 50	35 39	28,0 31,2	76,2 76,5	21,2 19,3	55,0 57,2	0,88 0,77	

rezultat și din încercările de compresibilitate pe probe prelevate din acest strat situat imediat sub structura rutieră, înainte și după o ploaie torențială. Probele de argilă prăfoasă prelevate înainte de ploaie au avut umiditatea naturală în jur de 30 %, iar valoarea modulului de deformație edometric rezultată în urma încercărilor edometrice a fost de 74...80 daN/cm². Umiditatea naturală a probelor de argilă prăfoasă prelevate după ploaia torențială a crescut până în jur de 40 %, iar valoarea modulului de deformație edometric a scăzut la 48...50 daN/cm².

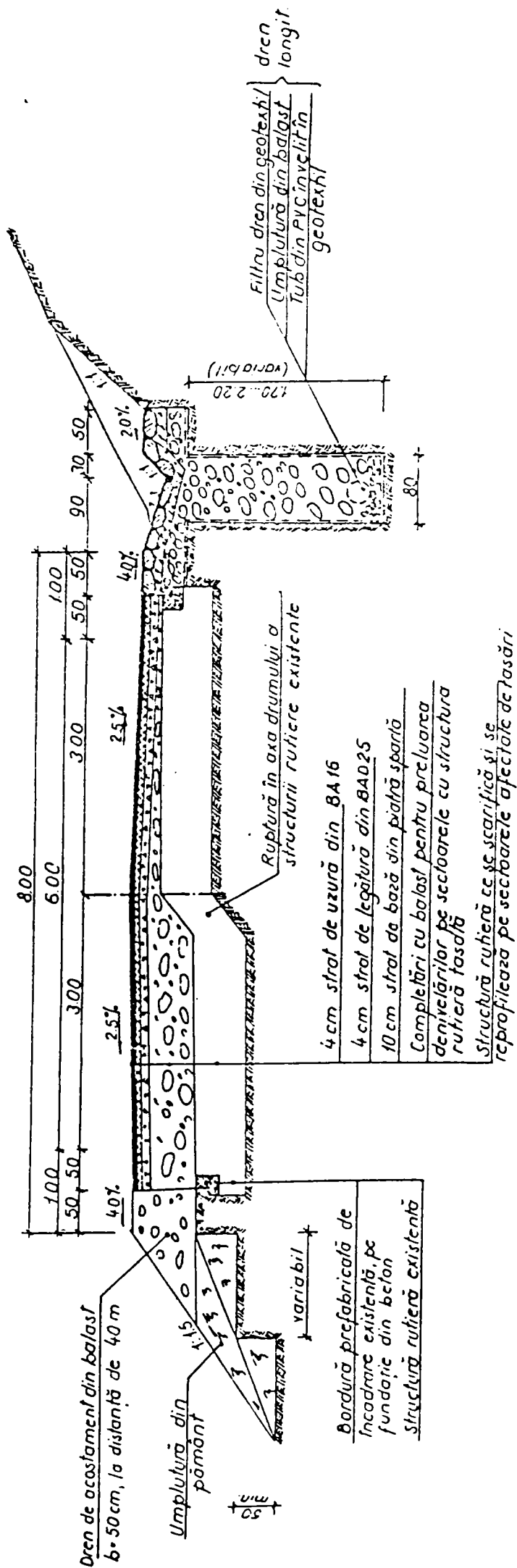
Prelucrarea datelor primare ale penetrărilor dinamice (tabelul 5.12), mai ales a celor efectuate în zona degradărilor mari (PDM 2, PDM 3, PDM 4) a evidențiat, de asemenea, valori relativ mici ale modulului de deformație liniară, până în jurul adâncimii de 2,0...2,5 m ($E = 57.83...84.96$ daN/cm²).

Tabel centralizator cu valorile unor caracteristici geotehnice estimate prin prelucrarea rezultatelor încercărilor de penetrare dinamică (PDM)
DJ 571- km 40+350...42+150

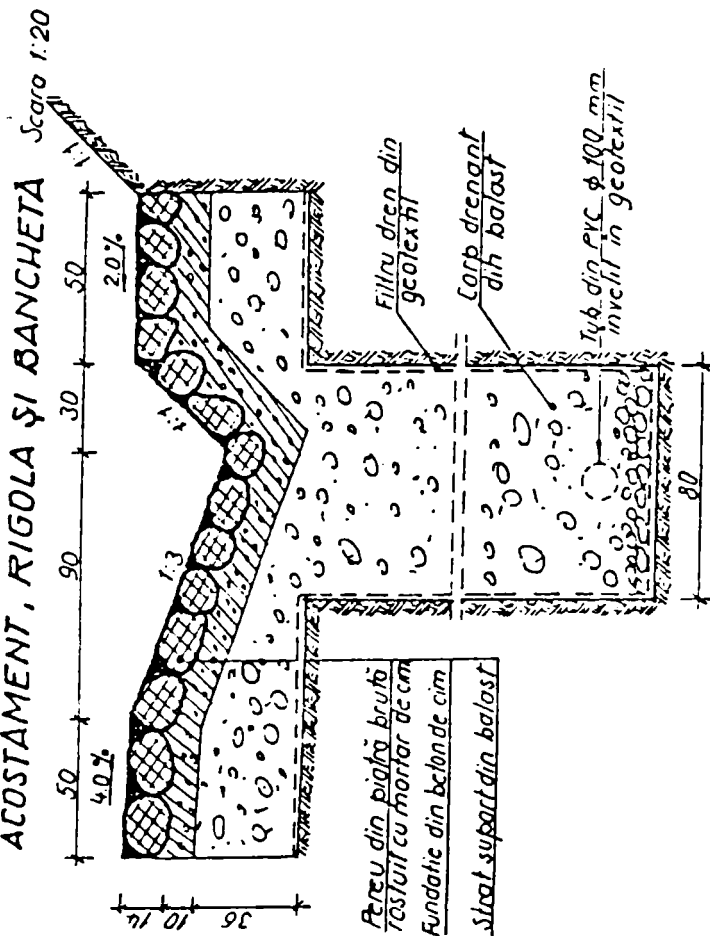
Tabelul 5.12

Pene- trarea și km	Adânc. H [m]	Nr.med. lov/10 cm N 10		Rez.la penetrare		Caracteristici geotehnice				
		N 10 PDM [lov/ 10 cm]	N 10 PDU [lov/ 10 cm]	R _d [daN/cm ²]	R _p [daN/cm ²]	n [%]	e	I _c	M _{2,3} [daN/cm ²]	E [daN/cm ²]
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PDM 2 40+750	0,5...1,0	1,8	4,46	13,86	10,81	49	0,98	0,67	59,00	64,90
	1,0...1,5	1,4	3,62	10,01	7,81	51	1,03	0,66	52,57	57,83
	1,5...2,0	2,4	6,21	17,16	13,38	49	0,95	0,71	69,21	76,13
	2,0...2,5	3,2	8,58	21,38	16,67	48	0,91	0,77	79,23	87,15
	2,5...3,0	5,8	15,56	38,74	30,22	45	0,82	0,92	97,59	165,90
PDM 3 40+910	0,5...1,0	6	14,86	46,20	36,04	44	0,79	0,91	96,17	163,49
	1,0...1,5	2,2	5,69	15,73	12,27	49	0,96	0,70	66,53	73,18
	1,5...2,0	2,6	6,72	18,59	14,50	48	0,93	0,72	71,68	78,85
	2,0...2,5	2	5,37	13,36	10,42	50	0,99	0,69	64,72	71,19
	2,5...3,0	3	8,05	20,04	15,63	48	0,92	0,75	77,24	84,96
	3,0...3,5	3,2	8,96	20,09	15,67	48	0,92	0,77	80,56	104,73
	3,5...4,0	3,2	9,39	21,03	16,41	48	0,91	0,78	81,98	106,58
	4,0...4,5	3,6	11,10	22,37	17,45	47	0,90	0,82	87,16	130,73
4,5...5,0	4,8	16,30	32,87	25,64	46	0,84	0,94	99,03	168,36	
PDM 4 41+200	0,5...1,0	2	4,95	15,40	12,01	49	0,96	0,69	62,25	68,48
	1,0...1,5	2,4	6,21	17,16	13,38	49	0,95	0,71	69,21	76,13
	1,5...2,0	2,4	6,21	17,16	13,38	49	0,95	0,71	69,21	76,13
	2,0...2,5	3	8,05	20,04	15,63	48	0,92	0,75	77,24	84,96
	2,5...3,0	3,8	10,19	25,38	19,80	47	0,88	0,80	84,53	109,89
	3,0...3,5	7,3	20,54	46,03	35,90	44	0,79	1,03	106,16	180,48

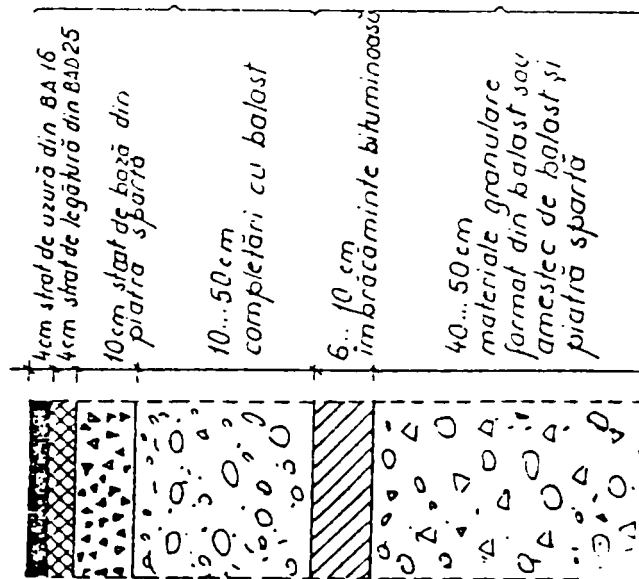
Sub aspectul potențialului de activitate al pământurilor argilos-prăfoase de sub structura rutieră a drumului, datele prezentate în tabelul 5.13, indică caracterul foarte activ al acestora.



DETALIU CONSOLIDARE ACOSTAMENT, RIGOLA ȘI BANCHETA



DETALIU STRUCTURA RUTIERA



Structură rutieră proiectată

Structură rutieră existentă

Fig. 5.38 PROFILUL TRANSVERSAL ADOPTAT

Aprecierea activității pământurilor argilos-prăfoase din terenul de fundare
DJ 571 - km 40+350...42+150

Tabelul 5.13.

Forajul	Cota probei [m]	Caracteristici geotehnice specifice pământurilor active				Aprecierea activității pământului
		Indicele de plasticitate I_p [%]	Contractia volumică C_v [%]	Umflarea liberă U_L [%]	Criteriul de plasticitate C_p [%]	
F 2	-1,00	55,5	96,8	145,0	43,9	Foarte activ
F 4	-1,00	52,2	103,3	146,0	40,4	Foarte activ
F 5	- 1,00	56,4	101,2	164,5	44,5	Foarte activ
	- 2,00	55,0	102,2	185,0	41,0	Foarte activ
	- 2,60	57,2	98,6	176,0	41,2	Foarte activ

Absența unor sisteme eficiente de colectare și evacuare a apei din zona drumului a determinat ca pe o grosime de 0,70...1,50 m sub structura rutieră, terenul de fundare să fie puternic afectat de infiltrații de apă, reducându-i capacitatea portantă și proprietățile de deformabilitate. De asemenea, caracterul foarte activ, sensibilitatea ridicată la îngheț-dezghet și plasticitatea ridicată a terenului de fundare au accentuat degradarea drumului pe sectorul analizat. Având în vedere aceste cauze, pentru reparația drumului s-au preconizat următoarele măsuri tehnice:

- realizarea de rigole și acostamente pereate pe partea dinspre debleu;
- realizarea unui dren fund de șanț pe partea dinspre debleu, pentru colectarea și evacuarea apei subterane;
- execuția unor drenuri transversale scurte în acostamentul din rambleu.

Profilul transversal tip adoptat prin aplicarea acestor soluții tehnice este redat în fig.5.38, alături de detalii de execuție pentru unele elemente (structura rutieră, dren fund de șanț, drenuri transversale).

5.6. Concluzii

Studiile de caz prezentate și analizate în paragraful 5.5 a acestui capitol confirmă pe deplin sublinierile făcute, privind rolul pe care-l joacă terenul de fundare, alături de alți factori, în producerea și dezvoltarea diverselor tipuri de defecțiuni și degradări, sintetizate și descrise în paragrafele anterioare.

Pe de altă parte a rezultat că anumite particularități de ordin morfologic, hidrologic și geotehnic, specifice zonei de câmpie a Banatului, fac ca influența terenului de fundare asupra viabilității drumurilor să fie mai accentuată.

Studiile de caz prezentate confirmă concluzia subliniată în capitolul II, în sensul că deși pământurile argiloase și argilos-prăfoase, predominante în zona de câmpie a Banatului, sunt considerate prin normele în vigoare ca având un potențial mediu de activitate, există suficiente microzone unde aceste pământuri sunt foarte active. În astfel de situații, după cum s-a putut vedea din cele prezentate, potențialul activ ridicat al acestor pământuri, mai ales în anii cu mari variații pluviometrice și termice, poate constitui o cauză determinantă a producerii și dezvoltării unor degradări pe drumurile din zona de câmpie a Banatului.

La caracterul activ, specific mării majorității a pământurilor argiloase și argilos-prăfoase din zona de câmpie a Banatului, se adaugă și plasticitatea în general mare și foarte mare a acestora, precum și sensibilitatea lor ridicată la îngheț-dezghet, caracteristici care, de asemenea, intensifică influența negativă a terenului de fundare asupra viabilității drumurilor.

După cum s-a văzut din cazurile analizate, prezența în terenul de fundare sau folosirea la execuția unor rambleuri a pământurilor cu deformabilitate pronunțată, apropiată pământurilor măloase, constituie o altă cauză a producerii și agravării degradărilor drumurilor din zona de câmpie a Banatului.

Faptul că pentru drumurile din zona de câmpie a Banatului condițiile hidrologice sunt în general foarte defavorabile, din cauza dificultăților de drenare și scurgere gravitațională a apei, face ca influența defavorabilă a acesteia asupra terenului de fundare de sub structura rutieră să fie accentuată și prin aceasta să contribuie la agravarea defecțiunilor și degradărilor drumurilor. Este evident că această acțiune este accentuată și prin insuficienta atenție care se acordă atât la construcție, dar mai ales la întreținere, sistemelor de colectare și evacuare a apei de pe partea carosabilă și din zona drumului. Inexistența sau funcționarea defectoasă a acestor sisteme, precum și faptul că pe porțiuni relativ lungi ale drumurilor acostamentele și zonele exterioare ale acestora au cotă mai ridicată decât partea carosabilă, constituie dovada insuficienței atenției care se acordă acestui aspect, important pentru viabilitatea oricărui drum.

Având în vedere aspectele reieșite și din cele prezentate în acest capitol, se apreciază că este absolut necesar ca cercetarea geotehnică, atât pentru construcția cât și pentru reabilitarea unor drumuri din zona de câmpie a Banatului, să fie cât mai completă, pentru a depista particularitățile geotehnice specifice traseului drumului. Pe de altă parte, structura rutieră care se adoptă, prin tipul și alcătuirea sa (grosime, straturi rutiere, strat de formă etc) trebuie să țină seamă de aceste particularități geotehnice specifice, în sensul eliminării sau cel puțin diminuării influenței negative a terenului de fundare asupra viabilității drumurilor.

Cap.VI. CONCLUZII FINALE

Disponibilitățile oferite de infrastructura rutieră pentru opțiunile de transport au determinat ca, în condițiile țării noastre, transportul rutier să dețină o pondere esențială în raport cu celelalte feluri de transport (feroviar, aerian, naval), asigurând legăturile între localități, fără instalații conexe specifice celorlalte infrastructuri de transport.

Necesitățile de transport rutier din țara noastră au impus o abordare responsabilă pentru realizarea și modernizarea rețelei de drumuri, respectiv pentru exploatarea acesteia în deplină siguranță, abordare la care participă în mod activ și cercetarea științifică rutieră, alături de alți factori determinanți.

Fiind un mod de transport dominant, dinamic și evolutiv în cadrul sistemului de transport general, transportul rutier trebuie să ofere suplețe, mobilitate și eficacitate atât la nivelul general economic, cât și la nivelul social particular, aspecte care impun strategii de dezvoltare corespunzătoare, fundamentate pe criterii științifice.

Anii de început al celui de al treilea mileniu găsesc sectorul rutier din România în plin avânt de modernizare, perfecționare și restructurare pentru integrarea infrastructurii transporturilor rutiere în sistemul european de căi de comunicație.

Programul de guvernare aprobat de Parlamentul României în anul 2000 urmărește dezvoltarea infrastructurii transporturilor rutiere prin reabilitarea, modernizarea și dezvoltarea rețelei de drumuri de interes național, îmbunătățirea confortului călătorilor, creșterea siguranței circulației, eficientizarea transporturilor de mărfuri și călători, mărirea mobilității populației, concomitent cu alinierea sistemului național de transport la sistemul european.

În concordanță cu cele de mai sus, Ministerul Lucrărilor Publice, Transporturilor și Locuinței, prin Administrația Națională a Drumurilor a definit o strategie clară pe termen mediu până în anul 2012 și pe termen lung după această perioadă, structurată pe ani, pentru construcția de autostrăzi, reabilitarea drumurilor naționale, întreținerea curentă, siguranța rutieră și reabilitarea primară a rețelei rutiere, în condițiile dezvoltării accentuate a traficului din România și a liberalizării transporturilor auto în Europa.

Din datele statistice existente rezultă că în ultimii 10 ani volumul total al traficului rutier în România a crescut cu 47 %, prognozându-se în continuare o posibilă creștere anuală de 4 %. În acest context trebuie avut în vedere că dezvoltarea cantitativă și calitativă a parcului auto impune

în mod logic și realizarea unei infrastructuri rutiere competitive care să țină pasul cu această dezvoltare.

Din păcate, cu toate măsurile luate și realizările obținute în ultimii ani, rețeaua rutieră din ara noastră este mult sub nivelul exigențelor europene, atât din punct de vedere al densității și modernizării drumurilor publice, cât mai ales al stării tehnice a acestora. Procentajul de 44 % de drumuri pietruite sau din pământ în afara localităților, precum și faptul că lungimea rețelei de drumuri naționale, județene și comunale cu durata de exploatare expirată reprezintă pentru 60 % din lungimea totală, sunt edificatoare pentru starea tehnică a drumurilor publice din România în momentul de față.

În fața acestei stări de lucruri, măsurile de reabilitare, respectiv de întreținere și reparare a drumurilor naționale, de construcție de autostrăzi, de modernizare a unor drumuri pietruite și din pământ, precum și de perfecționare a gestiunii și administrării drumurilor, prevăzute în strategia de dezvoltare pe termen mediu și lung a rețelei rutiere, reprezintă o necesitate obiectivă de prim ordin pentru țara noastră.

În agravarea stării tehnice a drumurilor, ca și în lucrările de construcție, reabilitare și întreținere, ingineria geotehnică în general și geotehnica rutieră în particular, au în multe situații un rol esențial.

Datele de natură geologică, geomorfologică, geotehnică și hidrogeologică, obținute în urma cercetării geologico-tehnice și geotehnice a traseului unui drum, sunt absolut necesare și nu de puține ori chiar hotărâtoare pentru alegerea soluției optime a traseului și elementelor geometrice, a structurii rutiere și a tehnologiei de execuție a lucrărilor de terasamente, având în vedere că natura și proprietățile pământurilor întâlnite pe traseu interesează atât ca teren de fundare cât și ca material de construcție.

Elementele enunțate anterior au fost luate în considerare la alegerea tematicii prezentei teze de doctorat, prin care s-a încercat să se sublinieze argumentat importanța unor aspecte de geotehnică pentru sectorul rutier și să se aducă unele contribuții la studiul influenței terenului de fundare asupra viabilității drumurilor în condițiile zonei de câmpie a Banatului.

În cele ce urmează se va face o prezentare sintetică a principalelor aspecte abordate și studiate în prezenta teză de doctorat.

- Delimitând aria studiilor și cercetărilor la zona de câmpie a Banatului, prin analiza și studierea unui mare volum de date geotehnice s-a făcut o caracterizare a acestei zone, evidențiind principalele particularități specifice ale acesteia, mai ales din punct de vedere geotehnic.

Principalele aspecte geotehnice referitoare la tipurile de pământuri prezentate preponderent în stratificația terenului și intervalele de variație a caracteristicilor geotehnice ale acestora sunt prezentate pe formațiuni morfologice principale (câmpii joase, câmpii înalte) și

sunt exemplificate concret la unele localități situate în aceste formațiuni morfologice. Prin efectuarea unor analize chimico-mineralogice prin difractometrie cu raze X, s-a constatat că plăsticitatea mare și foarte mare a argilelor și argilelor prăfoase din zona de câmpie a Banatului, mai ales din Câmpia Vingăi, se datorează conținutului ridicat de smectit (montmorilonit).

În urma analizării unor caracteristici geotehnice specifice pământurilor cu umflări și contracții mari (PUCM), s-a constatat că în anumite locuri din zona de câmpie a Banatului, pământurile argiloase au potențial activ ridicat, deși normele în vigoare consideră că în Câmpia Banatului potențialul de activitate al pământurilor este mediu.

Argilele prăfoase și prafurile argiloase, prezente în măsură destul de mare în stratificația zinei de câmpie a Banatului, au o sensibilitate destul de ridicată la îngheț.

În afară de elementele geotehnice analizate, în lucrare se fac unele precizări referitoare și la aspecte de ordin geologic și hidrogeologic, seismo-tectonic, morfologic, hidrologic, climateric și pluviometric, specifice zonei de câmpie a Banatului.

- Având în vedere volumul relativ mare de lucrări, pe care-l impune cercetarea geotehnică a traseelor de căi de comunicație, preocupările pentru perfecționarea metodelor și procedeele de cercetare, atât în condiții de teren cât și de laborator, inclusiv în ceea ce privește prelucrarea rezultatelor, sunt pe deplin justificate și necesare.

În acest sens în lucrare se prezintă cercetările efectuate de un colectiv de cercetare, din care a făcut parte și doctorandul, privind perfecționarea metodologiei de determinare în condiții de laborator a indicelui californian de capacitate portantă (CBR).

S-a reușit în acest sens să se realizeze și să se echipeze aparatul CBR de laborator cu un dispozitiv de acționare mecanică a pistonului de penetrare, precum și reglarea automată și menținerea constantă a vitezei de penetrare a probei. Întreaga funcționare este comandată și controlată automat pe baza unui program de calcul, inclusiv citirea și înregistrarea datelor, până la trasarea diagramelor CBR.

Un alt grup de cercetări s-au axat pe stabilirea unor corelații între caracteristicile geotehnice ale pământurilor argiloase din zona de câmpie a Banatului și valorile indicelui CBR.

În acest scop au fost determinate caracteristicile geotehnice pentru 13 tipuri de pământuri argiloase, prelevate din terenul de fundare a unor drumuri din zona de câmpie a Banatului, pe baza cărora s-au reprezentat amprentele și s-au calculat ariile relative ale acestora, folosind un program de calcul în Limbajul Auto-Lisp ca o aplicație Auto-CAD 2000. Făcându-se apoi încercări pe probe compactate la umidități apropiate umidității optime de compactare, s-au determinat valorile indicelui CBR.

Printr-o prelucrare adecvată s-a reușit să se determine și să se reprezinte grafic variația indicelui CBR pentru un domeniu definit de o stare de compactare, caracterizată printr-o umiditate w [%] și un volum specific V [$\text{cm}^3/100 \text{ g}$].

De asemenea, a fost stabilită o relație de legătură între indicele CBR și aria relativă a amprentei, caracteristică pământurilor argiloase din zona de câmpie a Banatului. Această relație permite determinarea indicelui CBR, pe baza cunoașterii unor caracteristici fizice ale pământului analizat, relativ ușor de determinat, cum sunt granulozitatea și limitele de plasticitate.

- Un mijloc prin care se poate spori și uniformiza capacitatea portantă a terenului de fundare, respectiv îmbunătăți conlucrarea dintre structura rutieră și patul drumului constă în utilizarea stratului de formă.

După precizarea clară a funcțiunilor stratului de formă și prezentarea principiilor de dimensionare a acestuia, este făcută o analiză sistematică a principalelor sisteme de clasificare și a criteriilor de folosire a pământurilor în tehnica rutieră, inclusiv în stratul de formă.

Prezentarea materialelor folosite la realizarea stratului de formă, cu unele referiri la determinarea caracteristicilor acestora în laboratoarele Departamentului IGCCT de la Facultatea de Construcții și Arhitectură din Timișoara, constituie o altă problemă tratată în teză.

Alături de prezentarea altor soluții tehnice și tehnologii de realizare a stratului de formă, în teză sunt prezentate în detaliu unele cercetări experimentale efectuate în cadrul Departamentului IGCCT, referitoare la pământuri stabilizate cu cenușă de termocentrală și ciment sau var, care pot fi folosite și ca strat de formă.

- Unele studii de caz privind investigațiile efectuate pentru stabilirea cauzelor degradărilor pe unele drumuri din zona de câmpie a Banatului, confirmă sublinierile făcute cu privire la rolul ingineriei geotehnice pentru sectorul rutier și în același timp, completează caracterizarea geotehnică a acestei zone.

Totodată analiza acestor studii de caz, respectiv investigațiile de teren efectuate pentru stabilirea cauzelor degradărilor pe drumurile analizate, evidențiază încă odată avantajele tehnice și economice pe care le aduce utilizarea metodei de investigare prin sondaje de penetrare dinamică, motiv pentru care se pledează pentru extinderea utilizării acesteia pe o scară cât mai largă, în locul forajelor clasice, costisitoare și mult mai greu de executat.

- Principalele contribuții personale ale autorului la studiul și cercetarea diferitelor aspecte ale problematicii abordate în teză se pot considera:

- caracterizarea zonei de câmpie a Banatului, cu sublinierea principalelor particularități din punct de vedere geotehnic, geologic și seismo-tectonic, hidrologic și hidrogeologic, climateric și pluviometric;

- evidențierea faptului că plasticitatea mare și foarte mare a argilelor și argilelor prăfoase din zona de câmpie a Banatului, mai ales din Câmpia Vingăi, se datorează și prezenței în proporție mare a smectitului (montmorilonit) în compoziția mineralogică a acestora;
 - evidențierea prezenței unor pământuri argiloase foarte active în zona de câmpie a Banatului, deși normele în vigoare consideră potențialul de umflare-contrație din Câmpia Banatului ca fiind mediu;
 - participarea la perfecționarea și experimentarea aparatului CBR modernizat, existent în laboratorul de drumuri din Departamentul IGCCT;
 - aplicarea teoriei amprentelor la prelucrarea rezultatelor unor încercări menite să stabilească unele corelații între caracteristicile geotehnice și valorile indicelui CBR;
 - folosirea unui mod original de reprezentare grafică a legăturii dintre indicele californian de capacitate portantă (CBR) și parametrii de stare a unui pământ: umiditatea w [%] și volumul specific V [$\text{cm}^3/100 \text{ g}$];
 - stabilirea unei relații de calcul între valoarea indicelui californian de capacitate portantă (CBR) și aria relativă a amprenteii, care permite determinarea indicelui CBR în funcție de caracteristici geotehnice, relativ ușor de determinat (granulozitatea și limitele de plasticitate);
 - aplicarea unor programe de calcul adecvate, respectiv în Limbajul Auto Lisp ca o aplicație Auto-CAD 2000, pentru trasarea amprenteii și calculul ariei relative a acesteia, precum și o aplicație Excel pentru prelucrarea rezultatelor încercărilor de determinare a indicelui CBR;
 - prezentarea clară a rolului și funcțiilor stratului de formă;
 - analizarea soluțiilor tehnice de realizare a stratului de formă și efectuarea unor cercetări experimentale privind rezistențele mecanice ale pământului stabilizat cu cenușă de termocentrală și ciment sau var, posibil de a fi folosit și în stratul de formă;
 - efectuarea unor studii de caz privind influența terenului de fundare asupra agravării degradărilor pe unele drumuri din zone de câmpie a Banatului, a căror concluzii pe lângă stabilirea concretă a măsurilor de remediere, întregesc caracterizarea geotehnică a acestei zone, fiind utile activității din sectorul rutier, specifică zonei de câmpie a Banatului.
- În mare parte rezultatele cercetărilor efectuate au fost valorificate, fiind incluse în 10 lucrări științifice elaborate și publicate precum și în 8 contracte de cercetare științifică, la toate participând și autorul prezentei teze de doctorat. De asemenea, unele date și rezultate au fost

folosite de către diverși beneficiari la întocmirea unor studii de fezabilitate sau proiecte tehnice pentru reabilitarea sau construcția unor drumuri, inclusiv autostrada Nădlac-Arad-Timișoara.

- În privința perspectivei de continuare a cercetărilor în domeniul abordat de teză, se apreciază că referitor în practica rutieră a metodei CBR și mai ales a modului de prelucrare a rezultatelor, cercetările experimentale trebuie continuate.

Relații de legătură între valorile CBR și parametrii de stare ai unui pământ, respectiv și aria relativă a amprentei acestuia, după modelul celor prezentate în lucrare pentru pământurile argiloase, din zona de câmpie a Banatului, trebuie stabilite și pentru alte categorii de pământuri, din care poate fi alcătuit terenul de fundare sau patul drumurilor.

Astfel de relații permit aprecierea operativă a valorilor CBR pentru pământurile aflate în stare compactată pe baza caracteristicilor fizico-mecanice ale acestora, valori ce sunt necesare pentru verificarea calității lucrărilor de terasamente, precum și pentru dimensionarea structurală a drumurilor.

BIBLIOGRAFIE

1. ANDREI, R., – **Tehnici rutiere**. Raport național la Al XI-lea Congres Național de Drumuri și Poduri din România. Timișoara, 2002.
2. ANDREI, R., – **Ghiduri practice pentru construcția terasamentelor**, Editura Tehnică, București, 1991.
3. ANDREI, S., ANTONESCU, I., - **Geotehnică și fundații, vol.I și II**. Litografia Institutului de Construcții București, 1980.
4. ANDREI, S., - **Comportarea pământurilor nesaturate (partea I)**, Revista Drumuri și Poduri nr.30, București, 1996.
5. ANDREI, S., - **Comportarea pământurilor nesaturate (partea II)**, Revista Drumuri și Poduri nr.31, București, 1996.
6. ANDREI, S., MANEA, SANDA, CIOCĂLȚEU, A., - **La systematisation, le stockage et la reutilisation des informations géotechniques. Principe d'organisation d'une banque de données géotechniques**, - Revue Francaise de Géotechnique Nr.78, 1997.
7. ANDREI, S., PĂUNESCU, D., ȘERBAN, V., - **Influența naturii și stării pământurilor asupra parametrilor geotehnicii rutiere**, Zilele Academice Timișene, Ediția a VI-a, Timișoara, 1999.
8. ANDREI, S., PĂUNESCU, D., DEACU, D., - **Sistematizarea informației geotehnice cu ajutorul rețelelor neuronale**, Zilele Academice Timișene, Ediția a VI-a, Timișoara, 1999.
9. ANDREI, S., LICHWAR, S., - **Prognozarea și verificarea parametrilor geotehnici în proiectarea infrastructurilor pentru transporturi**, Zilele Academice Timișene, Ediția a VII-a, Timișoara, 2001.
10. ANDREI, S., DUMITRESCU, T., - **Folosirea penetrometrelor statice la prospectarea infrastructurilor rutiere**, Zilele Academice Timișene, Ediția a VII-a, Timișoara, 2001.
11. ARAD, V., BOGDAN, I., - **Determinarea caracteristicilor geomecanice ale rocilor utilizate la infrastructura drumurilor**, Zilele Academice Timișene, Ediția a V-a Timișoara, 1997.
12. BANCEA, C., - **Contribuții la studiul și implementarea unor tehnologii eficiente pentru îmbunătățirea viabilității drumurilor cu trafic redus**, Teză de doctorat, Universitatea “Politehnica” Timișoara, 2002.
13. BELC, F., - **Contribuții la studiul și realizarea unor straturi rutiere mixte**, Teză de doctorat, Universitatea “Politehnica” Timișoara, 1993.
14. BELC, F., - **Noi lianți puzzolanici naturali**, Zilele Academice Timișene, Ediția a IV-a, Timișoara, 1995.
15. BELC, F., - **Aspecte privind comportarea eficientă a straturilor rutiere din agregate naturale stabilizate cu ciment**, Zilele Academice Timișene, Ediția a IV-a, Timișoara, 1995.

16. BELC, F., - **Aspecte privind îmbunătățirea calității straturilor rutiere din agregate naturale stabilizate cu ciment sau lianți puzzolanici**, Al X-lea Congres Național de Drumuri și Poduri, vol.II, Iași, 1998.
17. BELC, F., LUCACI, GH., - **Căi de comunicație terestre. Elemente de construcție**, Editura Solness, Timișoara, 2001.
18. BELC., F., BOLDUREAN, P., LASZLO, E., - **Methodologie de transformation de certaines donnée géotechniques en valeurs CBR**, Buletinul Științific al Universității "Politehnica" Timișoara, Tom 43 (57), Fasc. 1,2, Timișoara, 1998.
19. BOBOC, V., POPOVICI, D., - **Utilizarea cenușilor volante de termocentrală în tehnica rutieră**, Zilele Academice Timișene, Ediția a V-a Timișoara, 1997.
20. BOBOC, V., SUHANY, D., HORRGITAY, L., - **Utilizarea lianților puzzolanici de tip tuf vulcanic la stabilizarea materialelor locale folosite în tehnica rutieră**, Zilele Academice Timișene, Ediția a VI-a, Timișoara, 1999.
21. BOBOȘ, I., HAIDA, V., - **Influența transformărilor structural-mineralogice asupra proprietăților fizico-mecanice a unor depozite sedimentare argiloase**, A VII-a Conferință Națională de Geotehnică și Fundații, vol. I, Timișoara, 1992.
22. BOGDAN, I., BOLDUREAN, P., BANCEA, C., - **Compactarea de suprafață a terenurilor cu caracteristici fizico-mecanice reduse**, Zilele Academice Timișene, Ediția a V-a Timișoara, 1997.
23. BOLDUREAN, P., BELC, F., LASZLO, E., - **Recherches concernant la modernization de l'équipement pour la determination de l'Indice Californian de Capacité Portante (CBR)**, Buletinul Științific al Universității „Politehnica” Timișoara, Tom 43 (57), Fasc. 1,2, Timișoara, 1998.
24. BOLDUREAN, P., HAIDA, V., VOICU, CRISTINA - **Corelarea caracteristicilor fizice ale pământurilor cu comportarea la solicitări mecanice, exprimată prin indicele CBR**, Al XI-lea Congres Național de Drumuri și Poduri din România, Timișoara, 2002.
25. BOTEZATU, C., BOBOC, V., - **Agresivitatea traficului și a factorilor de mediu, cauze specifice în degradarea structurilor rutiere**, Al XI-lea Congres Național de Drumuri și Poduri din România, Timișoara, 2002.
26. BOȚI, N., STANCIU, A., LUNGU, IRINA, - **Metodologiile de verificare a parametrilor proprietăților geomecanice ale terasamentelor pentru transporturi terestre**, Zilele Academice Timișene, Ediția a VII-a, Timișoara, 2001.
27. BRANDL, H., - **Ingineria de construcții și cea geotehnică în societate –aspecte etice și perspective de viitor**, Conferința Internațională privind Învățământul și Educația Permanentă în Ingineria Geotehnică, Sinaia, 2000.
28. BUCSA, D., - **Acțiuni de restructurare a Administrației Naționale a Drumurilor. Modernizarea infrastructurii rutiere din România**, Al X-lea Congres Național de Drumuri și Poduri, vol.II, Iași, 1998.
29. CHAMPION, M., REGIS, C., - **Eléments de minéralogy et de géotechnique routière**, Guide pratique de construction routière nr.18, Revue Generale de Routes et des Aérodomes, nr.566, Paris, 1980.

30. CHIRICĂ, A., POPA, H., COȚOFANĂ, C., - **Utilizarea piloților de diametru mic pentru stabilizarea masivelor de pământ**, Al X-lea Congres Național de Drumuri și Poduri, vol.II, Iași, 1998.
31. CHIRICĂ, A., SERBULEA, M., OLTEANU, A., - **Geotechnical data processing available for pavement management system**, Al X-lea Congres Național de Drumuri și Poduri, vol.II, Iași, 1998.
32. CORTE, J., F., SCHAEFFNER, M., MOREL, G., JOUBERT, J., P., - **Presentation du nouveau guide technique – Realisation des remblais et des couches de forme**, Bull. Liaison Labo. P.et.Ch., nr.182, Paris, 1992.
33. COSOSCHI, BENONIA, - **Straturi rutiere stabilizate cu zgură granulată activată sulfatic**, Al X-lea Congres Național de Drumuri și Poduri, vol.II, Iași, 1998.
34. COSTESCU, I., - **Contribuții la dezvoltarea tehnologiilor de construcție a sistemelor rutiere cu materiale energoneintensive**, Teză de doctorat, I.P. "Traian Vuia" Timișoara, 1985.
35. COSTESCU, I., RUS, L., BANCEA, C., - **Despre posibilitățile utilizării pământurilor coezive la execuția terasamentelor de drumuri**, A VII-a Consfătuire a lucrătorilor de drumuri și poduri, Pitești, 1986.
36. COSTESCU, I., BELC, F., - **Agregate naturale stabilizate în tehnica rutieră**, Editura Orizonturi Univestitare, Timișoara, 1998.
37. COSTESCU, I., BELC, F., RAMIS, M., - **Investigarea stării tehnice a drumurilor din Banat**, Al X-lea Congres Național de Drumuri și Poduri, vol.II, Iași, 1998.
38. DIACONU, ELENA, - **Condiții în proiectarea sistemelor rutiere la acțiunea fenomenului îngheț-dezghetului**, Zilele Academice Timișene, Ediția a VI-a, Timișoara, 1999.
39. DUMITRU, P., - **Cercetarea rutieră în România, implicații și orientări**, Zilele Academice Timișene, Ediția a IV-a, Timișoara, 1995.
40. FODOR, GEORGETA, POPESCU, NADIA, - **Structuri rutiere suple și semirigide. Dimensionare și alcătuire – ghid tehnic**, Compania Inedit, București, 2000.
41. FODOR, GEORGETA, DASCĂLU, F., - **Considerații privind starea de solicitare limită la nivelul pământului de fundare pentru drumuri cu sisteme rutiere suple**, Zilele Academice Timișene, Ediția a IV-a, Timișoara, 1995.
42. GRUIA, AGNETA, - **Studii privind ranforsarea rambleurilor cu materiale sintetice**, Zilele Academice Timișene, Ediția a IV-a, Timișoara, 1995.
43. GRUIA, AGNETA, HAIDA, V., VOICU, CRISTINA, - **Considerations on some processing methods of results obtained by penetration souding**, 10 th Danube-European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Mamaia, 1995.
44. GRUIA, AGNETA, BOLDUREAN, P., BELEA, GH., SCORDALIU, I., - **Investigarea terenului prin sondaje de penetrare dinamică pentru studiul de fezabilitate al autostrăzii Nădlac-Arad- Timișoara**, Zilele Academice Timișene, Ediția a VI-a, Timișoara, 1999.

45. GRUIA, AGNETA, HAIDA V., VOICU, CRISTINA, MIREA, MONICA, - **Eficiența folosirii sondajelor de penetrare în cercetarea geotehnică rutieră**, Al XI-lea Congres Național de Drumuri și Poduri din România, Timișoara, 2002.
46. GRUIA, AGNETA, HAIDA V., - **Geotehnică și fundații**, Litografia Universității Tehnice din Timișoara, 1990.
47. HAIDA, V., - **Geologie, geotehnică și fundații – vol.I, Elemente de geologie și geotehnică** Litografia I.P. “Traian Vuia” Timișoara, 1981.
48. HAIDA V., Marin, M., - **Geotehnică**, Litografia Universității Tehnice din Timișoara, 1994.
49. HAIDA, V., GRUIA, AGNETA, VOICU, CRISTINA, **Aspects concerning the use of the geosynthetics in settling ponds**, 10 th Danube-European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Mamaia. 1995.
50. HAIDA, V., MIHU, P., - **Rolul ingineriei geotehnice în infrastructurile transporturilor terestre**, Zilele Academice Timișene, Ediția a VI-a, Timișoara, 1999.
51. HAIDA, V., - **Rolul proiectării geotehnice în creșterea siguranței construcțiilor – Raport general la A IX-a Conferință Națională de Geotehnică și Fundații**, Cluj-Napoca, 2000.
52. HAIDA, V., - **Raport asupra lucrărilor cu tematică de inginerie geotehnică prezentate**, Zilele Academice Timișene, Ediția a VII-a, Timișoara, 2001.
53. HAIDA, V., VOICU, CRISTINA, ș.a. – **Considerații asupra condițiilor tehnico-geologice și geotehnice specifice Câmpiei Banatului**, Zilele Academice Timișene, Ediția a V-a, Timișoara, 1997.
54. HAIDA, V., VOICU, CRISTINA ș.a. – **Particularități geotehnice ale terenului pe sectorul Nădlac-Arad-Timișoara, al viitoarei autostrăzi**, Zilele Academice Timișene, Ediția a VI-a, Timișoara, 1999.
55. HAIDA, V., GRUIA, AGNETA, MIHU, P., MIREA, MONICA, - **Condiții de fundare pe traseul centurii rutiere de ocolire a municipiului Timișoara**, Zilele Academice Timișene, Ediția a VII-a, Timișoara, 2001.
56. HAIDA, V., MIHU, P., VOICU, CRISTINA, – **Unele aspecte ale comportării construcțiilor fundate pe pământuri active**, Zilele Academice Timișene, Ediția a VII- a, Timișoara, 2001.
57. HAIDA, V., MIHU, P., VOICU, CRISTINA, – **Aspects concerning the behaviour of constructions founded on active Soils**, The VII th edition of Timișoara’s Academic Days – selected papers, Editura Orizonturi Universitare, Timișoara, 2002.
58. ILIESCU, M., - **Geosintetice**, Editura Dacia, Cluj-Napoca, 1994.
59. IZDRĂILĂ, V., - **Căi ferate**, Litografia I.P. „Traian Vuia”, Timișoara, 1980.
60. JERCAN, S., ANDREI, B., - **Fundații rutiere stabilizate cu zgură granulată**, Al XI-lea Congres Național de Drumuri și Poduri din România, Timișoara, 2002.
61. LUCACI, GH., HERMAN, A., - **Gestiunea drumurilor, factor determinant în asigurarea stabilității acestora**, Zilele Academice Timișene, Ediția a V-a, Timișoara, 1997.
62. LUCACI, GH., NICOARĂ, L., - **Reabilitarea drumurilor din pământ și a drumurilor pietruite**, Zilele Academice Timișene, Ediția a VI-a, Timișoara, 1999.

63. LUCACI, GH., BARBOS, V., - **Soluții tehnice aplicate la reabilitarea drumurilor din România**, Al X-lea Congres Național de Drumuri și Poduri, vol.II, Iași, 1998.
64. LUCACI, GH., COSTESCU, I., BELC, F., - **Construcția drumurilor**, Editura Tehnică, București, 2000.
65. LUCACI, GH., - **Strategia Administrației Naționale a Drumurilor în domeniul modernizării și dezvoltării infrastructurii rutiere în România**, Zilele Academice Timișene, Ediția a VII-a, Timișoara, 2001.
66. LUCACI, GH., - **Defecțiunile îmbrăcăminților rutiere moderne. Definiere, cauze, metode de remediere**, Editura Solness, Timișoara, 2001.
67. LUNGU, IRINA, STANCIU, A., BOȚI., N., - **Probleme speciale de geotehnică și fundații**, Editura Junimea, Iași, 2002.
68. MALIȚA, I., - **Conceptul de reabilitare a drumurilor**, Zilele Academice Timișene, Ediția a VII-a, Timișoara, 2001.
69. MANIOV, V., - **Căile de comunicație rutieră și dezvoltarea durabilă**, Zilele Academice Timișene, Ediția a VII-a, Timișoara, 2001.
70. MANOLIU, I., - **Fundații și procedee de fundare**, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1983.
71. MIHU, P., - **Utilizarea penetrării dinamice cu con la aprecierea potențialului de lichefiere**, Zilele Academice Timișene, Ediția a V-a, Timișoara, 1997.
72. MIHU, P., - **Utilizarea penetrării statice cu con la aprecierea potențialului de lichefiere**, Zilele Academice Timișene, Ediția a V-a, Timișoara, 1997.
73. MIRCEA, I., BOLDEA, ANA-MARIA, SCHEIN, T., - **Considerații chimico-mineralogice privind utilizarea cenușei de termocentrală tip Zalău la obținerea pământurilor stabilizate**, A VI-a Conferință Națională de Geotehnică și Fundații, Galați, 1987.
74. MOREL, G., ș.a. – **Le nouveau guide technique “Realisation des ramblais et de couches de forme”**, Revue Générale des Routes et des Aérodrômes, nr.700, Paris, 1992.
75. MUREȘAN, M., CADAR, RODICA, NEAMȚ, M., - **Rezistența la îngheș-dezghet, factor determinant în alegerea soluției de modernizare a drumurilor urbane**, Zilele Academice Timișene, Ediția a VI-a, Timișoara, 1999.
76. MUSTEAȚĂ, A., - **Sisteme de gestiune în politica de întreținere și exploatare a rețelei de drumuri publice**, Al X-lea Congres Național de Drumuri și Poduri, Iași, 1998.
77. NICOARĂ, L., - **Defecțiunile îmbrăcăminților rutiere. Tehnologii pentru prevenirea și remedierea lor**, Teză de doctorat, I.P.”Traian Vuia” Timișoara, 1974.
78. NICOARĂ, L., MUNTEANU, V., IONESCU, N., - **Întreținerea și exploatarea drumurilor**, Editura Tehnică, București, 1979.
79. NICOARĂ, L., BILȚIU, AURICA, - **Îmbrăcăminți rutiere moderne**, Editura Tehnică, București, 1983.

80. NICOARĂ, L., LUCACI, GH., - **Proiectarea și construcția drumurilor. Terasamente.** Litgrafia I.P."Traian Vuia" Timișoara, 1987.
81. NICOARĂ, L., - **Terminologie rutieră**, Revista Drumuri și Poduri nr.28, București, 1996.
82. NICOARĂ, L., - **Apariția fâgașelor se poate limita**, Al X-lea Congres Național de Drumuri și Poduri, vol.II, Iași, 1998.
83. NICOLESCU, L., - **Consolidarea și stabilizarea pământurilor**, Editura Ceres, București, 1981.
84. NICOLESCU, L., - **Cenușa de termocentrală în construcții**, Editura Ceres, București, 1978.
85. OROS, E., NIȚOIU, LUCIA, - **Specificul cutremurelor de pământ din Banat**, Buletinul AGIR nr.4, București, 2000.
86. PANTEA, P., - **Tasarea drumurilor executate pe ramblee înalte din consolidarea terenului de fundare**, Zilele Academice Timișene, Ediția a VI-a, Timișoara, 1999.
87. PANTEA, P., VOICU, CRISTINA, - **Considerații teoretice și experimentale privind verificarea calității compactării terasamentelor la lucrările de drumuri**, Zilele Academice Timișene, Ediția a VII-a, Timișoara, 2001.
88. PAVELESCU, E., - **Propuneri pentru realizarea efectivă până în 2010 a interoperabilității infrastructurii rutiere în coridorul IV pe rutele principale de conexiune cu aria pan-europeană de transport din bazinul Mării Negre și regiunile din Orientul Apropiat și Mijlociu**, Al X-lea Congres Național de Drumuri și Poduri, Iași, 1998.
89. PĂUNESCU, M., POP, V., SILION, T., - **Geotehnică și fundații**, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1983.
90. PĂUNESCU, M., - **Îmbunătățirea terenurilor slabe în vederea fundării directe**, Editura Tehnică, București, 1980.
91. PETRESCU, A., - **Dezvoltarea infrastructurii transporturilor rutiere din România în perioada 2002-2012**, Revista Drumuri și Poduri nr.64, București, 2002.
92. POGANY, A., - **Studiul reologic al masivelor de pământ**, Zilele Academice Timișene, Ediția a IV-a, Timișoara, 1995.
93. POGANY, A., - **Unele considerații asupra stării de tensiune a masivelor de pământ**, Zilele Academice Timișene, Ediția a V-a, Timișoara, 1997.
94. PONTEVILLE, P., - **Stabilisation des couches de forme**, Revue Générale des Routes et des Aéroports, supplément nr.564, Paris, 1980.
95. POP, V., POPA, A., - **Geotehnică și fundații**, Litografia Institutului Politehnic din Cluj- Napoca, 1982.
96. POPA, A., LĂCĂTUȘU, F., REBELEANU, F., ILIESCU, D., - **Consolidarea terasamentelor cu ajutorul piloților din var**, Zilele Academice Timișene, Ediția a VII-a, Timișoara, 2001.
97. POPA, A., SÎNCRAIAN, M., - **Considerații privind evaluarea caracteristicilor de calcul ale pământurilor**, A VII-a Conferință Națională de Geotehnică și Fundații, Timișoara, 1992

98. POPA, V., - **Transporturile și căile de comunicație**, Buletinul Informativ al CISC nr.3, București, 1997.
99. PREDESCU, I., CHIOTAN., V., - **Contribuții la alegerea traseului autostrăzii Nădlac-Deva, în zona Timișoara**, Zilele Academice Timișene, Ediția a VI-a, Timișoara, 1999.
100. RĂILEANU, P., BOȚI, N., STANCIU, A., - **Geologie, geotehnică și fundații, vol.I și II**, Institutul Politehnic Iași, 1986.
101. ROTARU, ANCUȚA, RĂILEANU, P., ROTARU, P., - **Folosirea deșeurilor la realizarea fundațiilor lucrărilor de infrastructuri pentru transporturi rutiere**, Zilele Academice Timișene, Ediția a VII-a, Timișoara, 2001.
102. SCHAEFFNER, M., - **Introduction de la valeur au bleu de methylene d'un sol dans la classification des sols de la Recomandation pour les terrassements routiers**, Bull. liaison Labo, P. et Ch. Nr.163, Paris, 1989.
103. SCHEIN, T., BOGDAN, I., MIHU, P., HERBAN, S., - **Lucrări de cercetare geotehnică și măsurători pentru studiul de fezabilitate al autostrăzii Nădlac-Arad-Timișoara**, Zilele Academice Timișene, Ediția a VI-a, Timișoara, 1999.
104. SCHEIN, T., BANCEA, C., - **Considerații privind posibilitățile de consolidare a rambleurilor**, A VII-a Consfătuire pe țară a lucrătorilor de drumuri și poduri, Pitești, 1986.
105. SCHELLER, O., REITMEIER, W., - **Combined Soil Stabilisation with Vertical Columns (CSV): A New Method to Improve Soft Soils**, Proceeding of the Conference American Society of Civil Engineering, Noordwijkerhout the Netherlands, 2000.
106. SILION, T., RĂILEANU, P., MUȘAT, V., - **Fundații în condiții speciale**, Rotaprint, Institutul Politehnic Iași, 1980.
107. SMITH, G., H., - **Elements of Soil Mechanics**, BSP Profesional Book, Oxford, 1990.
108. STELEA, ILEANA, COSTESCU, I., - **Urmărirea stării tehnice a unor drumuri din Banat**, Al X-lea Congres Național de Drumuri și Poduri, Iași, 1998.
109. STELEA, L., - **Progrese în concepția și realizarea infrastructurii pentru transporturile rutiere**, Zilele Academice Timișene, Ediția a IV-a, Timișoara, 1995.
110. STELEA, L., - **Concepții moderne în domeniul reabilitării drumurilor și lucrărilor de artă**, Zilele Academice Timișene, Ediția a V-a, Timișoara, 1997.
111. STELEA, L., NICOLAU, I., FODOR, GEORGETA, - **Acțiunea traficului greu asupra structurii rutiere**, Al XI-lea Congres Național de Drumuri și Poduri din România, Timișoara, 2002.
112. STENGER, C., - **Stabilisation des sols et couches de forme – Guide pratique de construction routiere nr.17**, Revue Général des Routes et des Aérodrômes nr.565, Paris, 1980.
113. STRUNGĂ, V., - **Folosirea materialelor geosintetice la alcătuirea terasamentelor, drenurilor, fundațiilor și a îmbrăcăminților rutiere**, Al X-lea Congres Național de Drumuri și Poduri, Iași, 1998.

114. ȘERBAN, V., STAN, T., - **Aparatură de laborator și de teren pentru determinarea indicelui californian de capacitate portantă (CBR)**. A VIII-a Conferință Națională de Geotehnică și Fundații, Iași, 1996.
115. ȘTEFĂNICĂ, MARIA, TEODORU, M., LUNGU, G. – **Zonarea geotehnică a teritoriului României**, A VIII-a Conferință Națională de Geotehnică și Fundații, Iași, 1996.
116. VASILESCU, MARIANA, VASILESCU, P., - **Condiții de calitate în domeniul geotehnicii rutiere**, Zilele Academice Timișene, Ediția a V-a, Timișoara, 1997.
117. VLAD, N., - **Drumuri fără îmbrăcăminti moderne – Raport Național la AI XI-lea** Congres Național de Drumuri și Poduri din România. Timișoara, 2002.
118. VOICU, CRISTINA, – **Studiu bibliografic privind alcătuirea și dimensionarea stratului de formă**, Referat de doctorat, Departamentul IGCCT, Universitatea „Politehnica” Timișoara, 1997.
119. VOICU, CRISTINA, – **Programe de calcul pentru dimensionarea și gestiunea drumurilor**, Referat de doctorat, Departamentul IGCCT, Universitatea „Politehnica” Timișoara, 1998.
120. VOINA, N., - **Teoria și practica utilizării cenușilor de la centralele termoelectrice**, Editura Tehnică, București, 1981.
121. YODER, E., J., WITCZAK, M., W., - **Principles of Pavement Design**, Second edition, Wiley – Interscience Publication, Toronto, 1976.
122. x x x - **Județele patriei – Arad**, Editura Sport Turism, București, 1979.
123. x x x - **Județele patriei – Timiș**, Editura Sport Turism, București, 1981.
124. x x x - **Județul Timiș. Strategie și dezvoltare economico-socială**, Editura Orizonturi Universitare, Timișoara, 1999.
125. x x x - STAS 1242/2-83 „**Cercetări geologico-tehnice specifice traseelor de căi ferate, drumuri și autostrăzi**”.
126. x x x - STAS 1243-88 „**Teren de fundare. Clasificarea și identificarea pământurilor**”
127. x x x - STAS 12253-84 „**Lucrări de drumuri. Straturi de formă**”.
128. x x x - STAS 2914-84 „**Lucrări de drumuri. Terasamente**”.
129. x x x - STAS 10473/1-87 „**Lucrări de drumuri. Straturi din agregate naturale sau pământuri stabilizate cu ciment**”.
130. x x x - STAS 19/3/12-86 „**Identificarea și determinarea caracteristicilor fizice și mecanice ale pământurilor cu umflări și contracții mari**”.
131. x x x - STAS 4032/1-90 „**Lucrări de drumuri. Terminologie**”
132. x x x - IMM 003-96 „**Metodologie pentru determinarea indicelui californian de capacitate portantă (CBR)**”
133. x x x - 140-S-str-2000. „**Normativ pentru dimensionarea sistemelor rutiere suple și semirigide**”.
134. x x x - AND 547-99. „**Normativ pentru prevenirea și remedierea defecțiunilor la îmbrăcămintele rutiere moderne**”

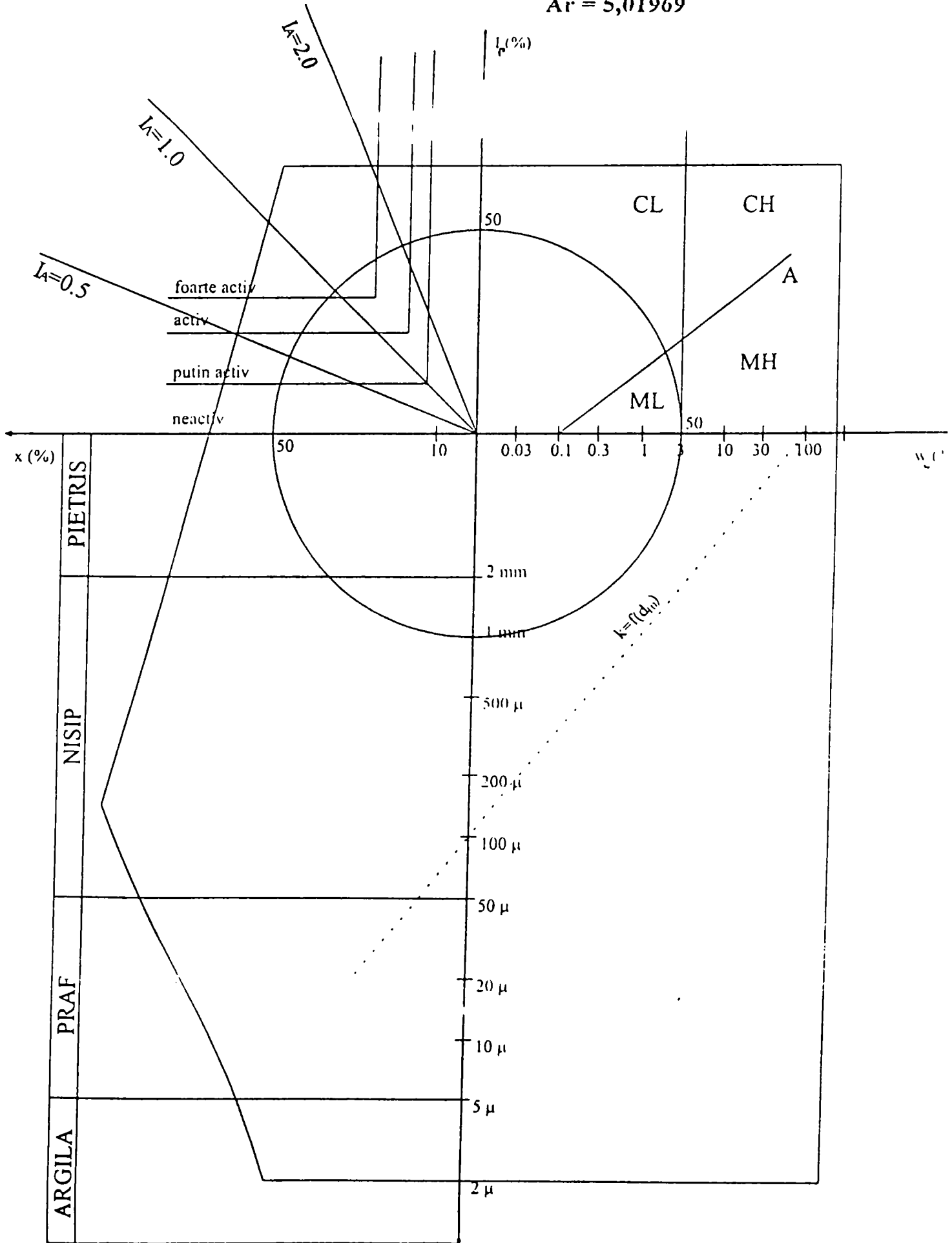
135. x x x - C 29-85. **„Normativ privind îmbunătățirea terenurilor slabe prin procedee mecanice”**
136. x x x - NE 0001-96. **„Cod de proiectare și execuție pentru construcții fundate pe pământuri cu umflări și contracții mari (PUCM)”**
137. x x x - Contract nr.94/1993. **„Studii în vederea zonificării tipurilor de pământ din Banat”,** Dep. IGCCT Univ. ”Politehnica” Timișoara, Beneficiar: INCERC București.
138. x x x - Contract nr.63/1994. **„Încercări de investigare geotehnică pentru reabilitarea drumurilor DN 59 și DN 69”.** Dep. IGCCT Univ. ”Politehnica” Timișoara. Beneficiar: IPTANA SEARCH București.
139. x x x - Contract nr.350/197/1997. **„Studiu geotehnic preliminar al traseului autostrăzii Nădlac-Arad-Timișoara”,** Dep. IGCCT Univ. ”Politehnica” Timișoara, Beneficiar: IPTANA SEARCH București.
140. x x x - Contract nr.19/512/2000. **„Studiu geotehnic pentru reabilitarea DN 6 Lugoj-Timișoara”,** Dep. IGCCT Univ. ”Politehnica” Timișoara. Beneficiar: SEARCH CORPORATION București.
141. x x x - Contract nr.20/513/2000. **„Studiu geotehnic al traseului centurii de ocolire a municipiului Timișoara”,** Dep. IGCCT Univ. ”Politehnica” Timișoara, Beneficiar: SEARCH CORPORATION București.
142. x x x - Contract nr.370/1998 **„Determinarea valorilor CBR ale terenului de fundare pe sectoare din cadrul DRDP Timișoara și DRDP Craiova și elaborarea metodologiei de convertire a datelor geotehnice în valori CBR”** Dep. IGCCT Univ. ”Politehnica” Timișoara. Beneficiar: CESTRIN București.
143. x x x - Contract nr.631/2001 **„Sistematizarea și prelucrarea datelor geotehnice existente sau obținute prin investigații de laborator și de teren și convertirea lor în valori CBR, pentru completarea bazei de date PMS”** Dep. IGCCT Univ. ”Politehnica” Timișoara, Beneficiar: CESTRIN București.
144. x x x - Contract nr.1401/1986. **„Noi procedee de fundare prin utilizarea pământului stabilizat”** Dep. IGCCT Univ. ”Politehnica” Timișoara, Beneficiar: INCERC București.
145. x x x - Contract nr. 787/2001. **„Studiu geotehnic pentru consolidarea DN 57 Oravița-Moravița”,** Dep. IGCCT Univ. ”Politehnica” Timișoara, Beneficiar: SEARCH CORPORATION București.
146. x x x - Contract nr. 530/2000. **„Reparație capitală pe D.J. 571”** Dep. IGCCT Univ. ”Politehnica” Timișoara, Beneficiar: Consiliul Județean Caraș-Severin.

ANEXE LA CAPITOLUL III

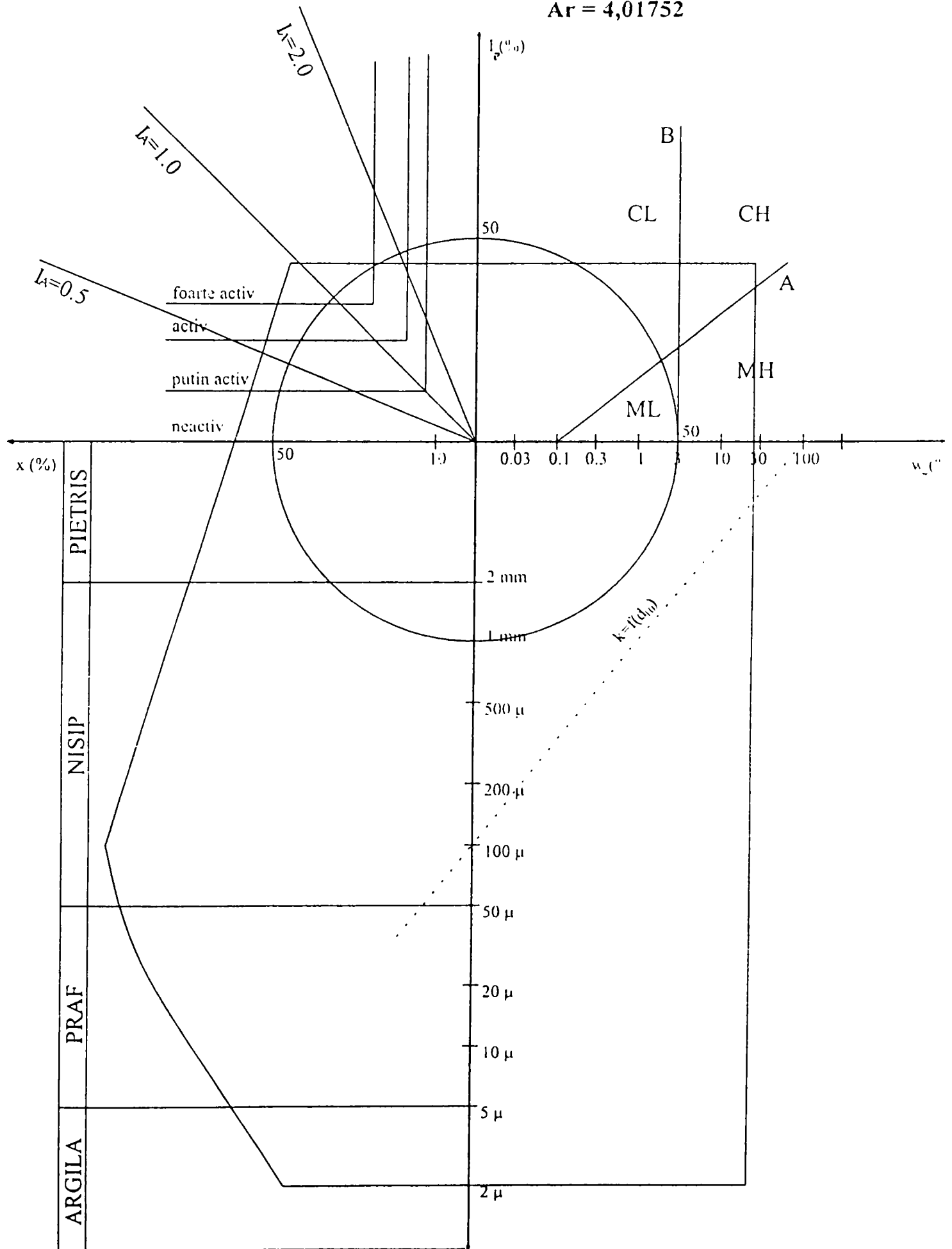
ANEXA 1

**AMPRENTELE ȘI ARIILE RELATIVE ALE
PĂMÂNTURILOR STUDIATE**

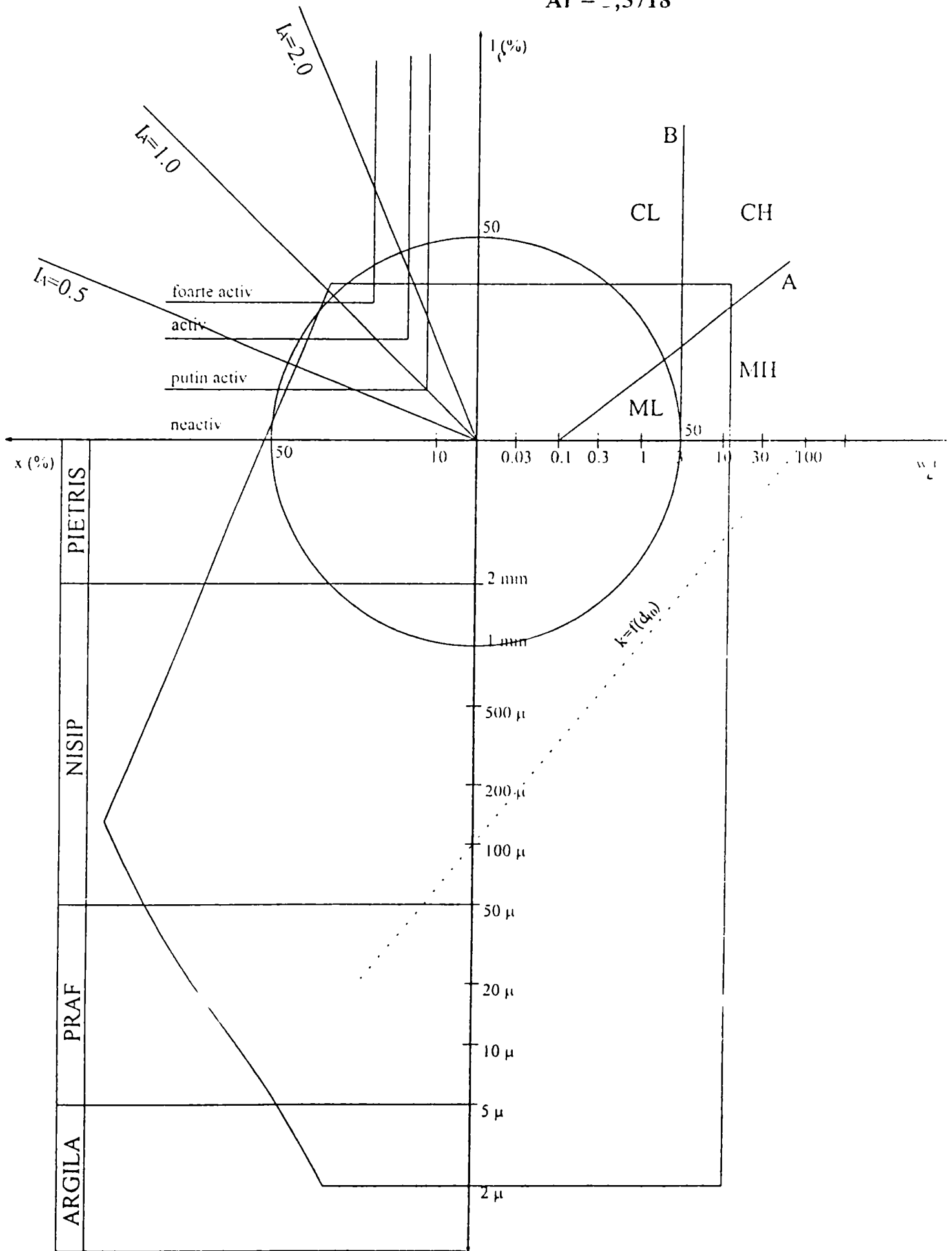
Ar = 5,01969



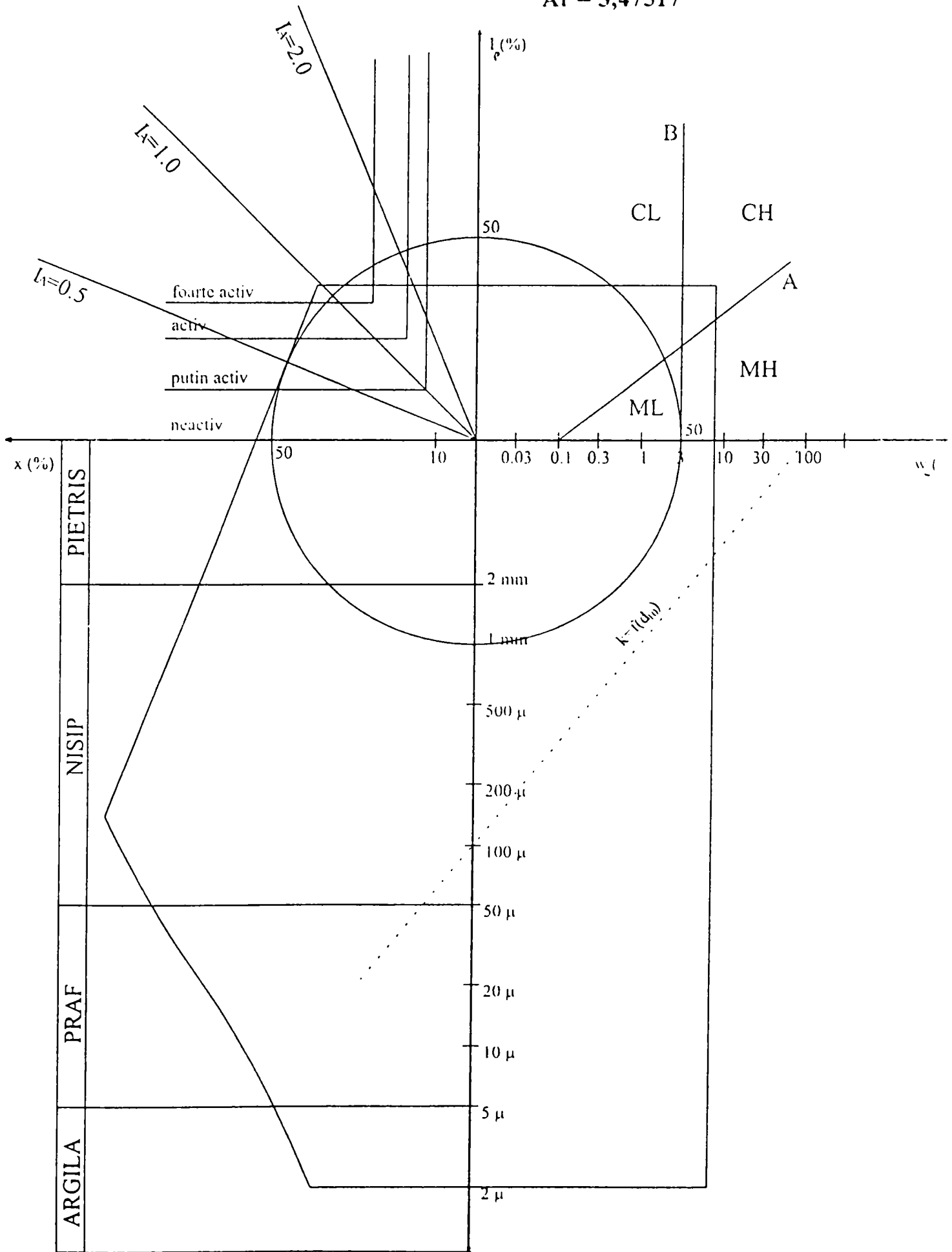
Ar = 4,01752



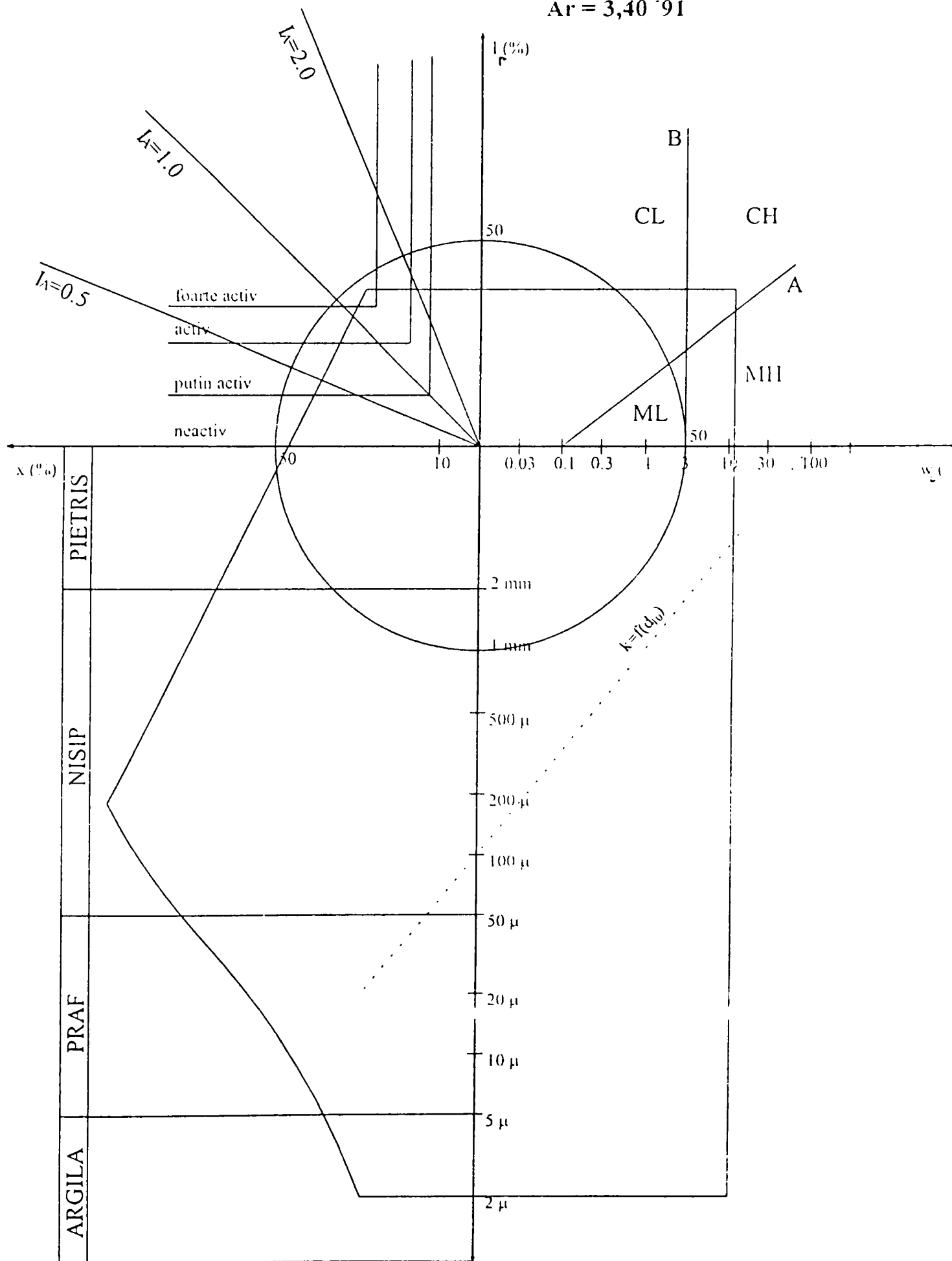
Ar = 57,18



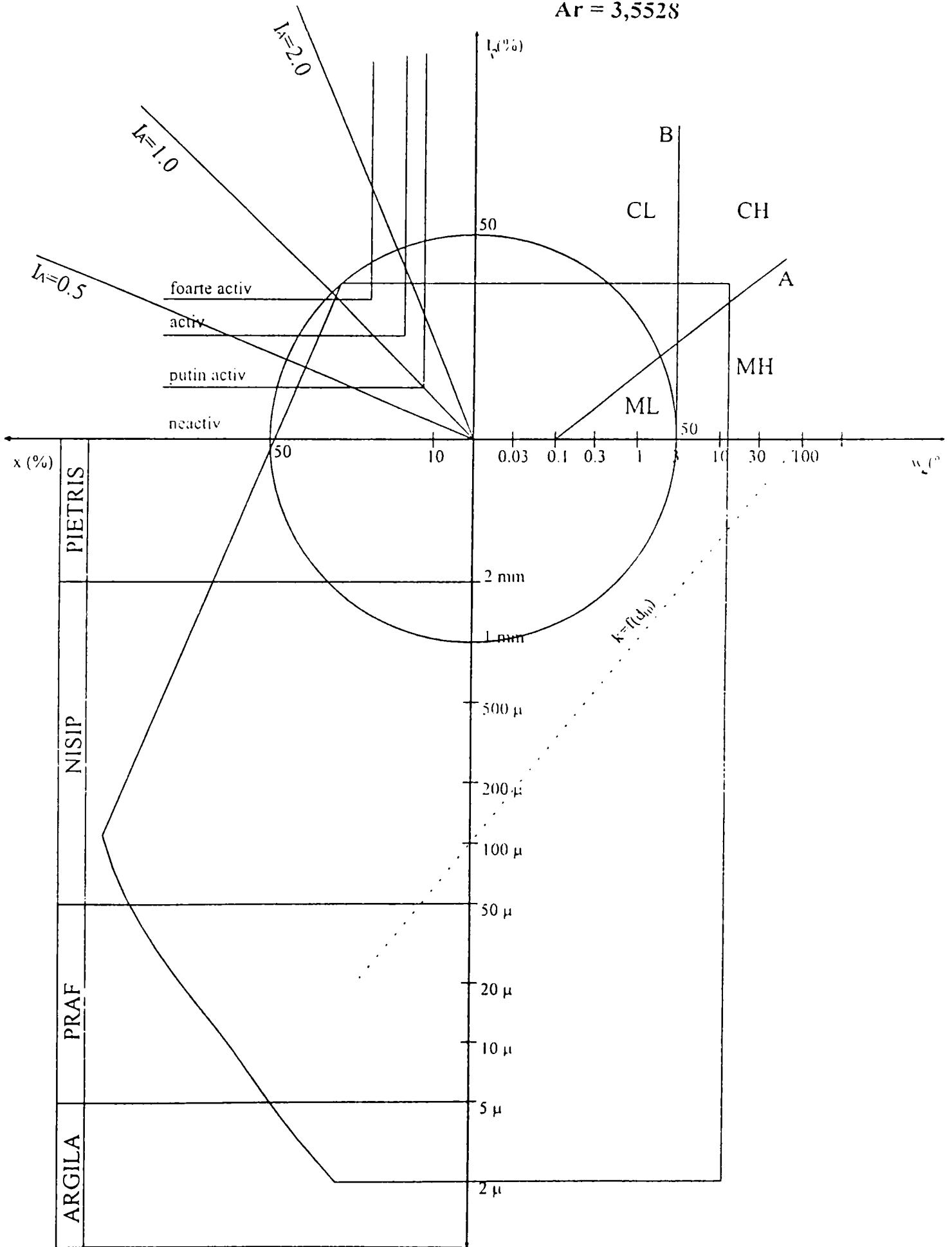
Ar = 3,47517



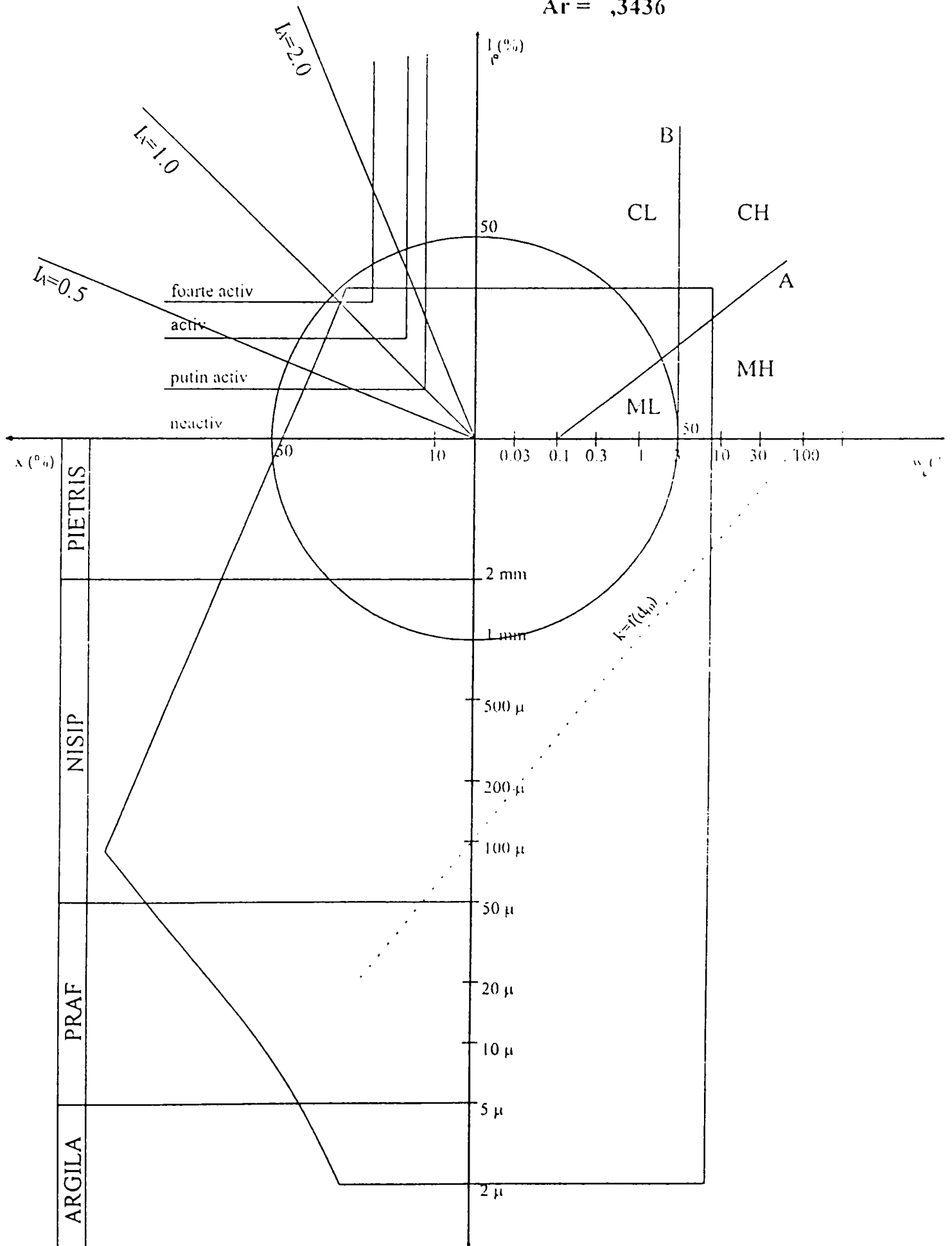
Ar = 3,40 91



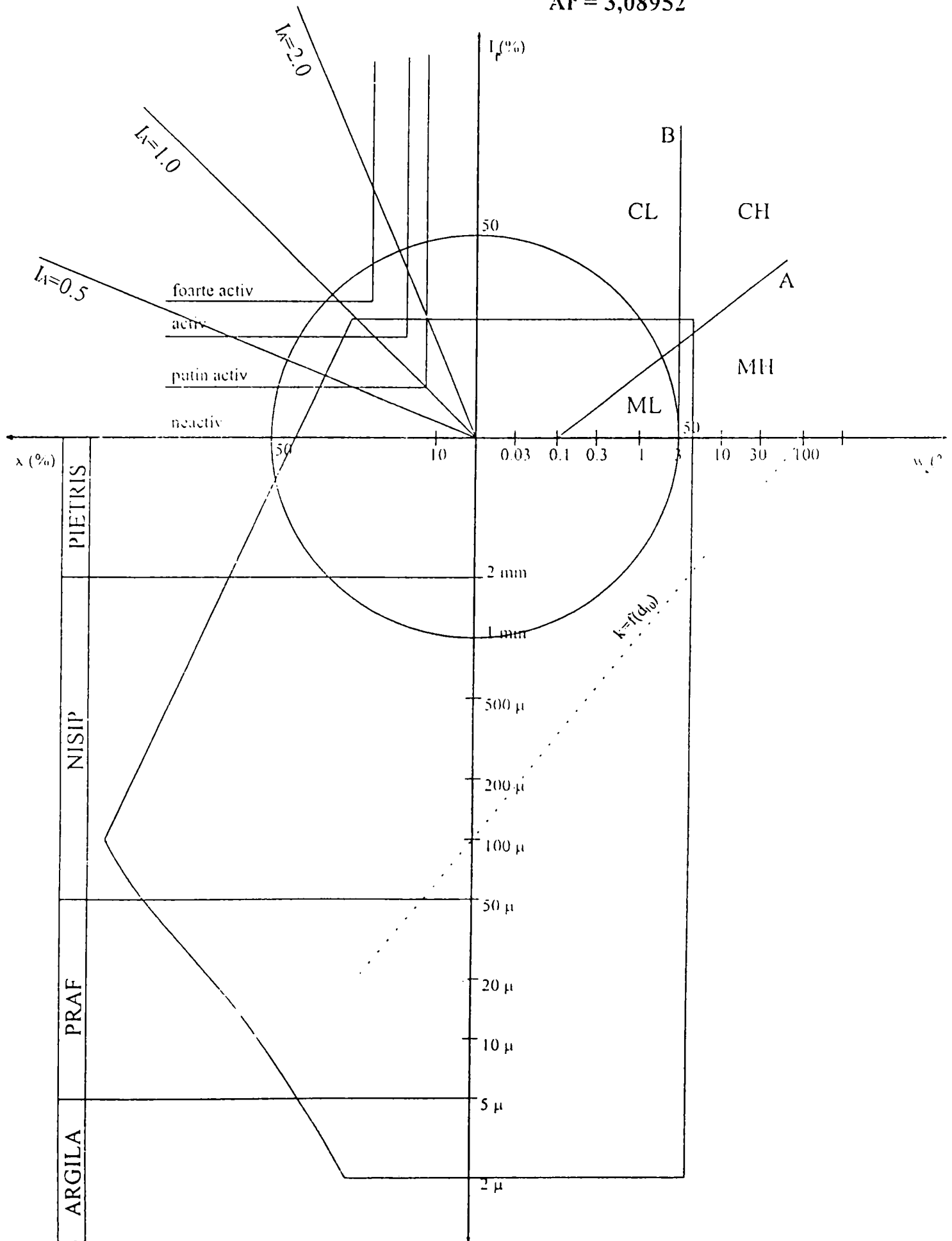
Ar = 3,5528

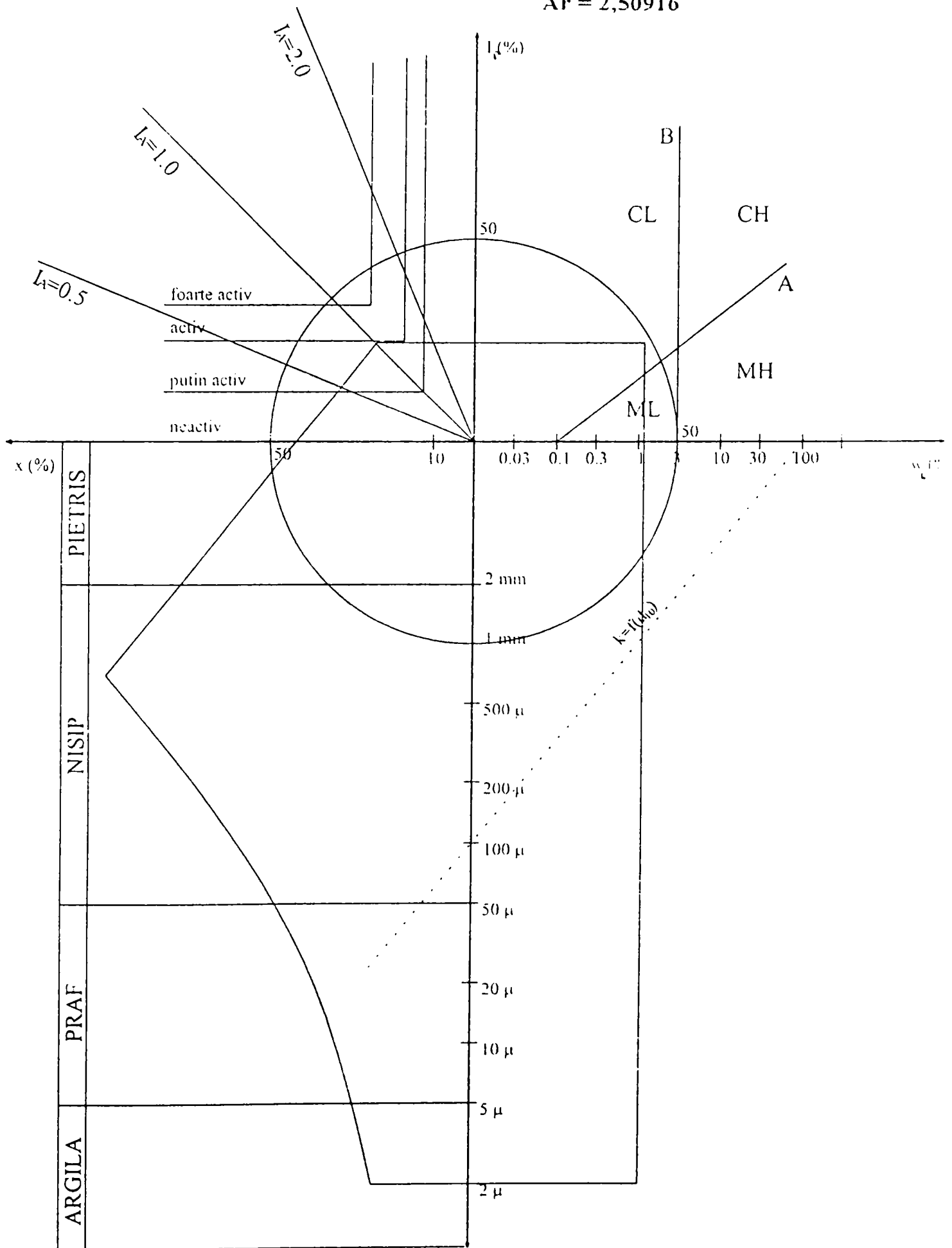


Ar = 3,3436

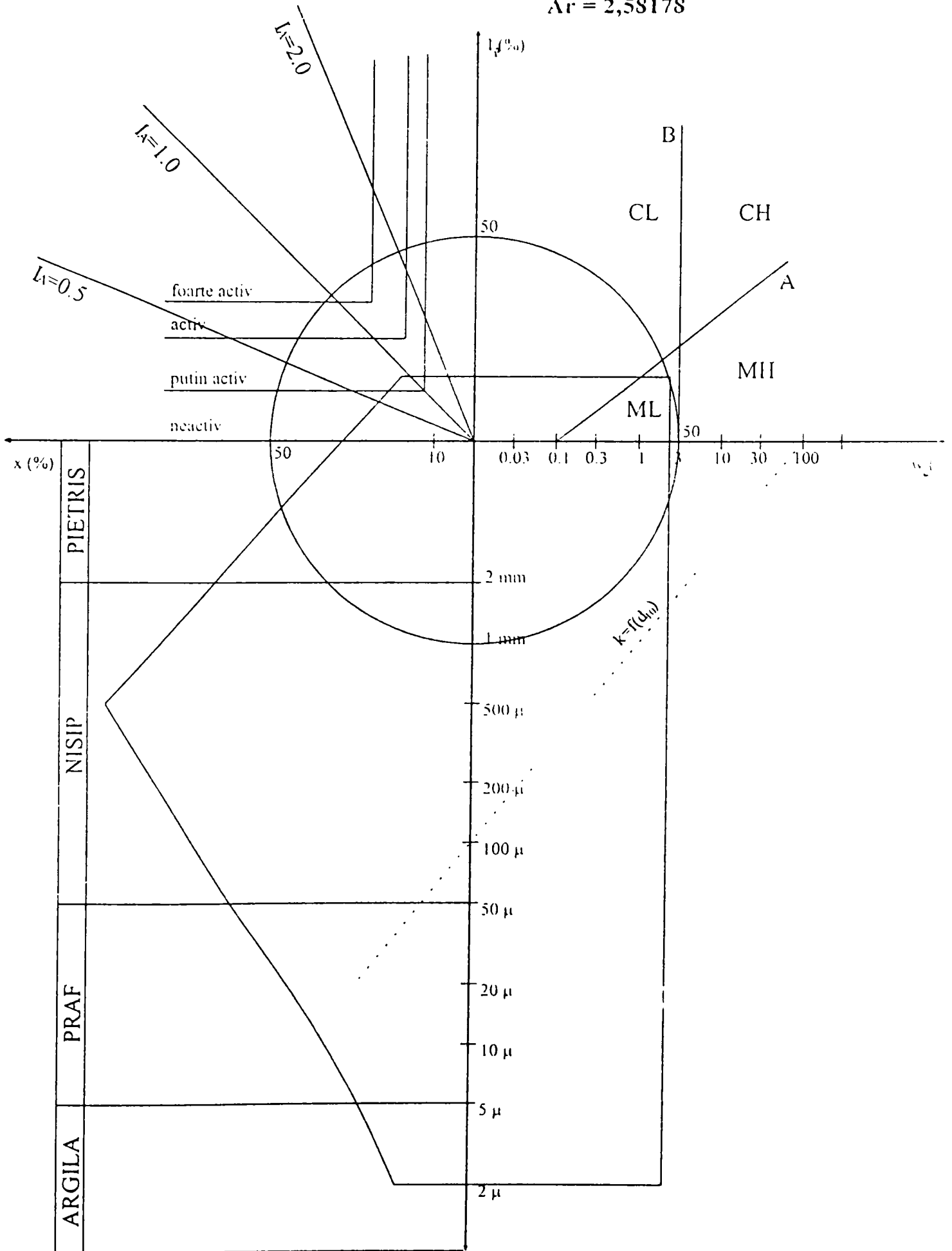


Ar = 3,08952

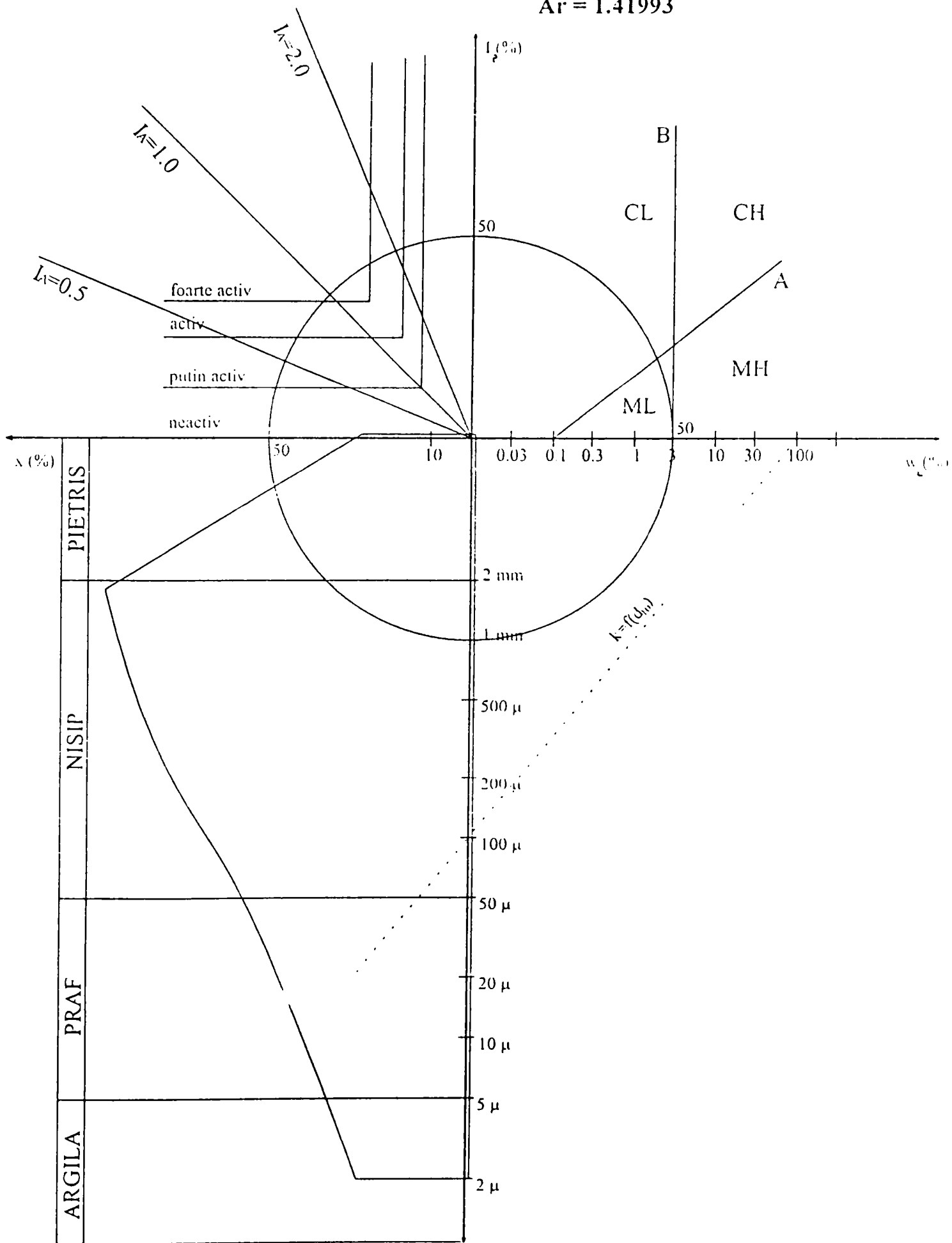




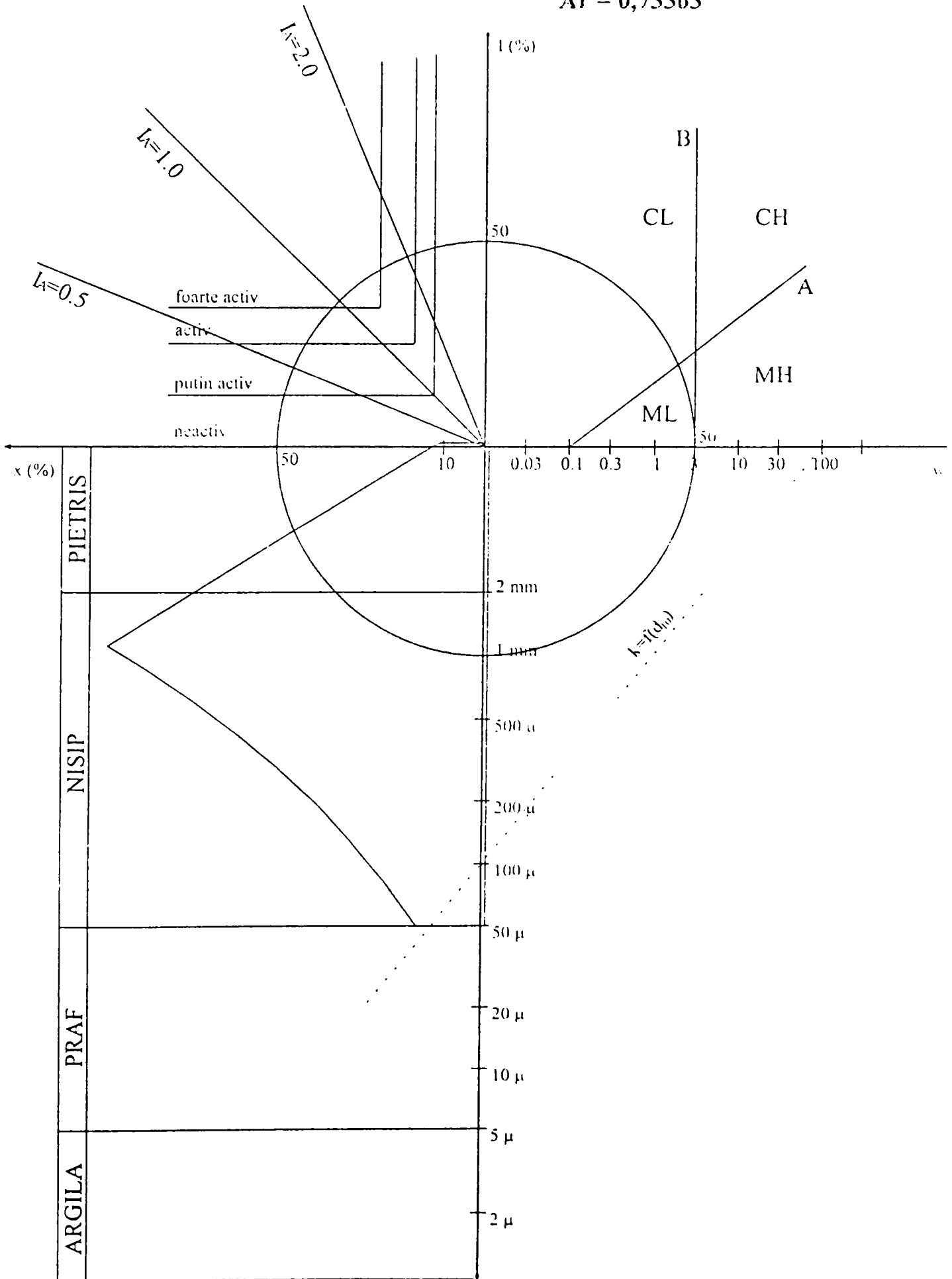
Ar = 2,58178



Ar = 1.41993

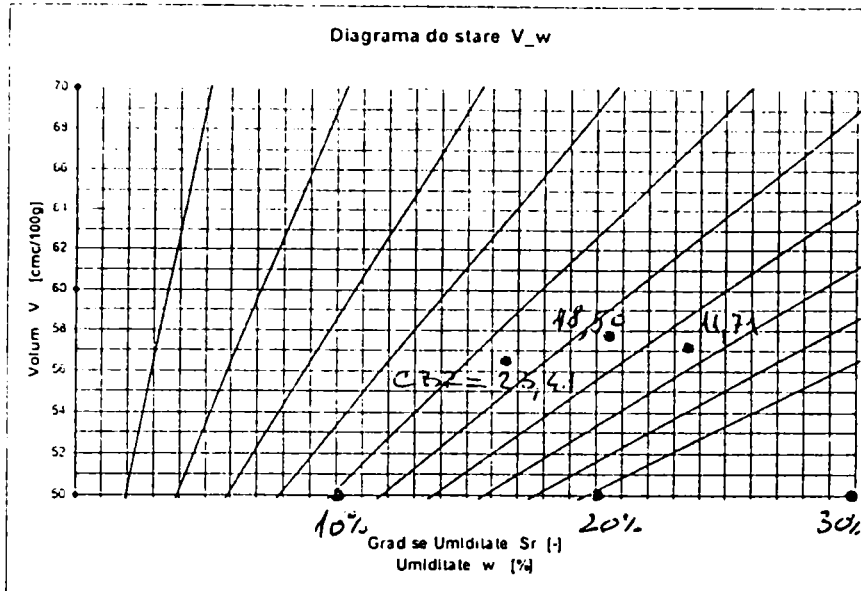


$A_r = 0,73363$

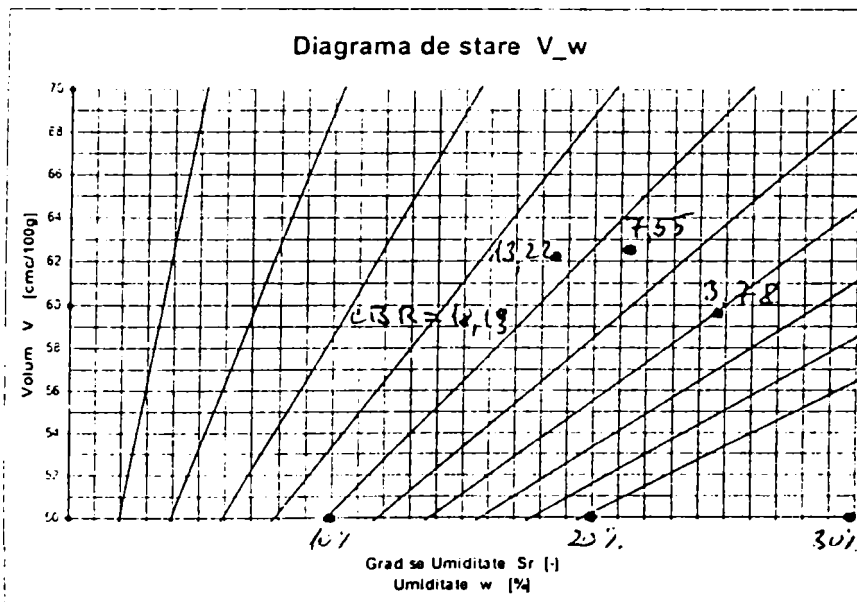


ANEXA 2

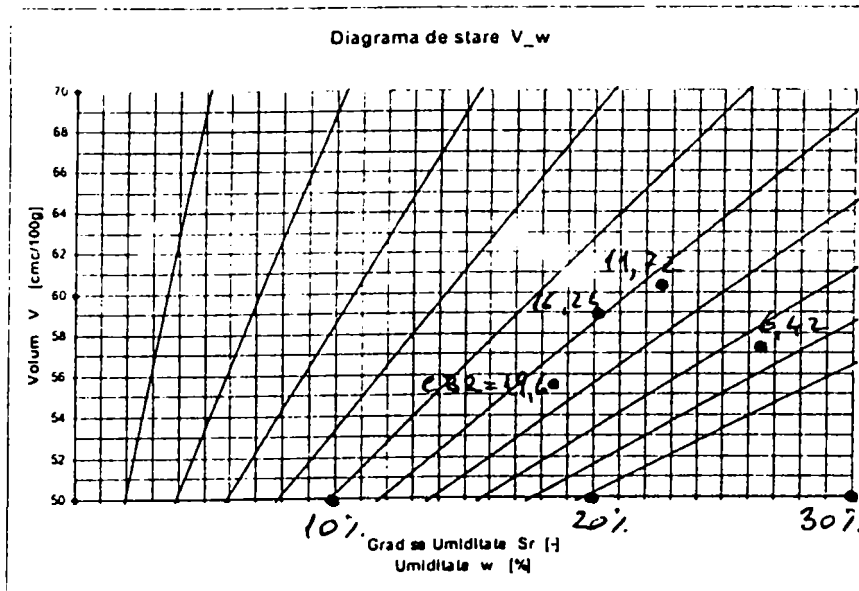
DIAGRAMME DE STARE



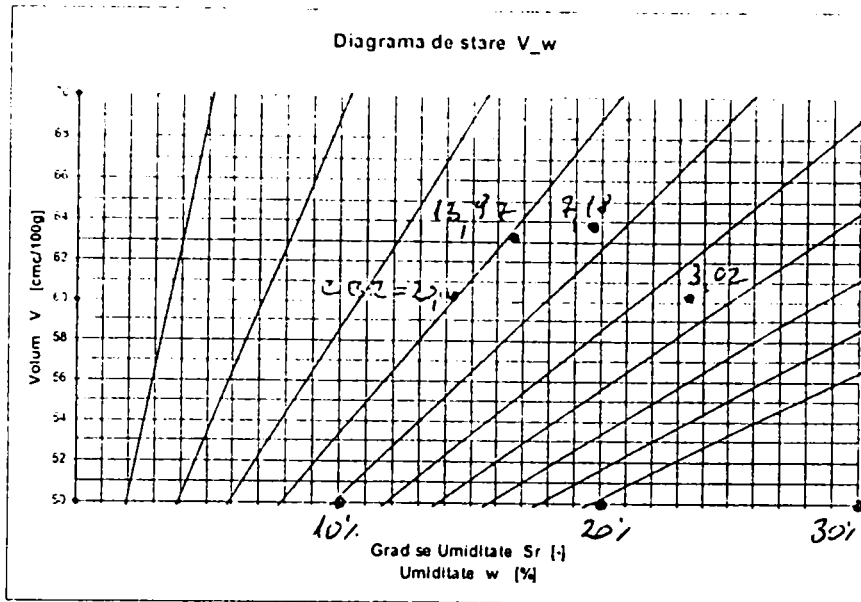
DN 59 A km 6 + 500



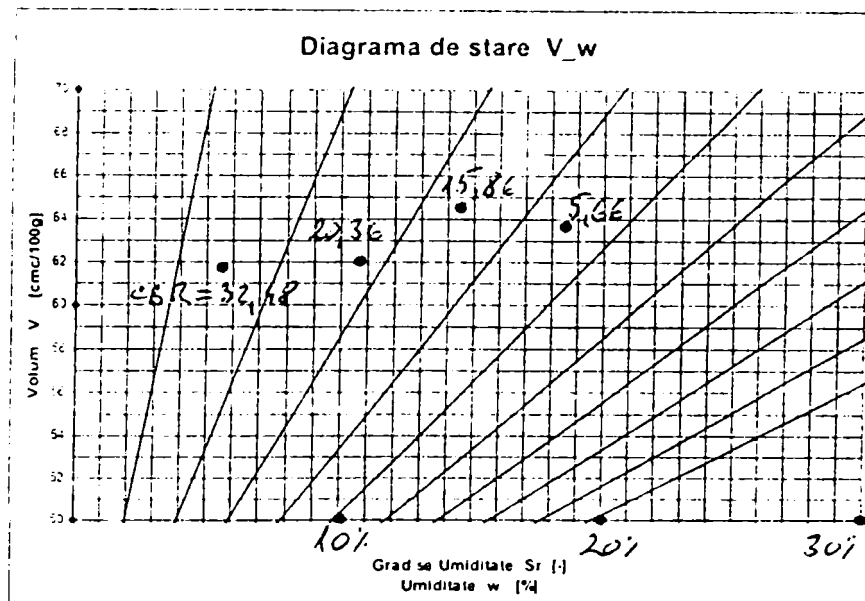
DN 59 km 31 + 500



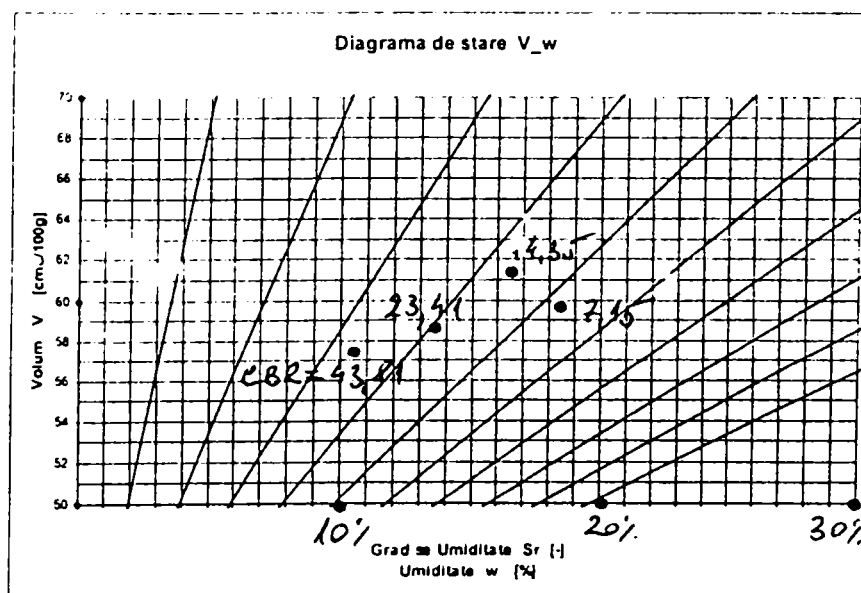
DN 59 B km 30 + 100



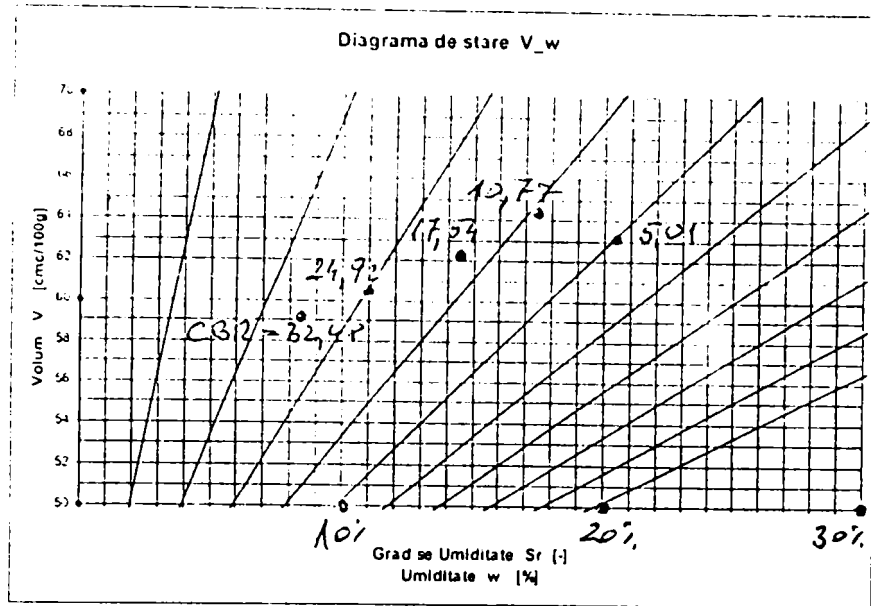
DN 69 km 49 + 300



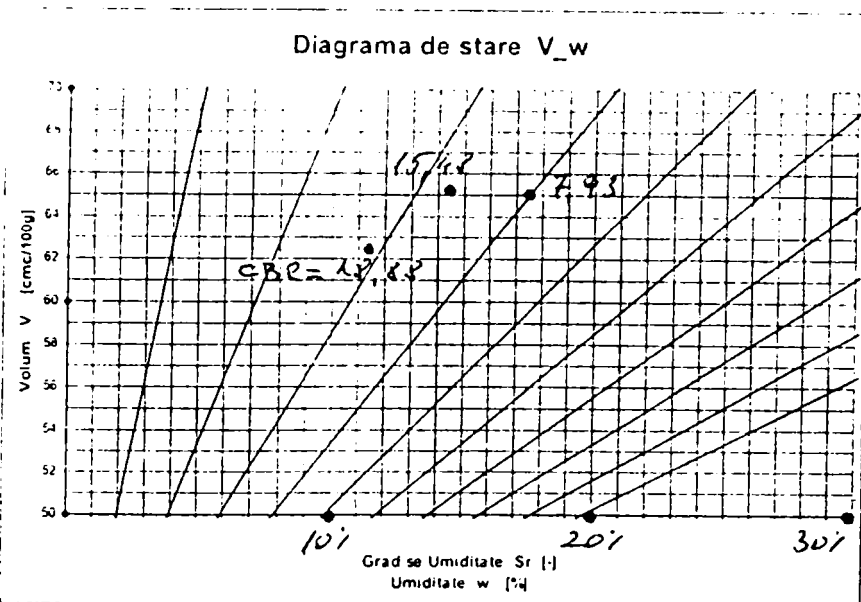
DN 6 km 544 + 000



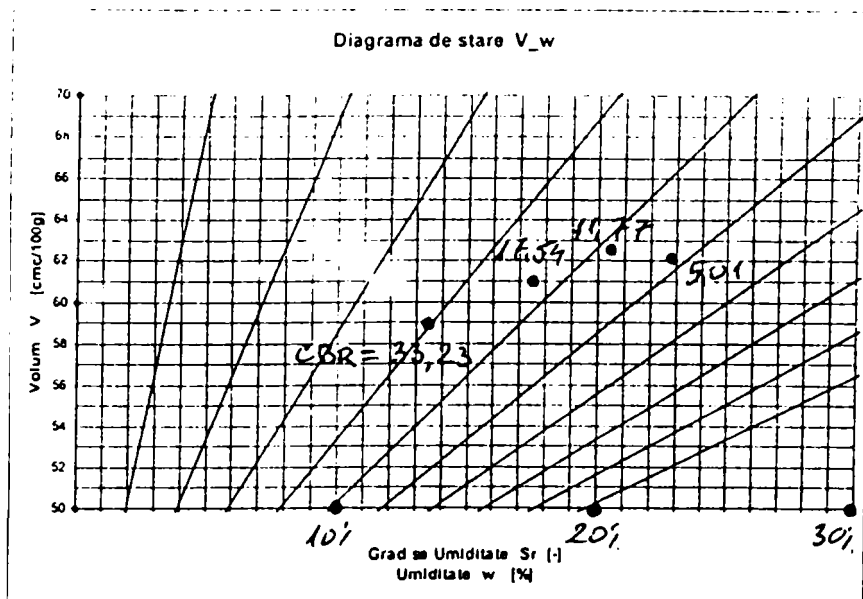
DN 6 km 586 + 000



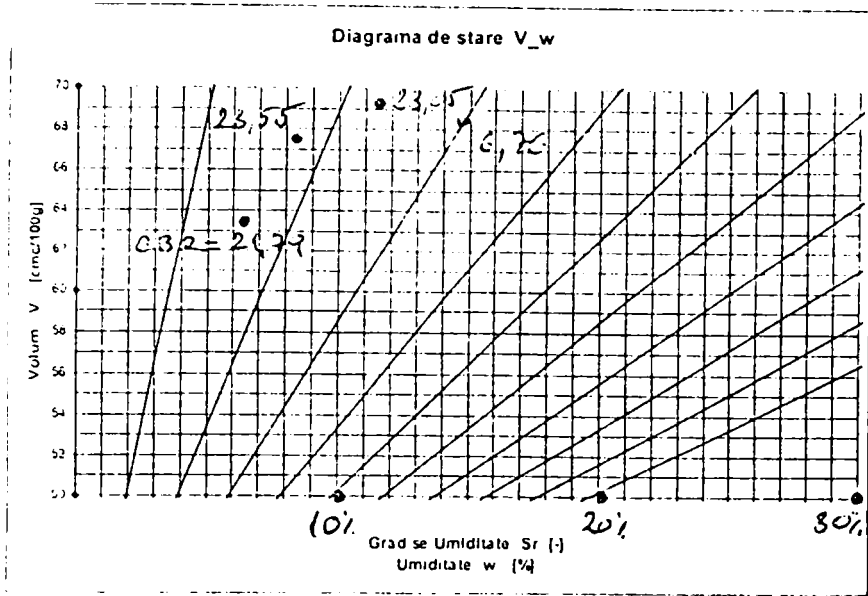
DN 69 km 37 + 200



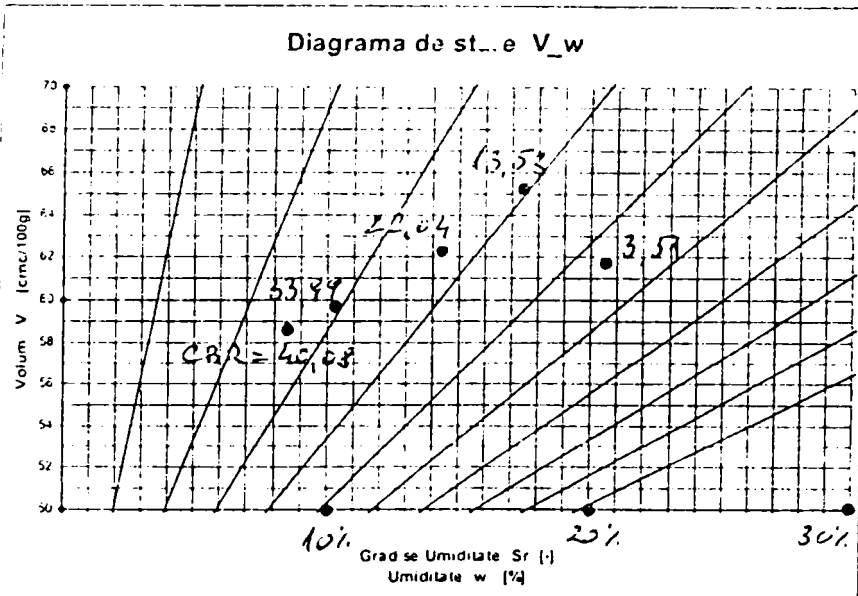
DN 59 A km 18 + 700



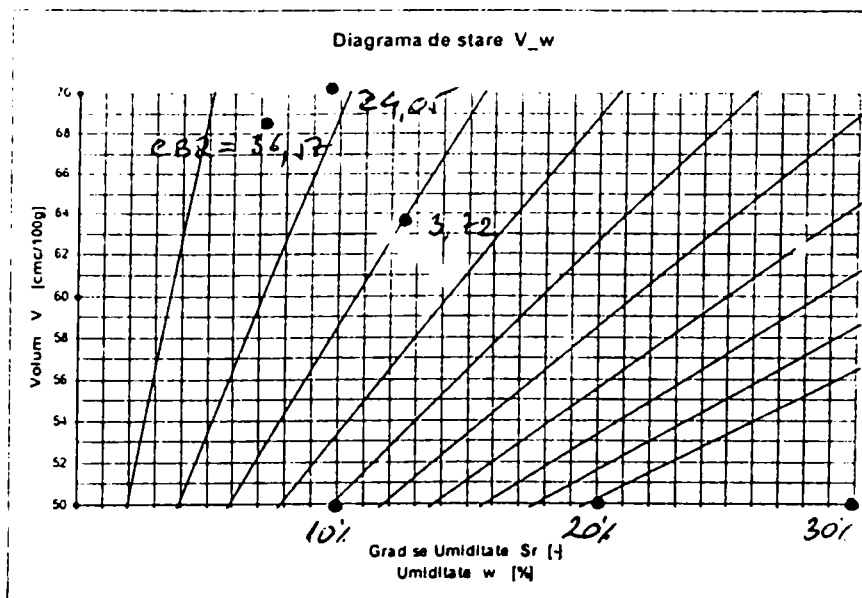
DN 59 km 10 + 000



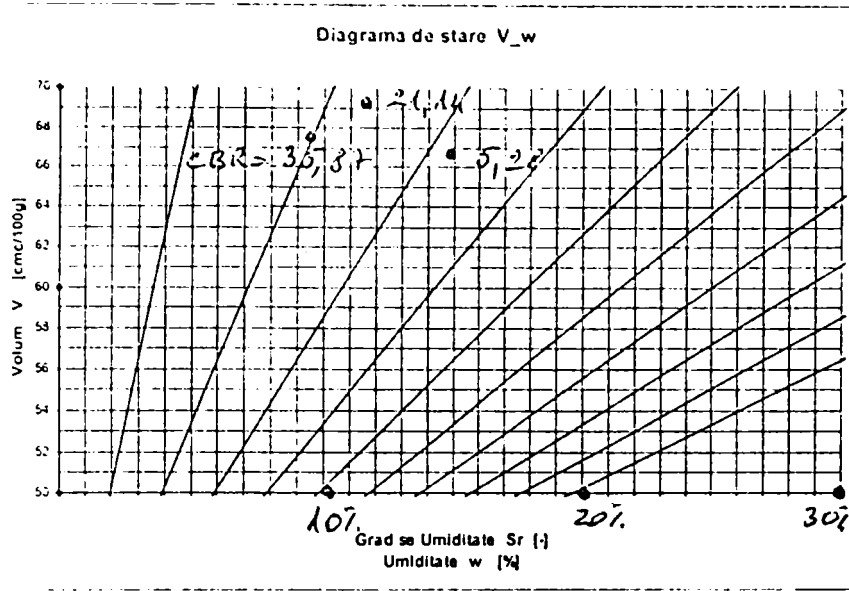
DN 7 km 558 + 000



DN 6 A km 613 + 500



DN 6 km 521 + 000

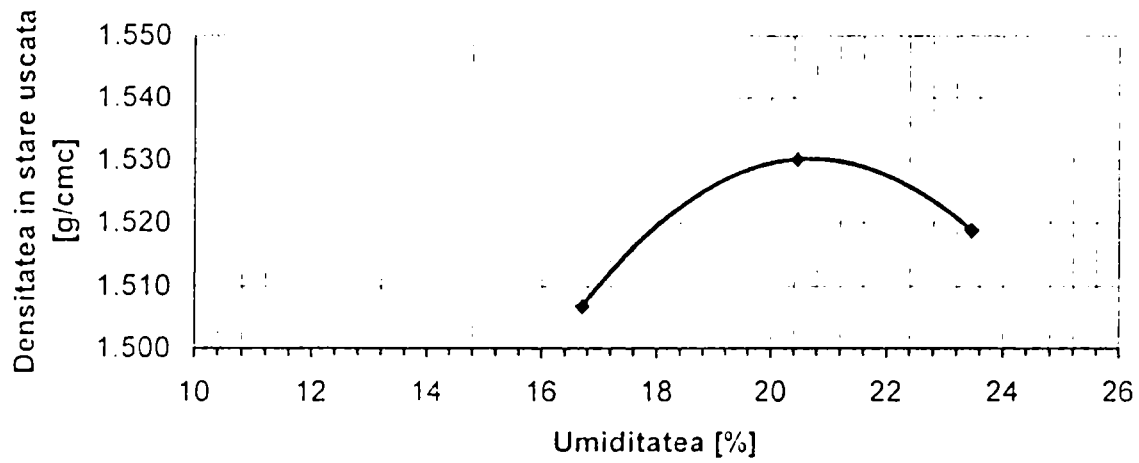


DN 59 C km 39 + 840

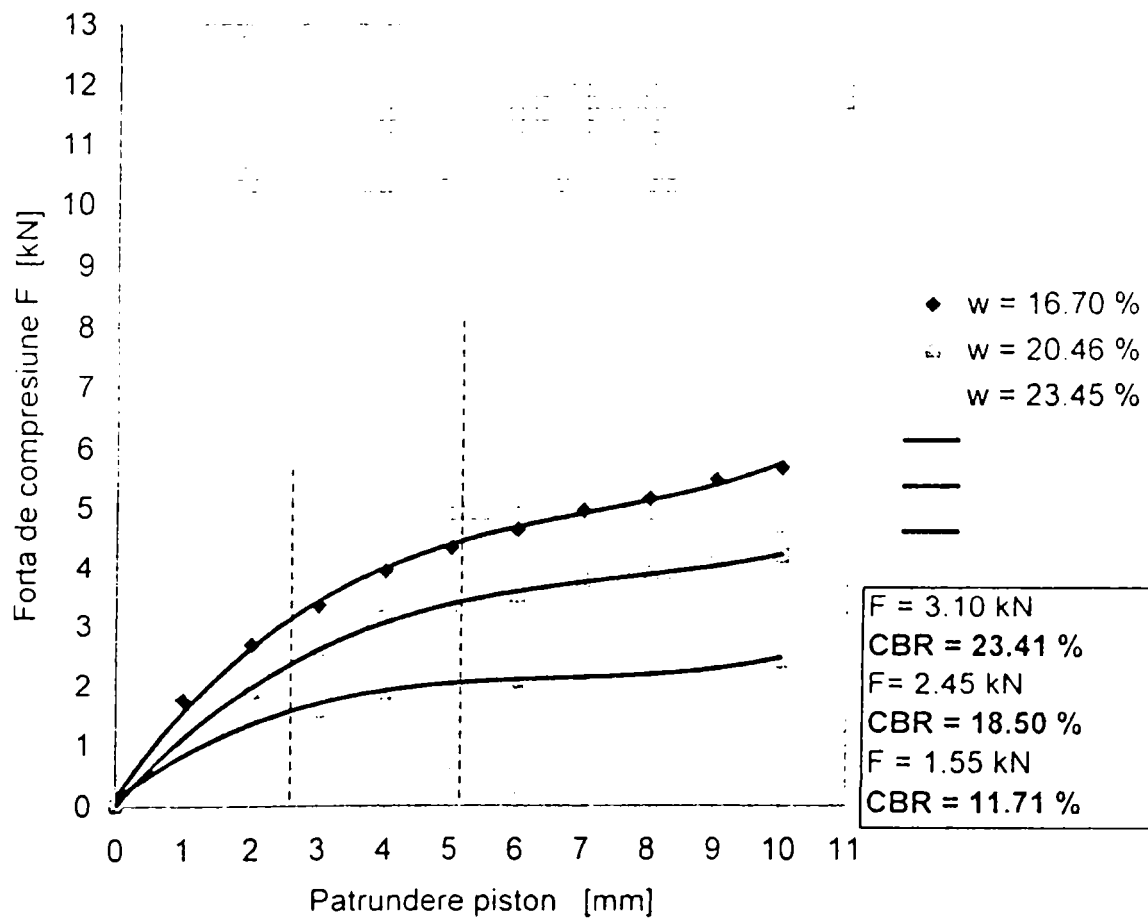
ANEXA 3

REZULTATELE ÎNCERCĂRILOR PROCTOR ȘI CBR

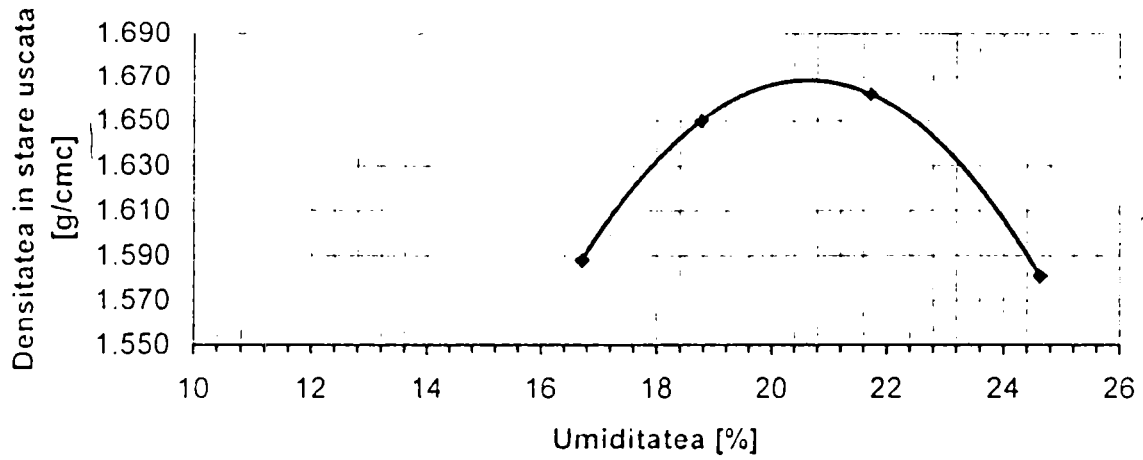
DN 59 A km 6 + 500



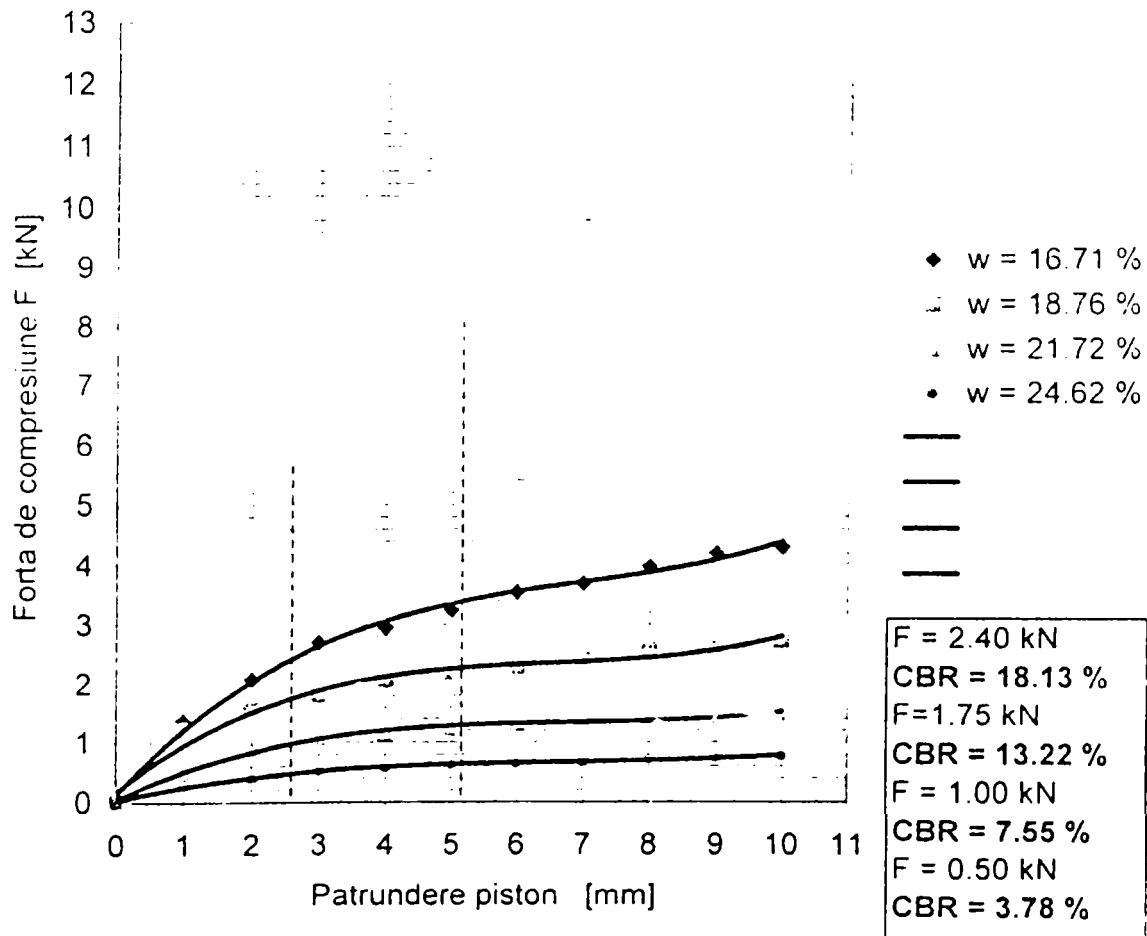
INCERCARI CBR



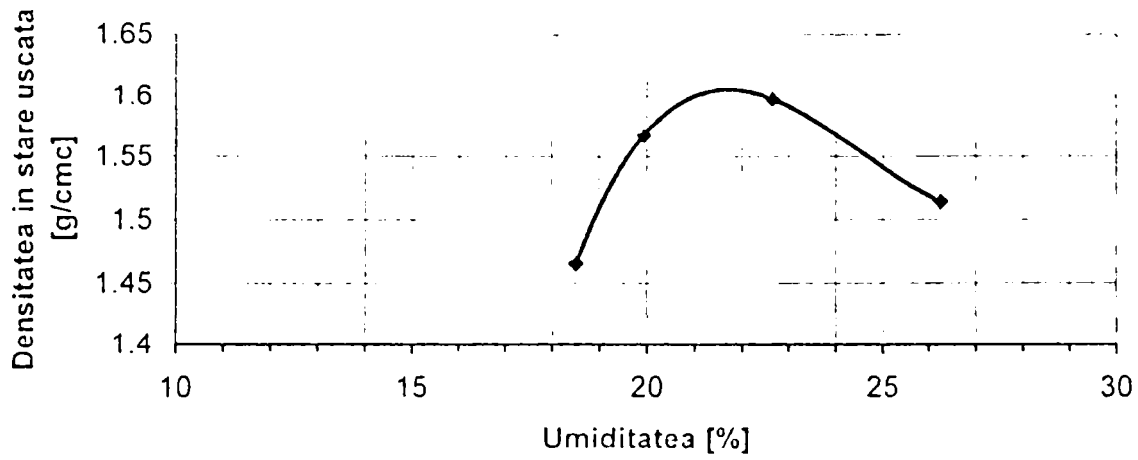
DN 59 km 31 + 500



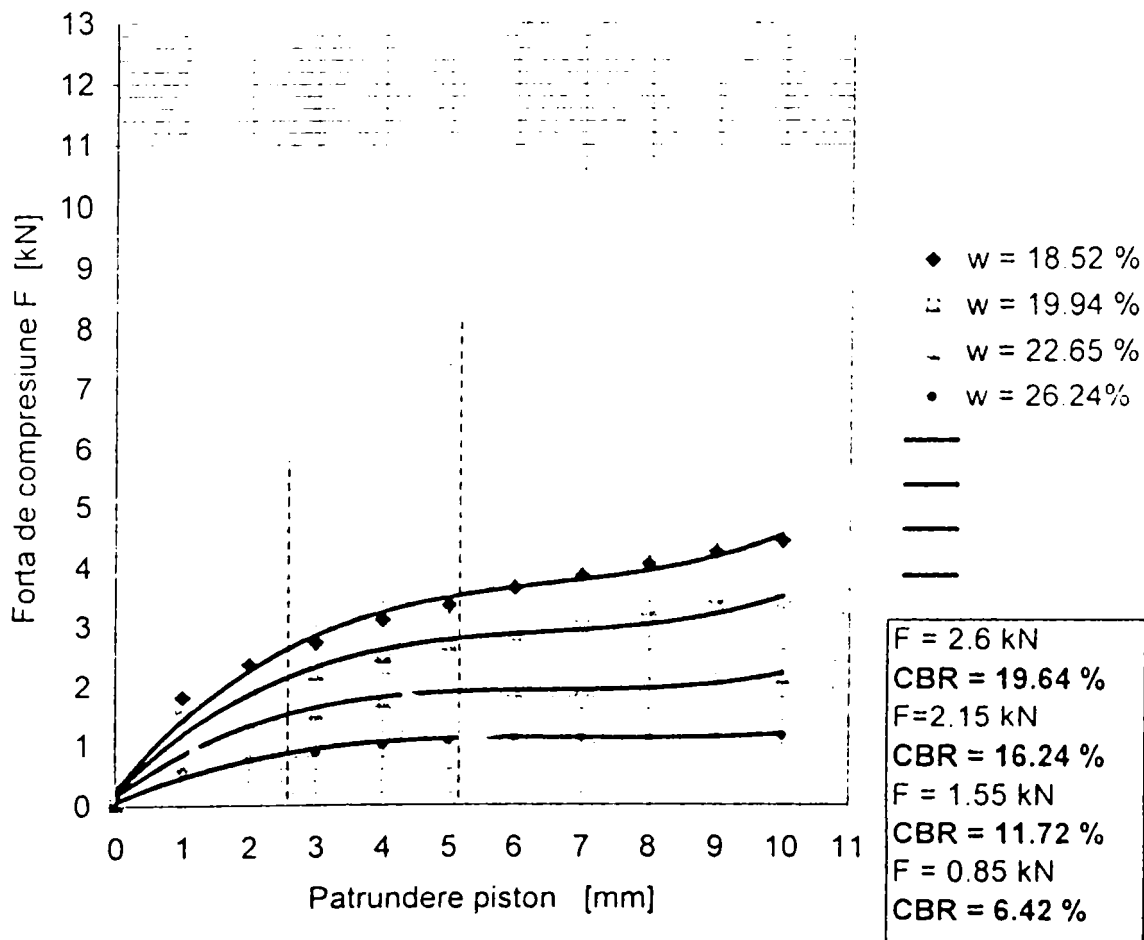
INCERCARI CBR



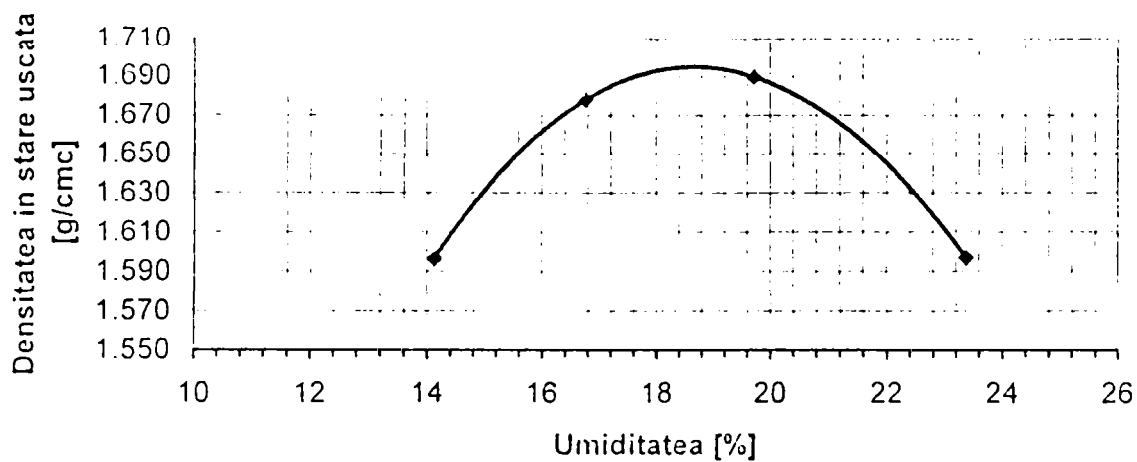
DN 59 B km 30 + 100



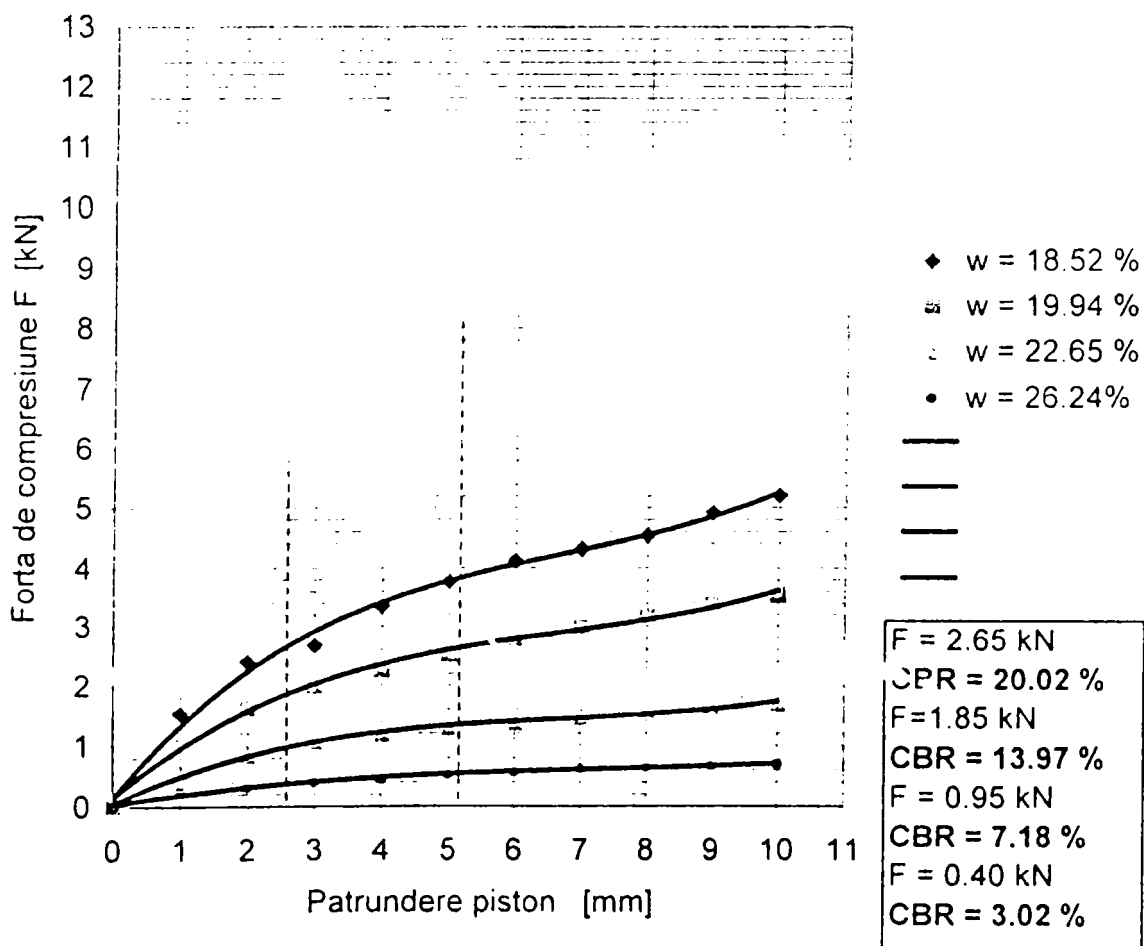
INCERCARI CBR



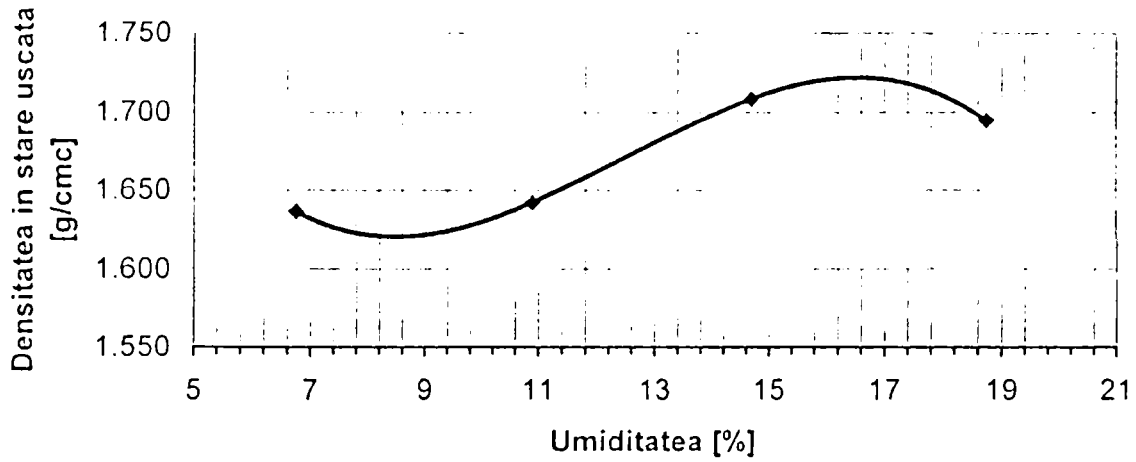
DN 69 km 49 + 300



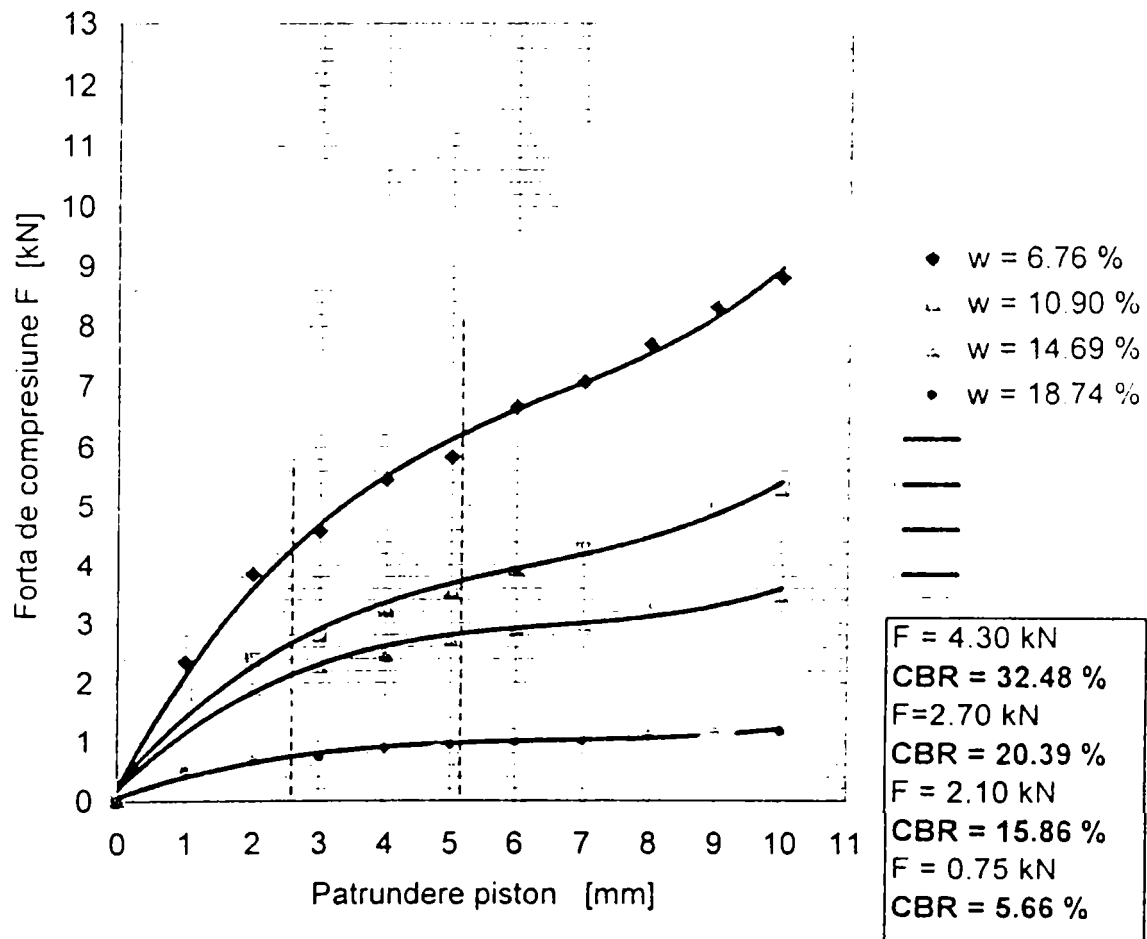
INCERCARI CBR



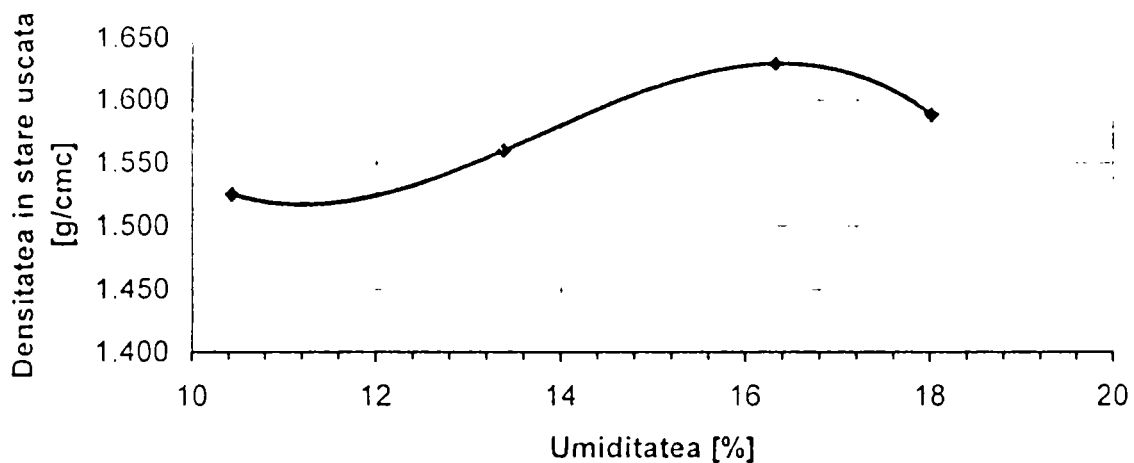
DN 6 km 544 + 000



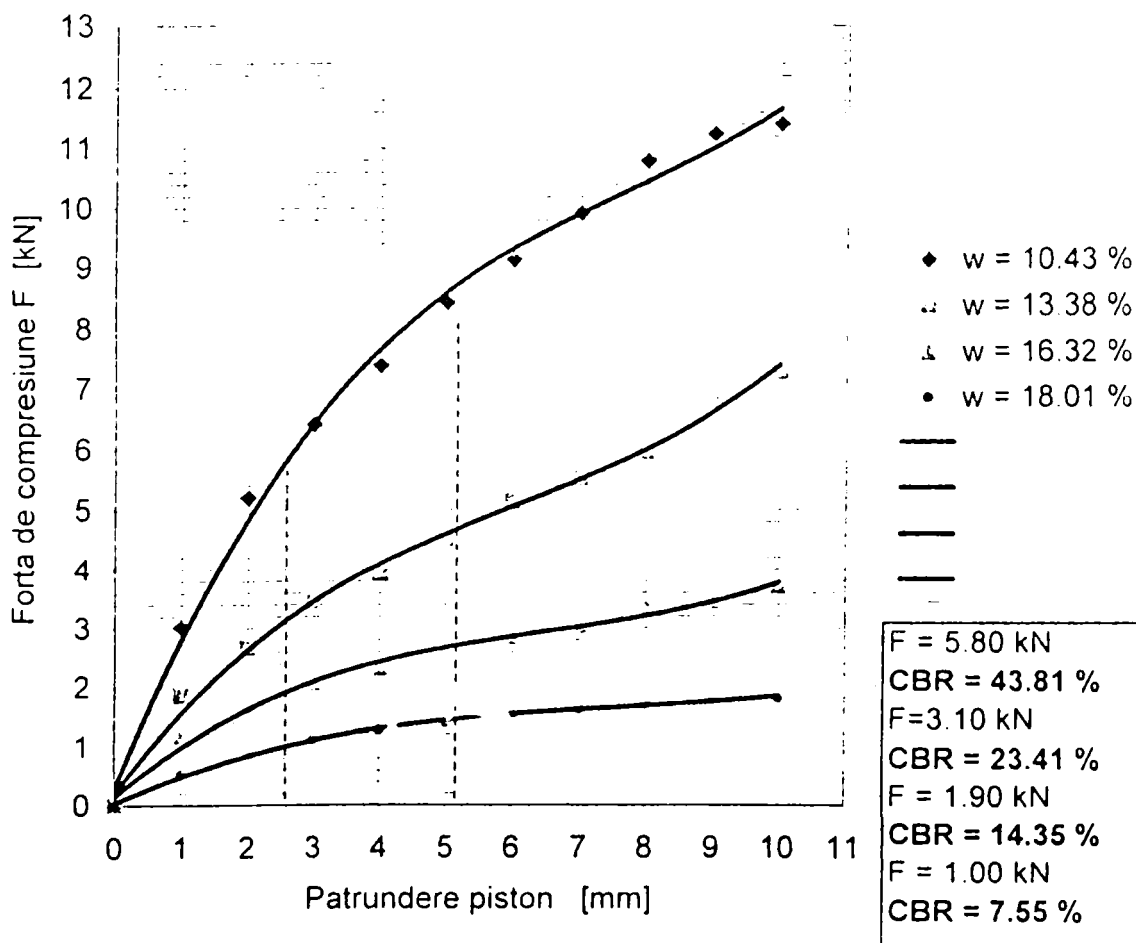
INCERCARI CBR



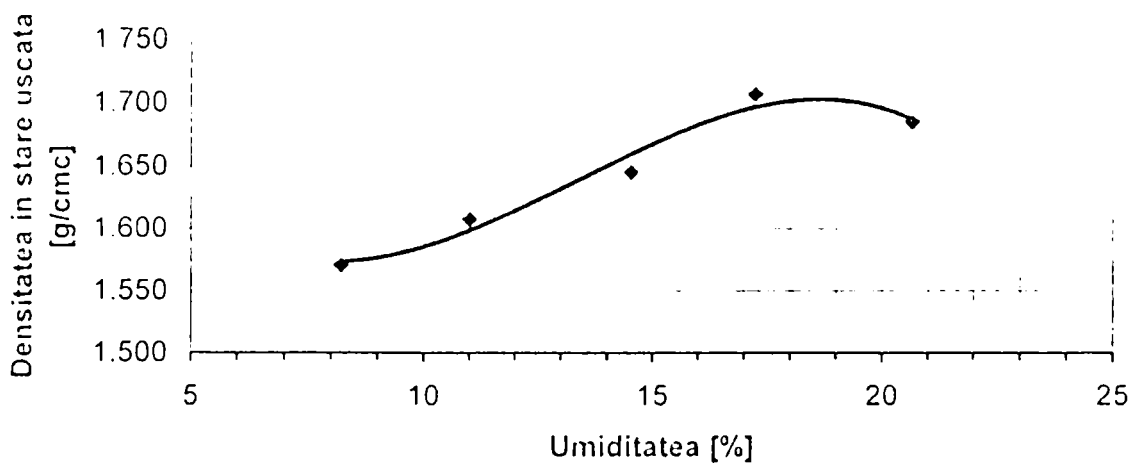
DN 6 km 586 + 000



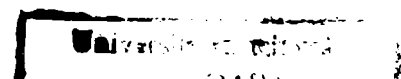
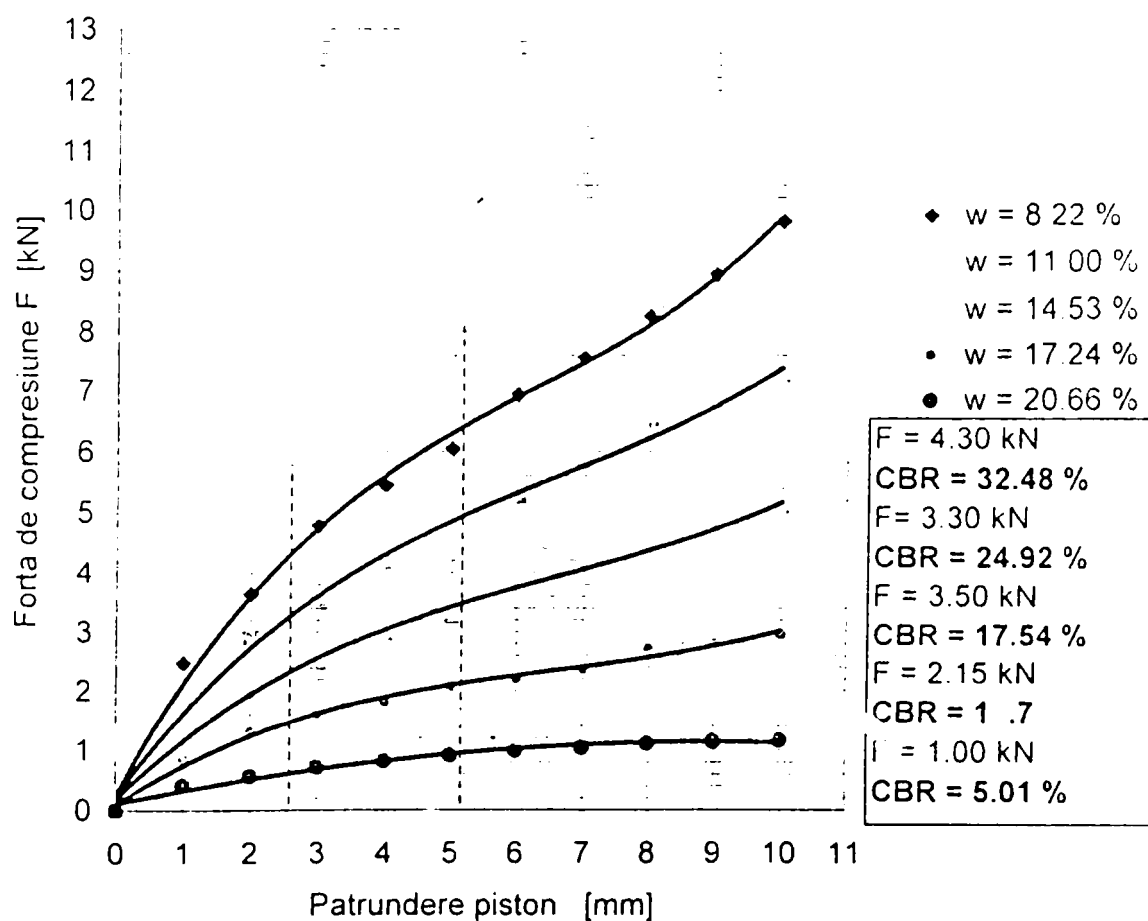
INCERCARI CBR



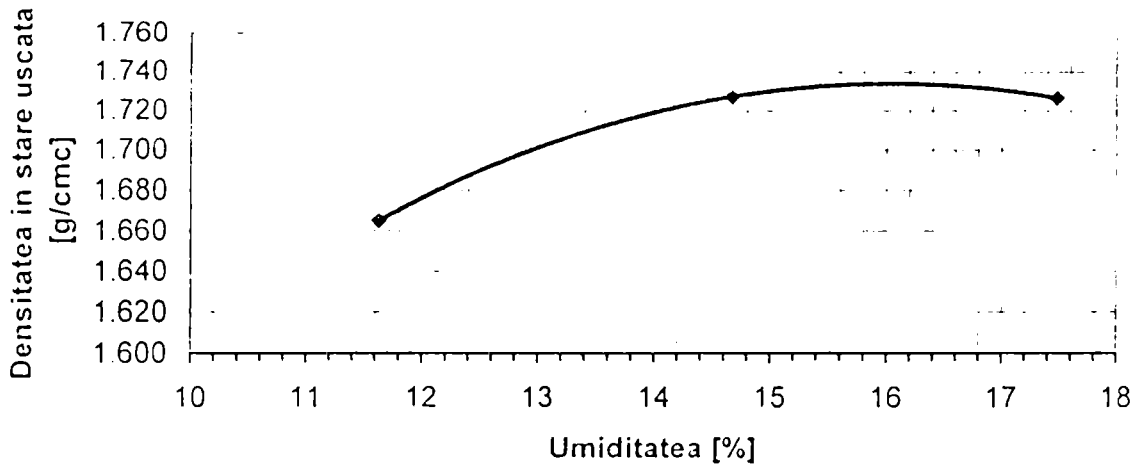
DN 69 km 37 + 200



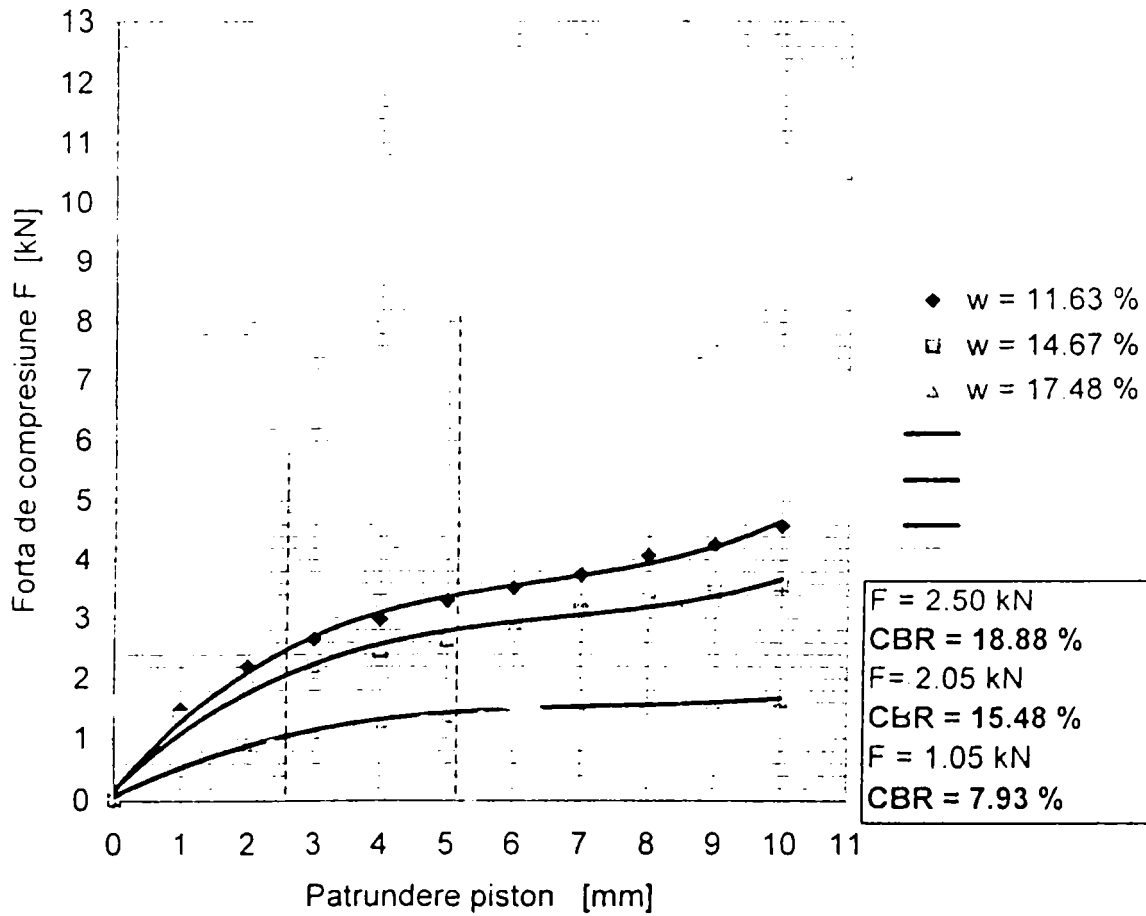
INCERCARI CBR



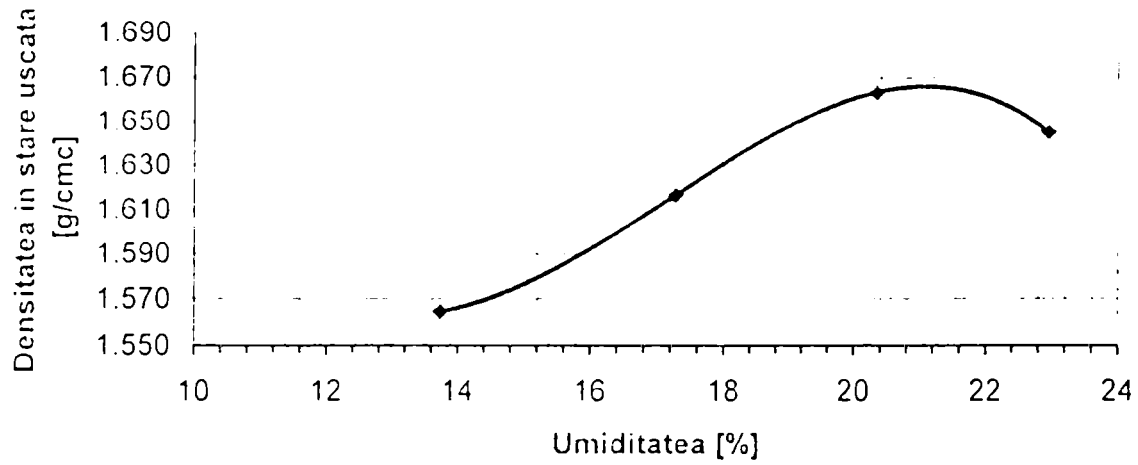
DN 59 A km 18 + 700



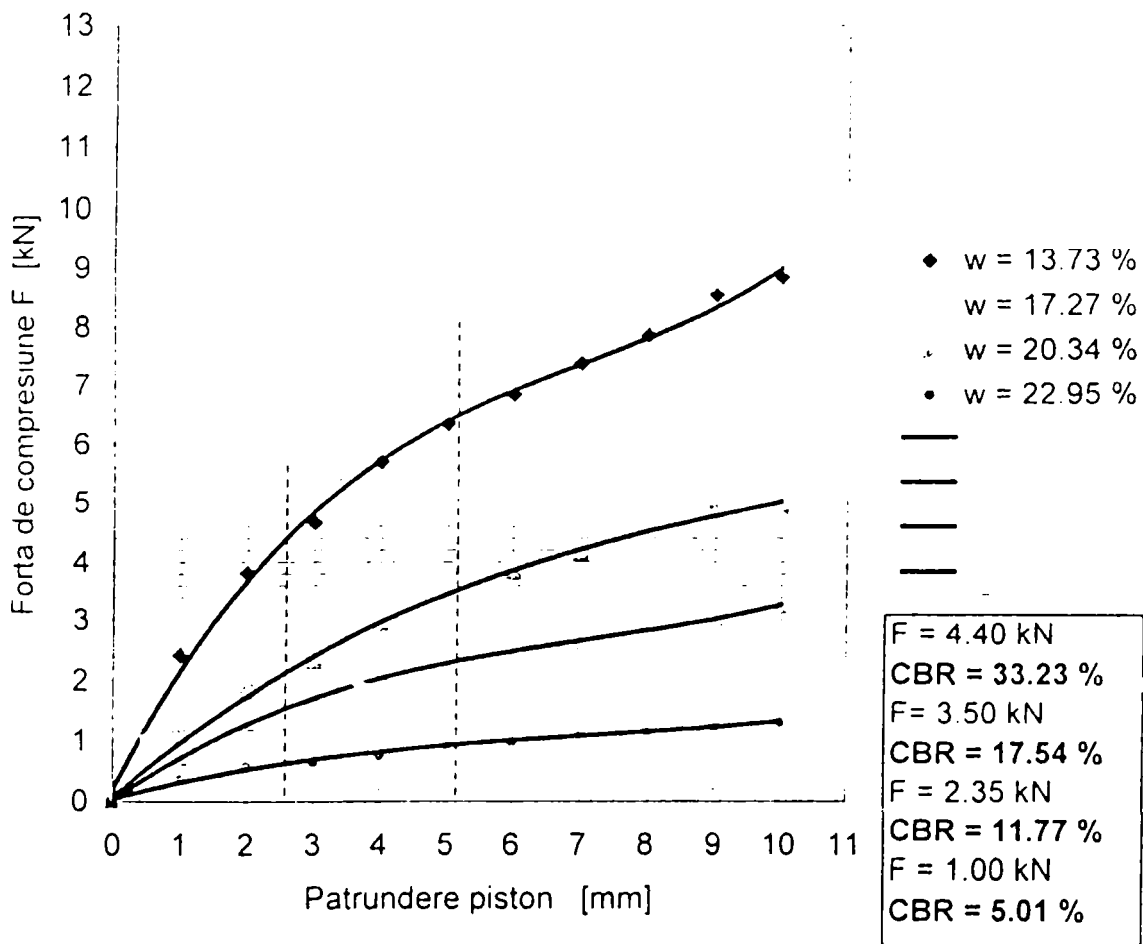
INCERCARI CBR



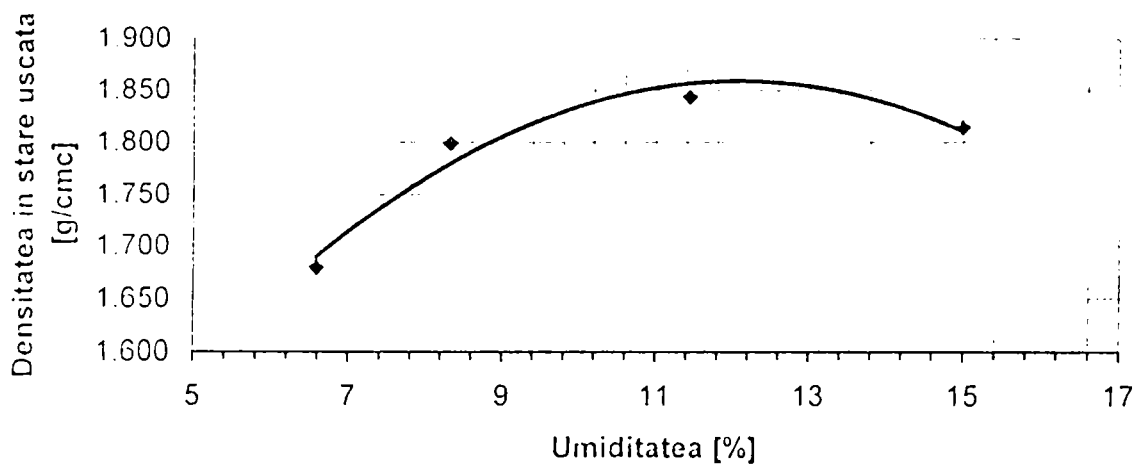
DN 59 km 10 + 000



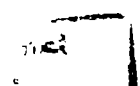
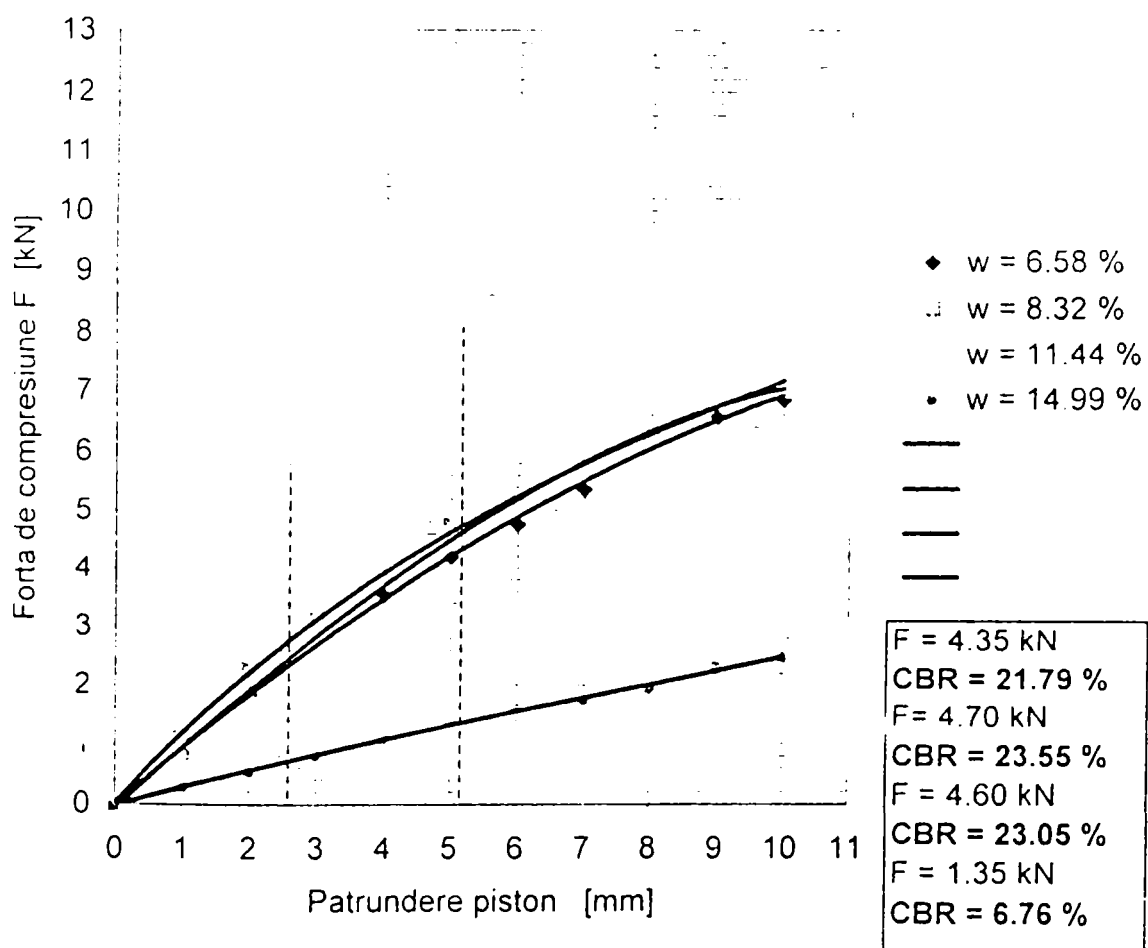
INCERCARI CBR



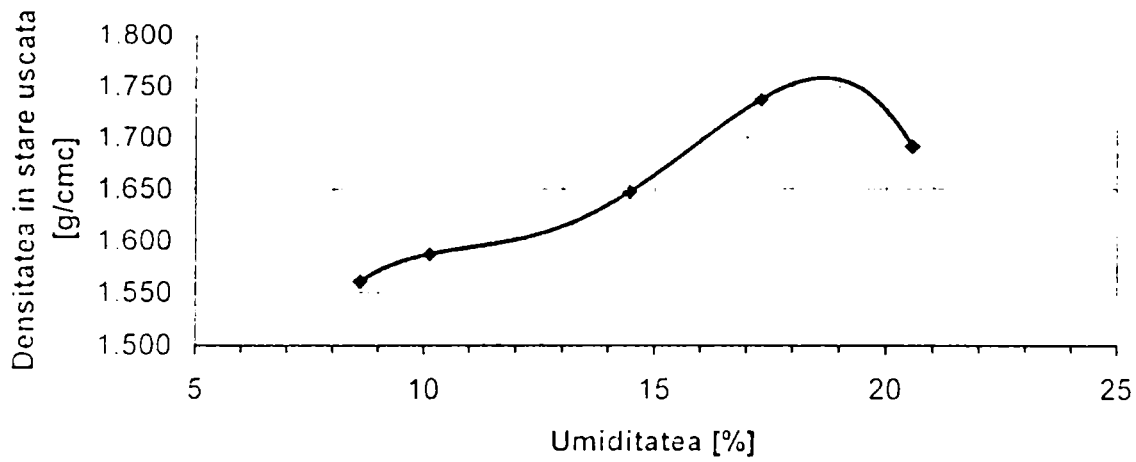
DN 7 km 558 + 000



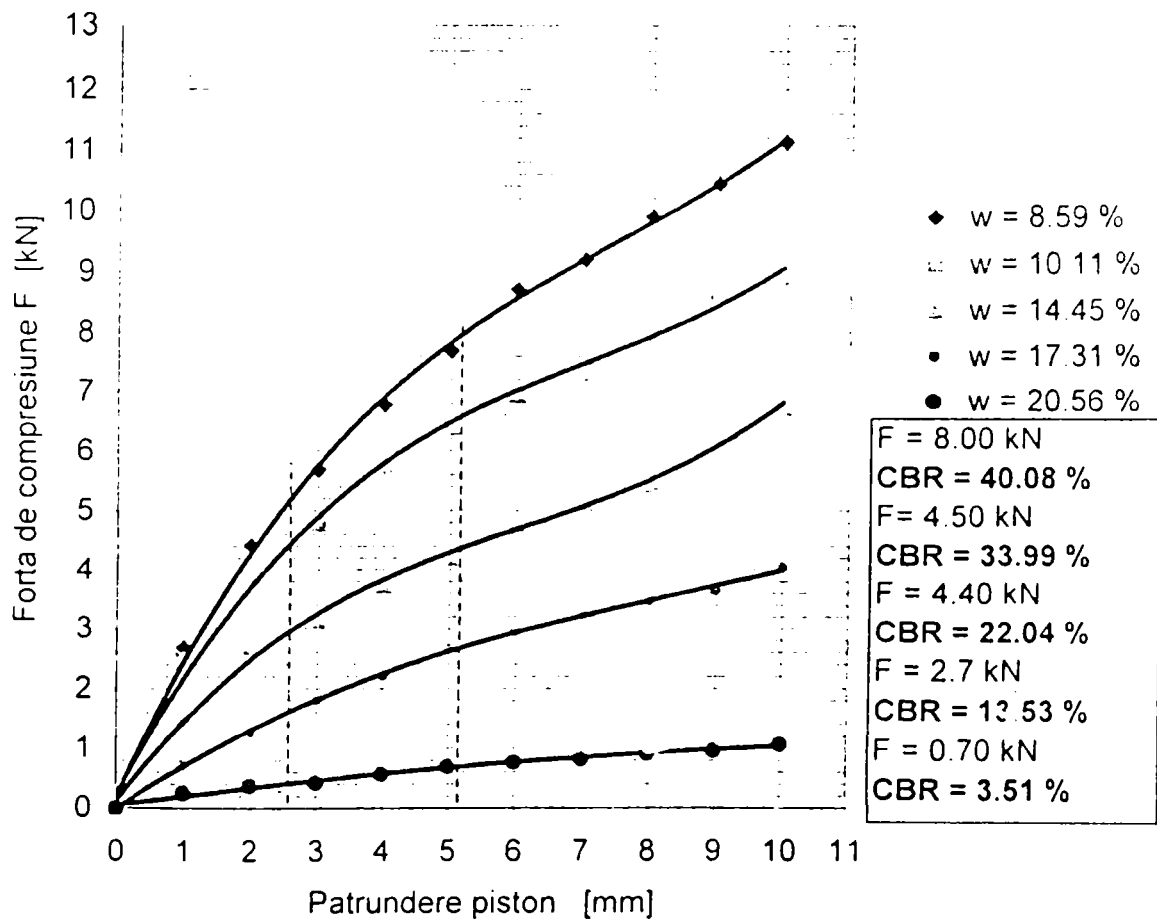
INCERCARI CBR



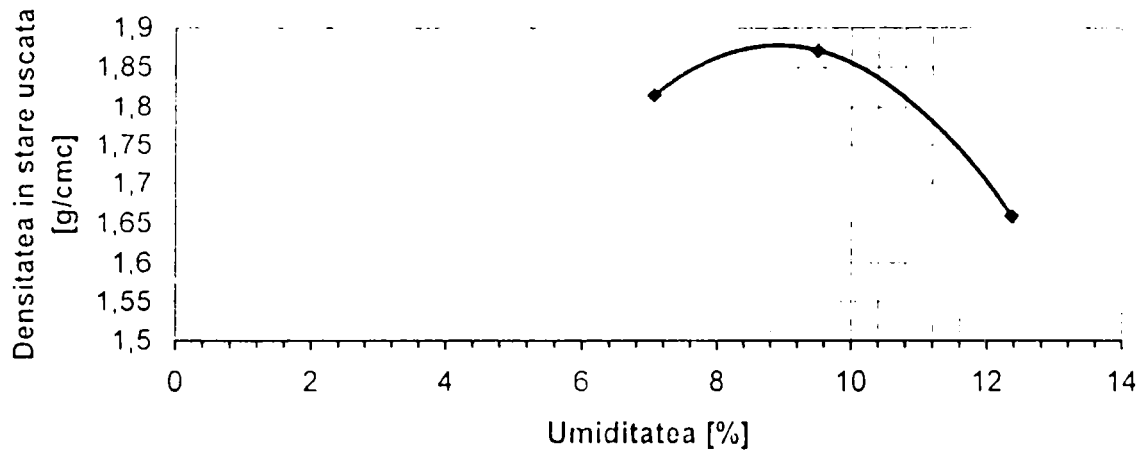
DN 6 km 613 + 500



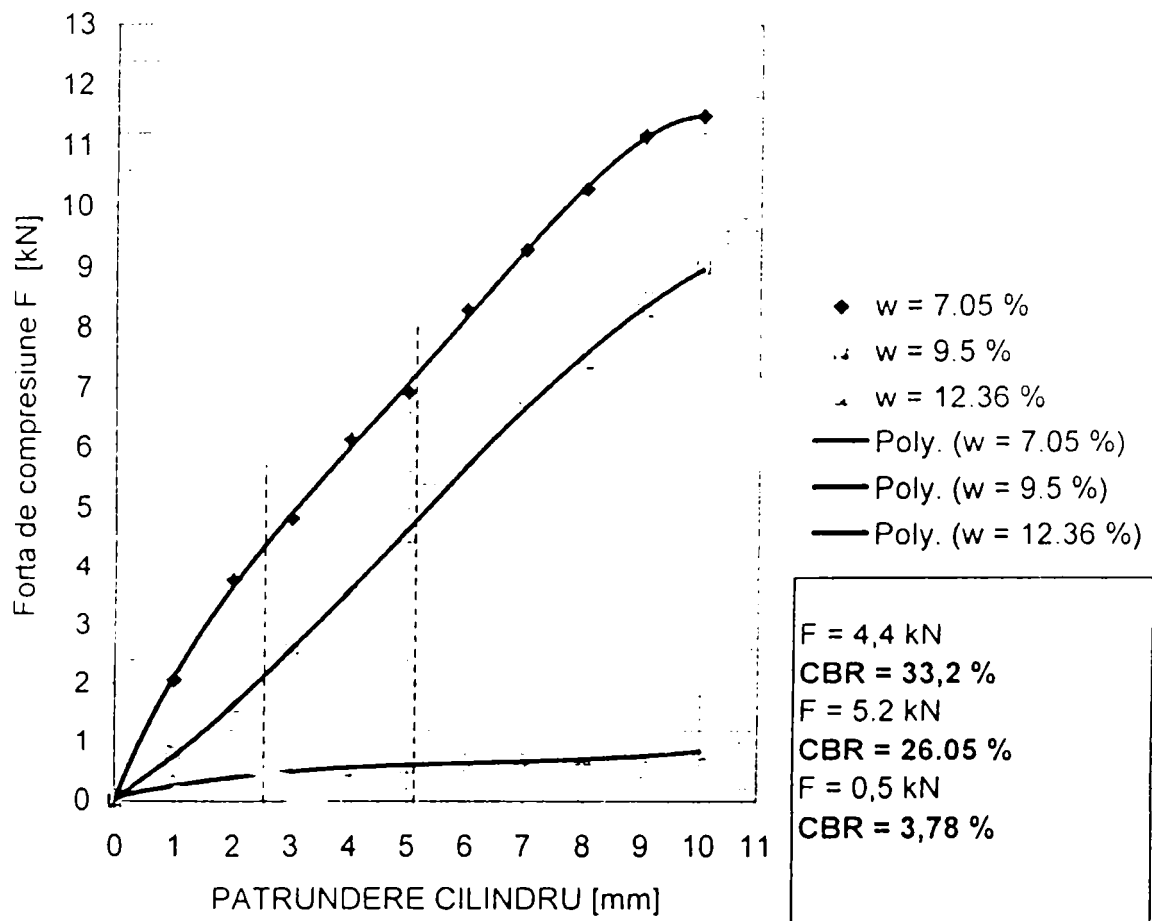
INCERCARI CBR



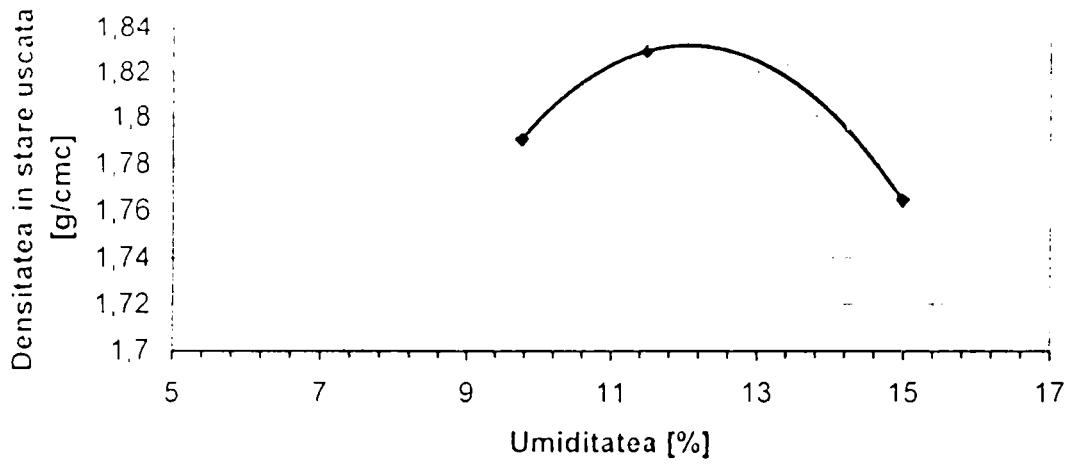
DN 6 km 521 + 000



INCERCARI CBR



DN 59 C km 39 + 840



INCERCARI CBR

