



Universitatea
Transilvania
din Braşov

ŞCOALA DOCTORALĂ INTERDISCIPLINARĂ

Facultatea de Silvicultură și exploatare forestiere

Ing. Ioan BITIR

**COMPORTAREA DRUMURILOR FORESTIERE ADMINISTRATE DE
DIRECȚIA SILVICĂ BACĂU ÎN CONDIȚIILE ACTUALE DE TRAFIC**

**THE BEHAVIOR OF FOREST ROADS MANAGED BY THE BACĂU COUNTY
FOREST ADMINISTRATION IN CURRENT TRAFFIC CONDITIONS**

REZUMAT / ABSTRACT

Conducător științific

Prof.dr.ing. Valentina Doina CIOBANU

BRAȘOV, 2022



D-lui (D-nei)

COMPONENȚA

Comisiei de doctorat

Numită prin ordinul Rectorului Universității Transilvania din Braşov

Nr. din

PREȘEDINTE: Prof.dr.ing. Iosif VOROVENCII
Universitatea Transilvania din Braşov,
Prodecan al Facultății de Silvicultură și exploatarea
forestiere

CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC: Prof.dr.ing. Valentina CIOBANU
Universitatea Transilvania din Braşov

REFERENȚI: C.S. I dr. ing. Lucian-Constantin DINCĂ
Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare „Marin
Drăcea”
Conf. dr. ing. Dan ZAROJANU
Universitatea „Ștefan cel Mare” din Suceava
Prof. dr. ing. Stelian Alexandru BORZ
Universitatea Transilvania din Braşov

Data, ora și locul susținerii publice a tezei de doctorat:, ora, sala

Eventualele aprecieri sau observații asupra conținutului lucrării vor fi transmise electronic, în timp util, pe adresa ioan.bitir@unitbv.ro.

Totodată, vă invităm să luați parte la ședința publică de susținere a tezei de doctorat.

Vă mulțumim.

CUPRINS

	Teză/Rezumat	
		at
Cuprins	2	2
Content	5	5
Listă abrevieri	8	-
1. Introducere	9	9
2. Stadiul actual al cunoştinţelor privind transportul rutier forestier şi portanţa drumurilor forestiere	10	10
2.1. Consideraţii generale	10	10
2.2. Pământuri şi alte materiale rutiere	11	10
2.3. Structuri rutiere folosite în execuţia drumurilor forestiere	14	11
2.4. Determinarea tipului de suprastructură prin metode nedistructive	15	-
2.5. Straturile din alcătuirea unei structuri rutiere	16	-
2.6. Metode de dimensionare a structurilor rutiere	16	-
2.7. Traficul rutier forestier	17	11
2.7.1. Generalităţi	17	11
2.7.2. Caracteristicile traficului	17	11
2.7.3. Interacţiunea dintre roată şi drum	18	12
2.7.4. Stabilirea coeficientului de pondere şi a coeficientului de multiplicare pentru autovehiculele utilizate în transportul forestier	21	-
2.8. Prevederi legislative referitoare la urmărirea comportării în timp a drumurilor forestiere	21	13
2.9. Prezentare generală asupra calculului cu elemente finite	23	14
2.10. Aspecte privind analiza financiară şi economică aferentă lucrărilor de reabilitare/modernizare suprastructură drum forestier Ciobănuş	24	14
2.10.1. Aspecte generale	24	14
2.10.2. Sustenabilitatea investiţiei – discuţii	25	-
2.10.2.1. Impactul social şi cultural	25	-
2.10.2.2. Estimări privind forţa de muncă ocupată prin realizarea investiţiei în faza de realizare şi în faza de operare	25	-
2.10.2.3. Impactul asupra factorilor de mediu, inclusiv asupra biodiversităţii şi a siturilor protejate, după caz	26	-
3. Scopul şi obiectivele cercetării. Locul, metodologia de cercetare şi aparatura folosită	27	15
3.1. Scopul şi obiectivele cercetării	27	15
3.2. Locul cercetărilor	27	15
3.2.1. Consideraţii generale privind locul cercetărilor	27	15
3.2.2. Locul de desfăşurare a cercetărilor	29	15
3.2.2.1. Geologia teritoriului	29	-
3.2.2.2. Geomorfologia terenului	29	-
3.2.2.3. Starea tehnică a drumului forestier Ciobănuş	32	16
3.3. Metodologia de cercetare şi aparatura utilizată	33	17
3.3.1. Aspecte generale	33	17
3.3.2. Urmărirea comportării în timp prin vizualizare directă	33	16
3.3.3. Determinarea tipului de suprastructură prin metode nedistructive. Încercarea de penetrare dinamică	37	19
3.3.4. Determinarea granulometriei şi a caracteristicilor materialului		

aferent suprastructurii drumului forestier Ciobănuş	39	20
3.3.5. Determinarea gradului de compactare	45	23
3.3.5.1. Determinarea gradului de compactare prin utilizarea plăcii dinamice	45	23
3.3.5.2. Determinarea gradului de compactare cu aparatul Proctor	47	24
3.3.6. Plasticitatea	52	27
3.4. Determinarea stărilor de deformaţii a structurilor rutiere prin utilizarea metodei elementului finit	52	27
3.5. Dimensionarea sistemelor rutiere in condiţiile actuale de trafic	60	34
3.6. Analiza financiară și economică aferentă lucrărilor de reabilitare/modernizare suprastructură drum forestier Ciobănuş	63	35
4. Rezultatele cercetării	65	36
4.1. Urmărirea comportării în timp prin vizualizare directă	65	36
4.2. Urmărirea comportării în timp. Determinarea caracteristicilor de compactare	68	38
4.3. Determinarea tipului de suprastructură prin metode nedistructive	70	40
4.3.1. Încercarea de penetrare dinamică	70	40
4.3.2. Determinarea modulului de deformație dinamică prin încercări cu placa Zorn ZSG 0.20	72	43
4.4. Determinarea principalelor caracteristici ale materialelor din suprastructura drumului forestier Ciobănuş	73	43
4.4.1 Determinarea granulometriei	73	43
4.4.2. Determinarea rezistenței la sfărâmare	76	46
4.5. Determinarea gradului de compactare prin utilizarea plăcii dinamice	78	47
4.6. Plasticitatea	78	48
4.7. Componenta traficului pe drumul forestier studiat	82	51
4.7.1. Evoluția tonajelor mijloacelor de transport	82	51
4.7.2. Componenta traficului pe drumul forestier Ciobănuş	83	51
4.8. Evaluarea numerică a drumurilor forestiere prin metoda elementului finit	96	60
4.8.1. Încărcarea cu sarcina de 25 tone	96	-
4.8.1.1. Structura rutieră de tip I	96	-
4.8.1.2. Structura rutieră de tip II	98	-
4.8.1.3. Structura rutieră de tip III	99	-
4.8.2. Încărcarea cu sarcina de 35 tone	101	-
4.8.2.1. Structura rutieră de tip I	101	-
4.8.2.2. Structura rutieră de tip II	102	-
4.8.2.3. Structura rutieră de tip III	104	-
4.8.3. Încărcarea cu sarcina de 45 tone	105	60
4.8.3.1. Structura rutieră de tip I	105	60
4.8.3.2. Structura rutieră de tip II	107	61
4.8.3.3. Structura rutieră de tip III	108	63
4.8.4. Rezultatele evaluării numerice a structurilor rutiere	110	64
4.9. Discuții privind solicitările din trafic asupra structurilor rutiere	117	-
4.10. Dimensionarea sistemelor rutiere in condiţiile actuale de trafic	119	72
4.10.1. Dimensionarea lucrărilor de întreținere	119	72
4.10.2. Dimensionarea structurilor rutiere necesare reabilitării drumului forestier	124	76
5. Analiza economică și financiară a soluțiilor tehnice utilizate în		

reabilitarea/modernizarea suprastructurii drumurilor forestiere	129	81
5.1. Estimarea costurilor lucrărilor de întreținere și reabilitare/modernizare	129	81
5.2. Sustenabilitatea investiției – discuții	130	82
5.3. Analiza economică a proiectelor de investiții	132	83
6. Concluzii. Contribuții personale și recomandări pentru producție	133	85
6.1. Concluzii	133	85
6.2. Contribuții originale	134	86
6.3. Recomandări pentru producție	134	86
Bibliografie	136	88
ANEXE	144	-
Anexa 1 – Autovehicule care pot circula pe drumuri forestiere – CD	144	-
Anexa 2 – Mase și dimensiuni maxime admise pe drumurile publice – CD	144	-
Anexa 3 – Stabilirea coeficienților C_p și C_v – CD	144	-
Anexa 4 – Fișe de sondaje folosite în cadrul lucrărilor de teren – CD	144	-
Anexa 5 – Rapoarte de încercare – încercarea Proctor – CD	144	-
Anexa 6 – Rezultatele încercării Proctor – CD	144	-
Anexa 7 – Rapoarte de încercare – analiza granulometrică – CD	144	-
Anexa 8 – Rezultatele analizei granulometrice – CD	144	-
Anexa 9 – Rapoarte de încercare – modulul de deformare dinamică – CD	144	-
Anexa 10 – Rapoarte de încercare – plasticitate – CD	144	-
Anexa 11 – Analiza financiară – Antemăsurători (1-2-3) – CD	144	-
Anexa 12 – Analiza financiară – Devize generale (1-2-3) – CD	144	-
Anexa 13 – Analiza financiară – Analiza beneficiilor (1-2-3) – CD	144	-
Anexa 14 – Analiza financiară – Durabilitatea financiară (1-2-3) – CD	144	-
Anexa 15 – Analiza financiară – Rentabilitatea totală (1-2-3) – CD	144	-
Anexa 16 – Listă tabele	145	-
Anexa 17 – Listă figuri	148	-
Anexa 18 – Listă lucrări elaborate	153	92
Anexa 19 – Rezumat scurt (română – engleză)	154	93
Anexa 20 – Declarația de autenticitate	156	-



CONTENT

	Teză/Rezumat	
List of abbreviations	8	-
1. Introduction	9	9
2. State-of-the-art of knowledge on forest road transportation and forest road capacity	10	10
2.1. General considerations	10	10
2.2. Soils and other road materials	11	10
2.3. Road structures used in the construction of forest roads	14	11
2.4. Determination of the suprastructure type by non - destructive methods	15	-
2.5. Layers of a road structure	16	-
2.6. Methods for sizing the road structures	16	-
2.7. Forest road traffic	17	11
2.7.1. Generalities	17	11
2.7.2. Traffic characteristics	17	11
2.7.3. Wheel - road interaction	18	12
2.7.4. Determination of weighting and multiplication coefficient for the motor vehicles used in the forestry transportation	21	-
2.8. Legislative regulations on the tracking behaviour over time of the forest roads	21	13
2.9. Overview on the finite element calculation	23	14
2.10. Aspects regarding the financial and economic analysis related to the rehabilitation / modernization works of the Ciobănuş forest road suprastructure	24	14
2.10.1. General aspects	24	14
2.10.2. Investment sustainability – discussions	25	-
3. Purpose and objectives of the research. Location, research methodology and equipment	27	15
3.1. Purpose and objectives of the research	27	15
3.2. Place of the research	27	15
3.2.1. General considerations regarding the place of the research	27	15
3.2.2. Place of the research	29	16
3.2.2.1. Geology of the area	29	-
3.2.2.2. Land geomorphology	29	-
3.2.2.3. Technical condition of the Ciobănuş forest road	32	16
3.3. Research methodology and equipment	33	17
3.3.1. General aspects	33	17
3.3.2. Tracking behavior over time by direct viewing	33	16
3.3.3. Determination of the suprastructure type of by non-destructive methods. Dynamic penetration test	37	19
3.3.4. Determination of the granulometry and the material characteristics related to the suprastructure of the Ciobănuş forest road	39	20
3.3.5. Determination of the compaction degree	45	23
3.3.5.1. Determining the compaction degree using the dynamic plate	45	23
3.3.5.2. Determining the degree of compaction with the Proctor	47	24
3.3.6. Plasticity	52	27
3.4. Determination of the road deformation states using the finite element method	52	27



3.5. Sizing of the road systems under the current traffic conditions	60	34
3.6. Financial and economic analysis related to the rehabilitation / modernization works of the Ciobănuş forest road suprastructure	63	35
4. Research results	65	36
4.1. Tracking behavior over time by direct viewing	65	36
4.2. Tracking behavior over time. Determination of compaction characteristics	68	38
4.3. Determination of the suprastructure type by non - destructive methods ...	70	40
4.3.1. Dynamic penetration test	70	40
4.3.2. Determination of the linear deformation modulus by tests with the Zorn ZSG 0.20 plate	72	43
4.4. Determining the main characteristics of the materials from the suprastructure of the Ciobănuş forest road	73	43
4.4.1 Determination of particle size	73	43
4.4.2. Determination of crushing strength	76	46
4.5. Determining the compaction degree by using the dynamic plate	78	47
4.6. Plasticity	78	28
4.7 The traffic composition on the studied forest road	82	51
4.7.1. Evolution of the transportation tonnage	82	51
4.7.2. Composition of the traffic on the Ciobănuş forest road	83	51
4.8. Numerical evaluation of the forest roads by the finite element method	96	60
4.8.1. Loading with a load of 25 tonnes	96	-
4.8.1.1. Type I road structure	96	-
4.8.1.2. Type II road structure	98	-
4.8.1.3. Type III road structure	99	-
4.8.2. Loading with a load of 35 tonnes	101	-
4.8.2.1. Type I road structure	101	-
4.8.2.2. Type II road structure	102	-
4.8.2.3. Type III road structure	104	-
4.8.3. Loading with a load of 45 tonnes	105	60
4.8.3.1. Type I road structure	105	60
4.8.3.2. Type II road structure	107	61
4.8.3.3. Type III road structure	108	63
4.8.4. Results of the numerical evaluation of the road structures	110	64
4.9. Discussions on traffic demands on the road structure	117	-
4.10. Sizing of the road systems under the current traffic conditions	119	72
4.10.1. Sizing of the maintenance works	119	72
4.10.2. Dimensioning of the road structures necessary for the rehabilitation of the forest road	124	76
5. Economic and financial analysis of the technical solutions used in the rehabilitation / modernization of the forest road suprastructure	129	81
5.1. Estimation of the maintenance and rehabilitation / modernization costs ...	129	81
5.2. Investment sustainability - discussions	130	82
5.3. Economic analysis of the investment project	132	83
6. Conclusions. Original contributions and recommendations for production	133	85
6.1. Conclusions	133	85
6.2. Original contributions	134	86
6.3. Recommendations for production	134	86
References	136	88
ANNEXES	144	-



Annex 1 - Vehicles that can travel on forest roads – CD	144	-
Annex 2 - Maximum masses and dimensions allowed on public roads – CD	144	-
Annex 3 - Establishment of Cp and Cv coefficients – CD	144	-
Annex 4 - Sheets used in the field works – CD	144	-
Annex 5 - Test reports - Proctor test – CD	144	-
Annex 6 - Proctor test results – CD	144	-
Annex 7 - Test reports - particle size analysis – CD	144	-
Annex 8 - Results of particle size analysis – CD	144	-
Annex 9 - Test reports - dynamic strain modulus – CD	144	-
Annex 10 - Test reports - plasticity – CD	144	-
Annex 11 - Financial analysis - Pre-measurements (1-2-3) – CD	144	-
Annex 12 - Financial analysis - General estimates (1-2-3) – CD	144	-
Annex 13 - Financial analysis - Benefits analysis (1-2-3) – CD	144	-
Annex 14 - Financial analysis - Financial sustainability (1-2-3) – CD	144	-
Annex 15 - Financial analysis - Total profitability (1-2-3) – CD	144	-
Annex 16 - List of tables	145	-
Annex 17 - List of figures	148	-
Annex 18 - List of elaborated articles	153	92
Annex 19 - Short summary (Romanian - English)	154	93
Annex 20 - Statement of authenticity	156	-



Cuvânt înainte

Teza de doctorat este rezultatul muncii depuse, dar și a eforturilor, îndrumărilor și recomandărilor pe care le-am primit în toți acești ani, motiv pentru doresc să le mulțumesc tuturor celor care mi-au fost alături.

În primul rând, doresc să-i mulțumesc Doamnei prof. dr. ing. Valentina Doina CIOBANU, care m-a ajutat, încurajat, m-a înțeles, susținut și îndrumat, cu profesionalism, pe toată perioada, asigurând-o de toată aprecierea și recunoștința mea.

Mulțumesc conducerii Universității Transilvania din Braşov și conducerii Facultății de Silvicultură și exploatare forestiere care mi-au pus la dispoziție toate facilitățile existente.

Pentru amabilitatea de a face parte din comisia de analiză a tezei de doctorat, doresc să le mulțumesc Domnilor C.S. gr. I dr. ing. Lucian DINCĂ, Conf. dr. ing. Dan ZAROJANU și prof. dr. ing. Stelian Alexandru BORZ.

De asemenea, pentru toate îndrumările, recomandările și încurajările, doresc să le mulțumesc membrilor comisiei de îndrumare, respectiv Domnului prof. dr. ing. Stelian Alexandru BORZ, Domnului prof. dr. ing. Bogdan POPA și Domnului conf. dr. ing. Rudolf Alexandru DERCZENI.

Sincere mulțumiri aduc tuturor cadrelor didactice ale Departamentului Exploatare Forestiere, Amenajarea Pădurilor și Măsurători Terestre, pentru recomandările și sugestiile oferite, cu generozitate și profesionalism, atât în perioada studenției, cât și acum, la doctorat.

Mulțumesc, în mod deosebit, conducerii Regiei Naționale a Pădurilor ROMSILVA și conducerii Direcției Silvice Bacău pentru ajutorul oferit cu ocazia lucrărilor de teren.

Mulțumesc prietenilor și colegilor pentru susținere și încurajări și, bineînțeles, mulțumesc familiei mele pentru toată înțelegerea de care m-am bucurat, pentru sprijinul oferit necondiționat și încurajările oferite, în mod repetat și susținut.

1. Introducere

O parte importantă a rețelei de transport forestier din România se află în administrarea Regiei Naționale a Pădurilor RNP - Romsilva, compania cu rol de administrare a pădurilor Statului. Aceasta gestionează o rețea de drumuri forestiere în lungime de aproximativ 26.000 km, fiind compusă dintr-un număr de 7.754 de drumuri forestiere.

Cea mai mare parte a rețelei de drumuri forestiere a fost construită în perioada 1965-1990, prin transformarea căilor ferate forestiere în drumuri, dar și prin construirea de drumuri noi. Factorii de ordin tehnic și economic au impus, cu timpul, transportul auto ca modalitate preponderentă de transport a masei lemnoase din pădure spre beneficiari. Rețeaua de drumuri forestiere a fost construită și administrată de către Intreprinderea Forestieră de Exploatare și Transport (IFET), o companie cu atribuții în acest sens, până în anul 1994. După acest moment, ca urmare a încetării activității, întreaga rețea de transport a fost preluată de către Regia Națională a Pădurilor RNP - Romsilva, ca administrator principal al pădurilor Statului. Deși a fost preluată întreaga rețea, acest lucru s-a realizat fără a fi primite și documentațiile tehnice aferente drumurilor forestiere.

După anul 1994, extinderea rețelei de drumuri forestiere administrată de RNP-Romsilva a cunoscut o dinamică scăzută datorită lipsei investițiilor în modernizarea și extinderea acesteia. Totodată, preluarea rețelei de drumuri forestiere a coincis cu retrocedarea unor importante suprafețe de fond forestier către foștii proprietari. Legislația aferentă retrocedărilor suprafețelor de pădure către foștii proprietari (** 2000) nu prevedea și transmiterea drumurilor forestiere, astfel că, acestea au rămas în administrarea RNP - Romsilva. Dacă în anul 1994 rețeaua de drumuri forestiere deservea 6,2 milioane ha pădure de Stat, în anul 2018 aceasta deservea doar 3,2 milioane de hectare.

În perioada 2016 – 2018 s-a întocmit o aplicație informatică (bază de date) pentru întreaga rețea de drumuri forestiere administrată de Regia Națională a Pădurilor, indiferent de natura proprietății fondului forestier deservit, cu scopul culegerii/gestionării datelor tehnice aferente drumurilor forestiere, dar și pentru a asigura fluxul informațional administrării acestora (** 2015b). După finalizarea aplicației informatice s-a obținut o imagine de ansamblu a rețelei de drumuri forestiere și a stării tehnice a acesteia. Astfel, s-a constatat că un procent de 35% din întreaga rețea de drumuri forestiere este necirculabil.

Ținând cont de tendința actuală de extindere în transportul lemnului a autotrenurilor de mare tonaj, eforturile la care este supusă partea carosabilă se majorează și se impune luarea de măsuri pentru sporirea capacității portante a drumurilor forestiere. De aici rezultă importanța tehnică și economică a cercetărilor de față, care urmăresc evidențierea degradărilor produse de traficul de mare tonaj asupra unui drum forestier și cuantificarea costurilor de întreținere și reparații.

2. Stadiul actual al cunoştinţelor privind transportul rutier forestier şi portanţa drumurilor forestiere

2.1. Consideraţii generale

Reţeaua de transport forestier a reprezentat întotdeauna un subiect de intensă preocupare în cadrul specialiştilor în domeniu, mai ales că printr-o reţea permanentă de transport, cât mai uniform repartizată, pot fi asigurate toate lucrările silviculturale şi se pot valorifica integral toate produsele pădurii (Popovici et al. 2003, Potocnik et al. 2005, Enache et al. 2011). Pe de altă parte, slaba dezvoltare a reţelei de transport forestier limitează accesul în pădure (Popovici et al. 2003, Navarro Maroto et al. 2010) şi conduce la suprasolicitarea sau chiar epuizarea resurselor din zonele accesibile (South Worth şi Tucker 2001, Navarro Maroto et al. 2010, Bereziuc et al. 2015).

Şi din punct de vedere economic dezvoltarea reţelei permanente de transport forestier este importantă, costurile cu transportul lemnului din pădure până la beneficiar ridicându-se la milioane de dolari (Acuna 2017), această activitate fiind una dintre cele mai costisitoare din toate cele realizate în domeniul forestier (Layton et al. 1992).

Odată cu darea în folosinţă, drumurile suferă o serie de degradări, apărute ca urmare a condiţiilor de mediu, a materialelor şi tehnicilor folosite la execuţie, dar mai ales datorită traficului (Alexandru 2000, Săceanu 2014, Antoniadă 2015, *** 2011b, Bitir et al. 2021), existând cercetări care subliniază faptul că, cu cât traficul este mai intens pe un drum, cu atât cresc cheltuielile care vizează întreţinerea drumului respectiv (Potocnik et al. 2005). În acest sens, în literatura de specialitate există preocupări cu privire la stabilirea unor modele prin care să se cuantifice cheltuielile de construcţie (Kochenderfer et al. 1984, Layton et al. 1992, Akay 2006, Grajdar et al. 2013, Ackerman et al. 2014) şi chiar s-au conceput programe pentru optimizarea investiţiilor (Olsson and Lohmander 2005).

2.2. Pământuri şi alte materiale rutiere

Principiile pe baza cărora pământurile sunt identificate, descrise şi clasificate sunt reglementate prin SR EN ISO 14688-1:2004 şi SR EN ISO 14688-2:2005. Definiţia termenului de „pământ” este clarificată în prima parte a SR EN ISO 14688-1:2004, unde acesta este descris ca „ansamblul de particule minerale şi/sau organice, sub formă de depozit, în general minerale, dar uneori de origine organică, care pot să fie separate printr-o acţiune mecanică uşoară şi care conţin cantităţi variabile de apă şi aer”.

Clasificarea pământurilor în România se face în conformitate cu standardul SR 14688-2:2005 şi STAS 1243-88. Pentru terasamente, calitatea pământurilor coezive şi necozive este precizată în STAS-ul 2914-84. Conform SR EN ISO 14688-2:2005, pământurile se clasifică în patru grupe.

În afară de pământ, din care se execută terasamentele, există o serie de alte materiale (piatră, filer, ciment, bitum) care sunt utilizate la execuţia suprastructurii drumului, la execuţia podurilor şi podeţelor şi a lucrărilor de apărare-consolidare (Alexandru 2000, Zarojanu 2007).

Sorturile uzuale ale agregatelor de balastieră, utilizate la întreţinerea şi repararea drumurilor forestiere sunt (Costescu şi Belc 1998, Şerbulea 2002, *** 2015a): *nisipul natural sau nisipul de concasaj, balastul natural şi balastul concasat, prundişul, agregatele sortate şi bolovanii de râu*. Sorturile uzuale ale agregatelor de carieră, utilizate la întreţinerea şi repararea drumurilor forestiere sunt (Costescu şi Belc 1998, Şerbulea 2002, *** 2015a): *materialul granular mărunt, piatra spartă, piatra brută şi piatra brută nesortată*.

Duritatea rocii din care sunt obţinute agregatele minerale influenţează comportarea acestora la sfărâmare şi la uzură sub influenţa forţelor tangenţiale datorită acţiunii pneurilor (Zarojanu 2007).

Scheletul mineral puternic contribuie la evitarea formării făgaşelor și la asigurarea stabilității stratului în exploatare, la menținerea rugozității stratului de uzură și mărirea duratei de exploatare. Rezistența la uzură a agregatelor naturale depinde de natura rocii, forma și dimensiunile granulelor, precum și de gradul de alterare a rocii (Costescu și Belc 1998, Pădure 2001, Radeș 2007, Rhee et al. 2018).

2.3. Structuri rutiere folosite în execuția drumurilor forestiere

Platforma rezultată în urma executării terasamentelor este constituită din diferite pământuri care nu pot suporta sarcinile transmise de vehicule (Pereira et al. 2017). De aceea, partea carosabilă se consolidează prin așezarea succesivă a mai multor straturi rutiere, cu roluri și funcții diferite (Mătăsaru et al. 1966, Bereziuc et al. 1989, Alexandru 2000, *** 2011a). Un ansamblu de straturi rutiere alcătuiește o structură rutieră (Bereziuc și Oprița 1974, Alexandru 2000) ce are drept suport pământul din patul căii și care formează, împreună cu zona activă din terasamente, complexul rutier.

Structura rutieră trebuie să suporte încărcările traficului și să le transmită terenului de fundație fără ca în complexul rutier să se producă fisuri sau deformații cu caracter permanent (Bereziuc et al. 1989, Alexandru 2000). Structurile rutiere, prin modul de alcătuire și dimensionare a straturilor, se pot clasifica în structuri rutiere nerigide (suple) și rigide. Dar, pentru o corectă clasificare a structurilor rutiere este necesară cunoașterea tuturor materialelor utilizate în straturile rutiere, atât prin caracteristicile lor, care intervin în cadrul metodelor de dimensionare adoptate, cât și prin modul de comportare al acestora în exploatare (Lucaci et al. 2000, Haida et al. 2001, Voicu și Haida 2004, Antoniaide 2015).

2.7. Traficul rutier forestier

2.7.1. Generalități

Prin natura procesului forestier de producție decurg câteva particularități, proprii transporturilor forestiere, astfel (Bereziuc et al. 1989, Olteanu 1995 și 1996, Acuna 2017, Mușat et al. 2019):

- transporturile forestiere fac parte integrantă din procesul de producție a exploatărilor forestiere; această particularitate impune transporturilor promptitudine, un parc de autovehicule bine organizat, cu o mare mobilitate și o bună adaptabilitate condițiilor variate de lucru;
- caracterul „pendular” al transporturilor forestiere; de remarcat este faptul că, în general, deplasarea în gol se face în rampă, iar deplasarea în plin se face în pantă;
- încărcarea produselor lemnoase poate fi realizată din mai multe locuri și cu sortimente diferite.

2.7.2. Caracteristicile traficului

Transporturile rutiere forestiere se efectuează cu vehicule specializate și diversificate în concordanță cu natura și dimensiunile produsului de transportat. În transporturile forestiere se utilizează (Olteanu 1995 și 1996, *** 2011a):

- autovehicule specializate, echipate cu scaun și racoanțe, cu macara pentru încărcarea lemnului;
- autotrenuri forestiere, formate dintr-un autotractor și una sau mai multe remorci (cu două sau mai multe axe), fiind legate între ele prin șa (semiremorci) sau cârlig (fostele peridocuri);
- autoplatforme, alcătuite dintr-un camion și o platformă specializată pe care se așază containerele.

Intensitatea traficului sau intensitatea de circulație reprezintă numărul de tone, vehicule etalon, ce trec printr-o secțiune de drum în ambele sensuri într-un timp de 24 de ore. Unitatea de măsură este tone/zi (** 2011a, ** 2011b). Pentru a putea compara acțiunile diverselor tipuri de vehicule asupra drumului se folosește noțiunea de *vehicul etalon*. În această situație, traficul se exprimă în vehicule-etalon/zi. În cazul drumurilor forestiere, intensitatea traficului se stabilește, în general, în funcție de volumul de masă lemnoasă exploatată anual în pădurile din bazinele unde se află amplasate aceste drumuri, de durata perioadei de transport și de capacitatea vehiculelor folosite.

Viteza de circulație se asimilează, în general, cu viteza de proiectare. Se mai deosebește și *viteza medie* cu care circulă pe un anumit traseu diferite tipuri de vehicule (** 2011a, ** 2011b). Viteza medie se stabilește pe baza vitezelor efective de circulație a vehiculelor.

Greutatea vehiculelor se transmite drumului sub forma unei presiuni prin suprafața de contact dintre roată și drum. La stabilirea presiunii unitare, greutatea totală a autovehiculului se repartizează 1/3 pe puntea (osia) directoare și 2/3 pe puntea (osia) motoare (Untaru et al. 1981, Olteanu 1995 și 1996, ** 2011a).

Parametrii constructivi ai autovehiculelor cuprind dimensiunile principale ale autovehiculelor, roțile și greutatea autovehiculului. Dimensiunile principale sunt: lungimea maximă, lățimea, înălțimea, ampatamentul, ecartamentul, consolele, garda la sol, raza longitudinală de trecere, raza transversală, unghiurile de trecere din față și din spate (Untaru et al. 1981, Olteanu 1995 și 1996, ** 2011a).

2.7.3. Interacțiunea dintre roată și drum

Calea și autovehiculul vin în contact prin intermediul roților și se influențează reciproc (Olteanu 1995 și 1996, ** 2011a) și se evidențiază prin produsul $p \cdot D$ (** 2011a).

Caracteristica $p \cdot D$, pendru diferitele autovehicule etalon folosite în calcule, este:

- 170 pentru vehiculul etalon A_{13} ;
- 213,75 pentru puntea (osia) standard 115;
- 155...160 la autotrenuri forestiere neîncărcate;
- 205...220 la autotrenuri forestiere încărcate.

Pentru dimensionarea structurilor rutiere prin metoda deformației critice se ia în considerare, ca și vehicul etalon, un vehicul convențional A_{13} cu următoarele caracteristici:

- sarcina pe puntea din spate: 91 kN;
- presiunea specifică (p) transmisă de fiecare roată îmbrăcăminții drumului: 0,5 MPa;
- diametrul suprafeței de contact (D) dintre roată și îmbrăcăminte: 340 mm.

Caracteristicile $p \cdot D$ de mai sus se folosesc la transpunerea autovehiculelor fizice în vehicule etalon, în vederea stabilirii traficului de calcul pentru dimensionarea sistemelor rutiere.

Pentru valori $p \cdot D$ cuprinse între 150 (autocamion fără sarcină utilă) și 240 (un autocamion cu încărcare peste cea normală), s-au obținut coeficienții de echivalare η din tabelul 2.1.

Tabelul 2.1. Coeficienți de echivalare a punților

pD	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240
h	0,88	0,94	1,00	1,06	1,12	1,18	1,24	1,29	1,35	1,41

În practică, pentru echivalarea intensităţii traficului cu diferite tipuri de autovehicule fizice, se foloseşte o abacă (***) 2002a). Studiile întreprinse în domeniul echivalării autovehiculelor au arătat că (***) 2002a):

- o pondere deosebită la stabilirea traficului de calcul revine vehiculelor grele (de exemplu, 20 de treceri cu un autotren de mare tonaj, din care jumătate „în gol” și jumătate „în plin”, echivalează cu 35 treceri de vehicule etalon, iar 200 de treceri, în aceleași condiții, echivalează cu 580 treceri de vehicule etalon);
- vehiculele ușoare, cu produsul $p \cdot D$ mai mic de 50, pot fi neglijate;
- pentru vehiculele cu osii duble se poate considera o singură osie, având produsul majorat cu 15%.

Pe drumurile forestiere secundare, traficul nu se desfășoară în mod regulat, ci numai în anumite perioade ale anului (Olteanu 1995 și 1996), motiv pentru care perioada de transport este cuprinsă între 20 și 50 de zile pe an. Caracteristica $p \cdot D$ este influențată de sarcina aplicată pneului și dimensiunile acestuia, întrucât dimensiunile determină și presiunea la care trebuie umflate, care influențează direct și presiunea exercitată asupra solului (***) 2011a, (***) 2011b). Prin reducerea presiunii, suprafața de contact cu solul va crește, însă diametrul cercului echivalent nu crește direct proporțional (este sub radical). Deci o reducere a presiunii, însoțită implicit de o creștere mai mică a diametrului, va duce la reducerea valorii $p \cdot D$. Însă aceasta va influența consumul de combustibil, uzura pneurilor și capacitatea de încărcare. Prin urmare, ar trebui să fie luată în considerare presiunea recomandată de constructor.

În realitate, suprafața de contact în cazul roților echipate cu pneuri are o formă eliptică (***) 2011a), dar pentru simplificare, în calcule se adoptă drept urmă de contact un cerc cu o suprafață echivalentă elipsei (Ciobanu 1998). În mod practic, diametrul cercului echivalent este de 20-30 cm la autovehiculele cu roți simple și 30-40 cm la autovehiculele cu roți duble.

Presiunea maximă admisă pe urma de contact este de 6...7 daN/cm². În funcție de modificarea încărcăturii de roată, suprafața urmei se modifică astfel încât presiunea unitară la contactul dintre roată și drum rămâne aproximativ aceeași. S-a constatat că presiunea exercitată asupra căii de rulare la autovehiculele forestiere este, în general, egală cu presiunea din anvelope (Pop 1978). În cazul ATF 25, presiunea din anvelope este de 6 daN/cm².

2.8. Prevederi legislative referitoare la urmărirea comportării în timp a drumurilor forestiere

Legislația națională referitoare la calitatea în construcții acordă o deosebită importanță urmării în exploatare a construcțiilor existente, Legea 10/1995 privind calitatea în construcții considerând această activitate ca parte a sistemului calității în construcții. La articolul 8 din Legea 10/1995 se menționează că „sistemul calității în construcții reprezintă ansamblul de structuri organizatorice, responsabilități, regulamente, proceduri și mijloace, care concură la realizarea calității construcțiilor în toate etapele de concepere, realizare, exploatare și postutilizare a acestora”.

Sistemul calității în construcții gestionează întreg procesul de promovare, edificare și exploatare a construcțiilor, acesta având ca punct „zero” etapa de promovare a investiției, iar ultima etapă se poate considera finalizată la dispariția efectivă a obiectivelor. Dintre toate componentele sistemului de calitate în construcții (Gabon 2011), urmărirea în exploatare a construcțiilor are cea mai mare întindere în timp (zeci de ani).

Urmărirea comportării în timp a construcțiilor are ca finalitate păstrarea parametrilor tehnici și a destinației inițiale la toate construcțiile (Andrei et al. 2002, Attoh-Okine și Adarkwa 2013, Kiss et al. 2015). Totodată, prin această activitate se pot obține informații referitoare la exploatarea în condiții

normale a construcțiilor, pentru prevenirea incidentelor și a avariilor, precum și pentru exploatarea și menținerea parametrilor constructivi, cu costuri scăzute (Ackerman et al. 2014).

2.9. Prezentare generală asupra calculului cu elemente finite

Metoda elementului finit este considerată o metodă cu aplicabilitate în diverse domenii ale ingineriei, fiind folosită în numeroase cercetări care vizează drumurile și structurile rutiere nerigide (Rodgers et al. 2009, Ambassa et al. 2013, Beskou et al. 2015, Chen et al. 2015, Khavassefat et al. 2015, Khavassefat et al. 2016, Leonardi et al. 2020, Rahmani et al. 2020).

Pentru a simula efectul solicitărilor din trafic asupra structurilor rutiere, numeroși autori au apelat la metoda elementului finit, aplicată și în cazul cercetării de față, fie pentru a analiza stresul și deformațiile apărute în cazul drumurilor cu structuri rutiere nerigide (Rodgers et al. 2009), fie pentru a determina numărul de cicluri de încărcare la care pot rezista drumurile cu îmbrăcămînți asfaltice (Beskou et al. 2015, Kharavassefat et al. 2015 și 2016) sau pentru a observa impactul vehiculelor cu axe multiple asupra structurilor rutiere (Ambassa et al. 2013, Chen et al. 2015, Zhu și Law 2016) și chiar pentru a evidenția diferențele care apar în cazul deplasărilor pe verticală la structurile rutiere cu sau fără geogrilă, la diverse cicluri de încercare (Leonardi et al. 2020).

2.10. Aspecte privind analiza financiară și economică aferentă lucrărilor de reabilitare/modernizare suprastructură drum forestier Ciobănuș

2.10.1. Aspecte generale

Asigurarea accesibilității fondului forestier constituie o condiție esențială pentru gospodărirea durabilă a acestuia, aspect care poate fi asigurat pe două paliere, respectiv prin construirea de drumuri forestiere noi, precum și prin modernizarea rețelei de drumuri forestiere existente. De asemenea, dezvoltarea micilor comunități locale din zona de munte este legată de existența unei rețele de drumuri forestiere care să asigure circulația în condiții de siguranță.

Se poate afirma că un drum forestier este, pe lângă un mijloc fix, și un „prestator de servicii”, calitatea acestora depinzând de starea tehnică a obiectivului (***) (2001). Astfel, prin modernizarea drumurilor se asigură punerea pe piață a unui volum semnificativ de masă lemnoasă, transportul mărfurilor în condiții de siguranță și cu costuri scăzute (Lachini et al. 2018), intervenții în timp scurt etc..

Proiectele de investiții sunt supuse unei analize economice cu scopul de a identifica, cuantifica și măsura, în termeni monetari, beneficiile generate de proiect, precum și costurile acestuia (Pentek et al. 2016). Cea mai utilizată metodă pentru evaluarea economică a proiectelor de investiții este analiza cost/beneficiu. Totuși, în cazul proiectelor în care decizia de finanțare este deja luată (prin efectul legii sau pentru conformarea cu diferite reglementări) sau în cele în care cuantificarea și exprimarea în termeni monetari a tuturor beneficiilor sociale, economice sau de mediu este dificilă sau prea costisitoare, se întocmește o analiză cost-eficacitate.

Promovarea investițiilor se realizează pe baza unor documentații tip, reglementate prin acte normative (H.G. 907/2016 privind etapele de elaborare și conținutul cadru al documentațiilor tehnico-economice aferente obiectivelor/proiectelor de investiții, finanțate din fonduri publice).

În studiile de fezabilitate/documentațiile de avizare a lucrărilor de intervenție se prezintă scenariile tehnico-economice stabilite de proiectant (minim două), scenariul tehnico-economic optim, unde se recomandă atât soluția tehnică, cât și principalii indicatori tehnico-economici (indicatori maximali, indicatori de performanță cantitativi și calitativi, indicatori financiari, socio-economici, de impact, de rezultat, durată de execuție).

3. Scopul și obiectivele cercetării. Locul, metodologia de cercetare și aparatura folosită

3.1. Scopul și obiectivele cercetării

Datorită importanței transporturilor în orice domeniu de activitate, inclusiv în sectorul forestier, asigurarea unei rețele de transport care să permită circulația autovehiculelor în condiții de siguranță și confort presupune menținerea căilor permanente de transport într-o stare de funcționare cât mai bună. În plus, acțiunea combinată a traficului și a factorilor climatici, coroborată cu particularitățile structurilor rutiere și calitatea materialelor folosite și a lucrărilor executate poate conduce, într-un timp mai scurt sau mai îndelungat, la apariția degradărilor. Pe baza acestor considerente s-a conturat scopul tezei de doctorat și anume acela de a analiza comportarea în timp a unui drum forestier supus traficului, atât prin prisma volumelor și mijloacelor auto care au tranzitat pe drum, cât și prin degradările înregistrate ca urmare a circulației rutiere, coroborat cu analize de laborator pentru a determina principalele caracteristici ale materialelor existente în structura rutieră și simulări privind modul de comportare a unei structuri rutiere specifice drumurilor forestiere principale la acțiunea traficului de tonaj sport.

Pentru atingerea scopului propus, s-au fixat o serie de obiective, precum:

- determinarea caracteristicilor transportului forestier pe drumul luat în studiu, pe o perioadă de 5 ani;
- cuantificarea degradărilor identificate pe drumul forestier luat în studiu și determinarea caracteristicilor fizico-mecanice ale pământurilor și materialelor pietroase;
- testarea unor structuri rutiere tip pentru drumurile forestiere principale, prin intermediul metodei elementului finit, în vederea simulării comportării acestora sub acțiunea traficului și compararea rezultatelor cu datele furnizate prin programul CALDEROM 2000;
- analizarea soluțiilor tehnice pentru reabilitarea/modernizarea drumurilor forestiere din perspectiva economică și financiară.

3.2. Locul cercetărilor

3.2.1. Considerații generale privind locul cercetărilor

Direcția Silvică Bacău este o unitate a Regiei Naționale a Pădurilor R.N.P. – Romsilva, care funcționează sub autoritatea Ministerului Mediului, Apelor și Pădurilor și care are ca atribut administrarea pădurilor proprietate publică a statului, precum și administrarea, pe bază de contracte, a unor păduri proprietate particulară.

Rețeaua de drumuri forestiere din administrarea Direcției Silvice Bacău are o dezvoltare mai mare în zona ocoalelor de munte, în zona masivelor forestiere de mare întindere, pe când în zona colinară și de șes, deficitul de drumuri forestiere este suplinit de rețeaua de drumuri publice. În această zonă, având în vedere suprafețele mici aferente trupurilor de pădure, nu s-a justificat construirea de drumuri forestiere, atât din cauza lipsei de eficiență economică, dar și datorită regimului juridic al suprafețelor din afara fondului forestier.

Rețeaua de drumuri forestiere aflată în administrarea Direcției Silvice Bacău însumează un număr de 516 drumuri forestiere, cu o lungime de 1.629,50 km. Problemele generale care afectează funcționalitatea, la nivel optim, a rețelei de drumuri forestiere aflate în administrarea Direcției Silvice Bacău se bazează pe:

- preluarea scriptică a reţelei de drumuri forestiere în 1994 de la IFET, fără a avea la bază o predare-primire reală şi un inventar;
- lipsa cărţilor tehnice la majoritatea drumurilor forestiere şi a unei programări multianuale pentru lucrările de întreţinere, reparaţii curente şi reparaţii capitale;
- subfinanţarea lucrărilor de întreţinere, reparaţii curente şi reparaţii capitale, neexistând o sursă de finanţare exclusiv constituită; sursele de finanţare aferente investiţiilor sunt în mare parte direcţionate pentru refacerea drumurilor ca urmare a efectelor calamităţilor şi mai puţin pentru reabilitări şi/sau modernizări;
- deficitul de forţă de muncă calificată atât în structurile administratorului, cât şi ale terţilor;
- desfiinţarea subunităţilor ce aveau ca activitate întreţinerea drumurilor forestiere, parcul propriu de utilaje îmbătrânit şi insuficient;
- deficitul accentuat de materiale de balastieră şi carieră;
- urmărirea comportării în timp a drumurilor forestiere se face punctual şi fără consecvenţă;
- transportul masei lemnoase se realizează, în cea mai mare parte, cu autoplatforme care nu respectă tonajul maxim admis.

Cercetările s-au efectuat pe drumul forestier Ciobănuş, drum principal, aflat în administrarea Direcţiei Silvice Bacău, Ocolul Silvic Ciobănuş.

3.2.2. Locul de desfăşurare a cercetărilor

3.2.2.3. Starea tehnică a drumului forestier Ciobănuş

Drumul forestier Ciobănuş este amplasat în extravilanul comunei Asău, judeţul Bacău. Obiectivul este un drum de vale ce se desfăşoară pe firul văii râului Ciobănuş, afluent de dreapta al Râului Trotuş (bazinul hidrografic Siret), fiind un drum principal, cu platforma de 4,5 metri şi cu partea carosabilă de 3,5 metri. Drumul forestier a fost pus în funcţiune în anul 1973.

Drumul forestier luat în studiu a fost preluat, în anul 1994, de către Direcţia Silvică Bacău de la I.F.E.T. Bacău, predarea/primirea acestuia realizându-se pe baza unui proces-verbal, predarea nefiind însoţită şi de cartea tehnică a obiectivului. Ulterior anului 1994, pe drumul forestier Ciobănuş s-au executat doar lucrări de întreţinere, nefiind realizate lucrări de reparaţii curente, reparaţii capitale sau reabilitări. De asemenea, în decursul ultimelor două decenii, drumul forestier a fost afectat de numeroase viituri torenţiale (cea mai însemnată în anul 2005, când obiectivul a fost calamitat în proporţie de 50%, devenind impracticabil), ce au condus la actuala stare tehnică a drumului.

Starea tehnică a drumului, prin parcurgerea lui şi observaţii vizuale, poate fi sintetizată prin următoarele aspecte:

- capacitate portantă necorespunzătoare (zone cu împietruire slabă, zone colmatate cu materiale aluvionare, suprastructura contaminată de resturi de exploatare şi aluviuni);
- structură rutieră degradată (văluriri, fâgaşe şi gropi) şi frământată ca urmare a stagnării apei; terasamente degradate ca urmare a stagnării apei pe platforma drumului;
- şanţuri colmatate în proporţie de minim 50% şi fără continuitatea necesară scurgerii apei;
- lucrările de artă (podurile şi podeţele) prezintă degradări semnificative (afuieri culei şi aripi, tabliere fără hidroizolaţii şi cu suprastructura distrusă etc.);
- acostamentele lipsesc sau sunt colmatate cu materiale aluvionare, ebulmenţi, vegetaţie şi resturi de exploatare;
- obiectivul nu prezintă lucrări de apărare-consolidare, acest lucru generând şi un grad ridicat de vulnerabilitate la viiturile torenţiale;
- ca urmare a viiturilor torenţiale care au afectat corpul drumului, în zonele din proximitatea albiei minore a râului Ciobănuş, lăţimea platformei nu mai prezintă dimensiunile aferente unui drum principal;

- elementele geometrice ale drumului nu mai asigură desfășurarea unui trafic în condiții de siguranță;
- amplasarea platformelor primare în imediata apropiere a drumului sau chiar pe platforma acestuia generează un aport consistent de material neconform (pământ, mâl, resturi de exploatare etc.) care contaminează suprastructura drumului forestier, cu consecințe directe în afectarea capacității portante a acestuia.

3.3. Metodologia de cercetare și aparatura utilizată

3.3.1. Aspecte generale

Specificul tezei a impus o cercetare complexă care a apelat la o serie de metode, tehnici și procedee, pornind de la metoda observației și cea a determinărilor directe pe teren, până la efectuarea de determinări în laborator pentru caracteristicile fizico-mecanice ale pământurilor și materialelor petroase.

3.3.2. Urmărirea comportării în timp prin vizualizare directă

Analiza vizuală este cea mai uzuală metodă în urmărirea comportării în timp a drumurilor, mai ales că implică cele mai mici costuri și se poate realiza fie prin vizualizarea „*in integrum*” a drumurilor forestiere, pe întreaga lor lungime, la intervale regulate de timp (semestrial, de recomandat cu ocazia efectuării inspecțiilor de fond – primăvara și toamna) sau în anumite puncte prestabilite pe lungimea obiectivului. Varianta din urmă se aplică atunci când se dorește obținerea unui set complex de informații și urmărește comportarea în timp a anumitor elemente ale drumurilor forestiere, cum ar fi: lucrările de artă, suprastructura etc. Ca principal dezavantaj ar fi subiectivitatea operatorului în aprecierea degradărilor.

În cazul cercetărilor efectuate în prezenta teză de doctorat, a fost luat în studiu un drum forestier cu o lungime de 15 km, la care s-a dorit urmărirea comportării suprastructurii acestuia într-un interval de timp bine determinat. De regulă, urmărirea comportării în timp a suprastructurii se face pe întreaga lungime a drumului forestier, dar, în cazul de față, deoarece s-a dorit obținerea de informații complete, atât calitative, cât și cantitative, comportarea drumului forestier a fost urmărită prin 15 tronsoane, cu o lungime de 25 m. Pe aceste tronsoane s-au efectuat măsurători și aprecieri calitative referitoare la degradările apărute ca urmare a traficului desfășurat pe drumul forestier Ciobănuș, dar și a altor factori, precum: fenomenul de îngheț-dezghet, contaminarea suprastructurii cu aluviuni, gradul de umbrire etc. Tronsoanele au fost amplasate astfel încât să fie surprinsă toată cazuistica ce se poate regăsi pe drumul forestier. Astfel, la anumite intervale de timp, s-au efectuat examinări vizuale și măsurători prin care s-a încercat determinarea gradului de degradare a suprastructurii drumului forestier Ciobănuș.

Intervalul de timp în care au fost făcute observațiile și măsurătorile a fost cuprins între 16 octombrie 2018 și 13 iunie 2019, cu o etapă intermediară de observații în 28 martie 2019. Intervalul coincide cu perioada dintre două intervenții de natura lucrărilor de întreținere.

Toate punctele aval/amonte (figura 3.6) au fost materializate pe teren utilizând borne martor. Pentru a ușura identificarea ulterioară a punctelor, au fost stabilite puncte GPS, atât în aval, cât și în amonte, pentru fiecare sondaj determinându-se cota fiecărui punct. Pentru stabilirea coordonatelor și fixarea punctelor au fost folosite receptoare GPS TrimbleJuno (figura 3.7).



Figura 3.6. Sondajul numărul 2: vedere amonte/aval



Figura 3.7. Receptor GPS Trimble Juno (<https://pjkgps.en.made-in-china.com/product/pSvnJclKbWkH/China-Trimble-Juno-3b-Handheld-GPS-Navigation.html>)

Perioada în care s-au efectuat observațiile și măsurătorile a fost caracterizată de un trafic ridicat, perioada lungă de iarnă, apariția fenomenului de îngheț-dezgeț la finalul sezonului de iarnă, exces de precipitații în perioada aprilie–iunie, dar și de alte fenomene și factori ce determină solicitări asupra suprastructurii drumului forestier luat în studiu. Parcurgerea punctelor de sondaj a presupus identificarea tipurilor de degradări și culegerea elementelor dimensionale ale acestora (figura 3.8).

În vederea evidențierii structurii traficului, pe drumul forestier Ciobănuș s-a realizat o monitorizare zilnică a traficului, pe o perioadă îndelungată de timp, mai exact pe 5 ani și jumătate (din 2014 până în primul semestrul al anului 2019). Datele zilnice culese din teren au constatat în menționarea, pentru fiecare transport de masă lemnoasă realizat, a următoarelor informații (tabelul 3.4): data, numărul de înmatriculare al autoplatfomei/remorcii, numărul avizului/avizelor de însoțire a materialului lemnos, destinatarul transportului, sortimentul transportat, volumul transportat defalcat de specii (rășinoase și/sau foioase).

Calculul tonajului transportat s-a efectuat cu următoarele valori pentru greutatea specifice: 0,87 tone/m³ pentru rășinoase, 1 tonă/m³ pentru foioase și 1,7 tone/m³ pentru balast.



Figura 3.8. Determinări cantitative ale degradărilor identificate pe drumul forestier Ciobănuş

Tabelul 3.4. Extras din baza de date corespunzătoare traficului desfăşurat pe drumul forestier Ciobănuş

Data	Număr auto		Aviz	Emitent	Sortiment	Volum		Tonaj mijloc de transport	Tonaj transportat	Tonaj total
	cap tractor	remorcă				R	F			
4.01.2019	SV54NEP		9040538	SILVAFOR	LRR	55.12		14	44.10	58.10
	SV62NEP		9040539	SILVAFOR	LRR	54.11		14	43.29	57.29
	BC83YLI		9139151	PAD PRIVATE	LRF		2	1	2.00	3.00
5.01.2019	SV76NEP		0518415	TRANSILIS	LRR	41.04		14	32.83	46.83
	BC19MEX	BC20MEX	0258399.0258400	HOLZINDUSTRIE	LRF		35.22	14	35.22	49.22
	SV58NEP		0518416	TRANSILIS	LRR	42.17		14	33.74	47.74
	BC83YLI		4066186	ADIOR FOREST	LRF		1.7	1	1.70	2.70
	SV62NEP		0518417	TRANSILIS	LRR	43.1		14	34.48	48.48

3.3.3. Determinarea tipului de suprastructură prin metode nedistructive. Încercarea de penetrare dinamică

Lipsa informațiilor tehnice referitoare la execuția, recepția și urmărirea comportării în timp a drumului forestier Ciobănuş poate fi compensată prin efectuarea de determinări nedistructive în vederea stabilirii tipului și grosimii suprastructurii drumului forestier, dar și a altor informații geotehnice, respectiv determinarea stratului de fundare al drumului, studierea stratificației nivelului apei subterane, determinarea succesiunii de straturi componente ale corpului drumului (Voicu et al. 2003, Voicu și Haida 2004, Kakkurivaara et al. 2015).

Procedura de colectare și interpretare a datelor s-a realizat în conformitate cu prevederile standardului SR EN ISO 22476-2. Acesta se referă la cerințele pentru încercări indirecte ale terenului, prin încercări de penetrare dinamică (parte a încercărilor și cercetărilor geotehnice), utilizând diverse tipuri de penetrometre dinamice. Încercarea de penetrare dinamică este o metodă foarte răspândită ca urmare a costului scăzut, a rapidității în obținerea rezultatelor și a utilizării facile. În cazul de față, penetrometrul dinamic Pagani DPM 20-30 utilizat (figura 3.9) este un penetrometru mediu (clasificare conform ISO 22476-2), la care unde masa ciocanului este cuprinsă între 10 și 40 de kg, iar diametrul vârfului conului este de 35,68 mm, unghiul conului de 60°, iar lungimea prăjinii de 1 m.

Prin utilizarea penetrometrului dinamic se poate identifica structura litologică a corpului drumului, tipul suprastructurii, precum și grosimea acesteia, ceea ce poate conduce la adoptarea unor soluții de proiectare mai potrivite traficului din zonă, care vor avea un efect maxim asupra majorării portanței drumului, dar cu minim de costuri. Numărul de determinări se stabilește în funcție de clasa de

importanță a construcției, dar și de scopul urmărit. Având în vedere că determinările au urmărit, pe de o parte, identificarea tipului de suprastructură a drumului forestier luat în studiu (nefiind urmărite informații referitoare la natura terenului de fundare pentru lucrări de artă), iar pe de altă parte, stabilirea uniformității litologice a terenului pe care este amplasat drumul forestier (drum de vale), în cazul cercetărilor s-au executat 6 determinări de penetrare dinamică.

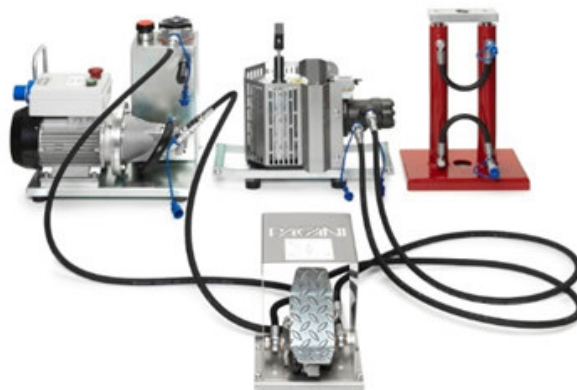


Figura 3.9. Penetrometrul Pagani DPM 20-30 (www.pagani-geotechnical.com)

Încercarea de penetrare dinamică constă, în fapt, în introducerea în teren a unui vârf conic, prin realizarea unor înaintări progresive (δ) și măsurarea numărului de lovituri (N), necesare pentru înfigerea conului pe o adâncime de 10cm ($\delta = 10\text{cm}$).

În funcție de adâncimea de pătrundere a penetrometrului (vârfului conului) în teren se determină rezistența la penetrare dinamică pe con (R_d), care reprezintă rezistența opusă de teren la înaintarea conului de penetrare sub acțiunea lucrului mecanic constant, realizat prin căderea berbecului.

Prelucrarea datelor obținute s-a realizat cu ajutorul unui program de calcul automat – DynamicProbing (GeoStru Software). Datele obținute sunt utile atât în activitatea de proiectare, cât și în cea de urmărire a comportării în timp a obiectivului, fiind mult mai precise decât datele din literatura de specialitate, deoarece aparțin zonei de interes.

3.3.4. Determinarea granulometriei și a caracteristicilor materialului aferent suprastructurii drumului forestier Ciobănuș

Suprastructura drumului forestier Ciobănuș este compusă dintr-un singur strat de balast, cu o grosime ce variază între 20 și 40 cm. Așa cum s-a precizat, în ultimele două decenii, pe acest drum s-au realizat doar lucrări de întreținere, utilizându-se pentru mentenanța suprastructurii balast, cu proveniența mai mult sau mai puțin conformă. Condițiile tehnice pentru balastul utilizat la execuția/întreținerea drumurilor sunt reglementate în SR EN 13242+A1 (** 2009a) și în STAS 6400-84 (** 1984b), dar și în caietele de sarcini care stau la baza achiziției de materiale de balastieră. În cazul de față, prin încercări de laborator, s-au determinat atât caracteristicile granulometrice ale agregatelor din compoziția suprastructurii drumului forestier Ciobănuș (analiza granulometrică, calitatea părții fine – echivalent de nisip, coeficientul de formă, coeficientul de aplatizare), cât și unele caracteristici fizico-mecanice (rezistența la sfărâmare, rezistența la uzură).

A. Determinarea granulozităţii – analiza granulometrică prin cernere

Se realizează în baza SREN 933-1/2002. Principiul metodei constă în separarea în mai multe categorii dimensionale descrescătoare a materialului prin trecerea probei printr-o serie de site (** 1985, ** 2002c). Dimensiunile ochiurilor și numărul de site este ales în funcție de natura probei supuse analizei și de precizia urmărită. Masa particulelor reținute pe diferitele site este legată de masa inițială a probei. Procentele cumulate ce trec prin fiecare sită sunt prezentate în formă numerică și, când este solicitat, în formă grafică, rezultând curba granulometrică a materialului.

Aparatura utilizată este compusă din site test (figura 3.10), suportți de fixare a sitelor cu capac, etuvă, echipament de spălare, balanță, perii pentru mașina de cernere (opțional).

Modalitatea de pregătire a probelor este reglementată prin SR EN 922-2 (** 1996) și depinde de diametrul maxim al agregatelor.

Determinarea granulozităţii prin cernere presupune o serie de activități, precum spălarea, cernerea și cântărirea probei, urmate de calculul și interpretarea rezultatelor. Aceasta din urmă implică:

- înregistrarea diferitelor mase pe o foaie de test;
- calcularea maselor reținute pe fiecare sită, ca procent raportat la masa uscată;
- calcularea procentajelor cumulative pentru masele trecute prin fiecare sită până la cea de 0,063 mm exclusiv.



Figura 3.10. Site granulometrice și aparat de sitat pentru cernerea materialelor
(site cu ochiuri pătrate, între 63 și 0,063 mm)

B. Determinarea calității părții fine - echivalent nisip

Se face în baza SR EN 933-8/2012. Această determinare presupune stabilirea valorii echivalentului de nisip pentru fracția de 0,2 mm. Principiul metodei constă în introducerea, într-un cilindru gradat, a unei probe test de agregate cu diametrul particulelor de 0,2 mm cu un conținut de particule fine de 10%, împreună cu o cantitate redusă de apă și agenți de decantare. Apoi proba astfel concepută se agită până la desprinderea argilei de pe particule. Peste probă se adaugă apă și agenți de decantare, astfel încât particulele fine să se afle în suspensie. După o anumită perioadă de timp, valoarea echivalentului de nisip SE(10) se calculează ca înălțime a sedimentelor, exprimat ca valoare procentuală din totalul înălțimii sedimentelor și al suspensiei din cilindru.

În determinări se utilizează soluții concentrate folosite ca reactivi (glicerina, formaldehida, clorura de calciu etc.), soluții de spălare și agenți de decantare, dar și aparatură specifică (doi cilindri gradați, piston de testare, ceas, spatulă, perii pentru site, site de cernere, riglă, tuburi de spălare și alte

accesorii). Pregătirea probei pentru testare presupune împărţirea acesteia în două epruvete. Prima epruvetă este folosită la determinarea conţinutului de apă (umiditatea probei) şi al conţinutului de părţi fine, dar şi pentru pregătirea unui agregat fin corector. A doua epruvetă este utilizată la determinarea echivalentului de nisip. Din prima epruvetă, o primă probă supusă analizei este uscată la 110°C pentru determinarea conţinutului de apă (ca procent din masa uscată). Cea de a doua probă, provenită tot din prima epruvetă, este cântărită, spălată şi trecută prin sita cu ochiurile de 0,063 mm. Particulele reţinute pe sită sunt uscate şi cântărite.

După determinarea indicilor de mai sus, se procedează la umplerea cilindrilor, agitarea, spălarea şi măsurarea înălţimilor h_1 şi h_2 [mm] pentru ambele probe.

C. Determinarea rezistenţei la sfărâmare

Se face în baza SR EN 1097-1 (***) 2011c), standard european care prezintă metodele de determinare a rezistenţei la sfărâmare ale agregatelor grosiere, definind două metode, respectiv: încercarea Los Angeles (metoda de referinţă) şi încercarea de sfărâmare prin impact (metoda alternativă).

În cazul cercetărilor întreprinse prin teza de doctorat, s-a aplicat încercarea Los Angeles. Aparatura necesară este compusă din site (EN 933-2) cu mărimea ochiurilor conform SR EN 1097-2:2002, balanţă, etuvă (figura 3.12), echipament pentru reducerea eşantionului de laborator, maşina de încercare Los Angeles (figura 3.13). Principiul metodei constă în introducerea unui eşantion de agregate într-un tambur rotativ şi rularea agregatelor supuse încercărilor cu bile de oţel. La final se determină cantitatea de material reţinut pe sita de 1,6 mm. Pregătirea probelor şi modul de lucru sunt descrise în SR EN 1097-2:2002.



Figura 3.12. Etuvă cu temperatura reglabilă pentru uscarea materialelor

(Laboratorul de analize și încercări în construcții – gradul II: S.C. Proexcon S.R.L. Onești)



Figura 3.13. Maşina Los Angeles, utilizată pentru a determina rezistenţa la sfărâmare a agregatelor

(Laboratorul de analize și încercări în construcții – gradul II: S.C. Proexcon S.R.L. Onești)

Rezistenţa mecanică a agregatelor este dată de coeficientul de sfărâmare. Clasa de granulaţie cuprinsă între 8 şi 12,5 mm este sfărâmată în maşina de încercare prin zece lovituri date de un ciocan ce cade de la înălţimea de 370 mm. Gradul de sfărâmare se stabileşte prin analiza granulometrică realizată pe 5 site de control. Şi pentru această determinare, pregătirea probelor şi modul de lucru sunt descrise

în SR EN 1097-2:2002. Pentru fiecare probă se exprimă masa refuzului pe fiecare din cele 5 site și de pe talger, în procente din masa probei dinainte de încercare, și se deduce procentul de masă trecut prin cele 5 site. Se însușează procentele de masă trecute pe fiecare din cele 5 site, pentru a obține suma acestora.

D. Determinarea rezistenței la uzură prin calculul coeficientului micro-Deval

Se realizează în baza SR EN 1097-1:2011 unde este descrisă metoda de referință utilizată pentru testarea standard în cazul determinării rezistenței la uzură a agregatelor grosiere și a agregatelor provenite din cariere, în condiții umede. Încercarea constă în măsurarea uzurii produse în condiții bine stabilite, prin frecările reciproce ale agregatelor într-un cilindru ce se rotește împreună cu o încărcătură abrazivă. Atunci când se termină încercarea (numărul de rotații la care se supune proba), se calculează coeficientul micro-Deval din procentul de agregate reținute pe un ciur de 1,6 mm. Aparatura utilizată constă din balanță, set de site, etuvă, epruvete, mașina micro-Deval (figura 3.14).



Figura 3.14. Mașina micro-Deval, utilizată pentru a determina rezistența la uzură a agregatelor
(Laboratorul de analize și încercări în construcții – gradul II: S.C. Proexcon S.R.L. Onești)

3.3.5. Determinarea gradului de compactare

3.3.5.1. Determinarea gradului de compactare prin utilizarea plăcii dinamice

Cea mai simplă metodă pentru determinarea gradului de compactare al terasamentelor este determinarea modului dinamic de deflecție utilizând placa dinamică. Modulul dinamic de deflecție liniară este raportul dintre efortul unitar de compresiune aplicat pe stratul de încercat și deflecția specifică corespunzătoare. Deși acuratețea datelor poate să nu atingă precizia obținută prin utilizarea plăcii statice, totuși, în cazul drumurilor forestiere, ținând cont de clasa de importanță a acestora, determinarea modului dinamic de deflecție furnizează datele necesare pentru determinarea gradului de compactare al acestora. Avantajele utilizării acestei metode pot fi sintetizate în reducerea timpului pentru determinări și furnizarea imediată a rezultatelor, posibilitatea efectuării de măsurători în zone cu accesibilitate redusă și costul redus al determinărilor. Comparativ cu metoda aplicată în cercetările de față, determinarea modului de deflecție liniară în baza STAS 8942/3-90 presupune o metodă de lucru foarte laborioasă, cu aparatură complexă și numeroase citiri de date, rezultatul nefiind furnizat imediat.

Placa dinamică are ca rol determinarea, prin încercări directe pe teren, a modului de deflecție liniară (modulul dinamic de deflecție). Această metodă se aplică atât pământurilor necoezive, cât și celor coezive ce intră în alcătuirea terasamentelor și a straturilor de fundație sau de bază. Astfel, placa dinamică Zorn ZFG 0.2 este folosită cu preponderență în construcția de drumuri sau

autostrăzi (Lucaci et al. 2000), la testarea pavajului, pentru asigurarea calităţii la construirea canalelor, pentru testarea caracteristicilor de compactare la canalizări şi piloni ai fundaţiilor.

În cazul de faţă, determinarea modulului de deformaţie liniară s-a realizat pentru suprastructura drumului forestier Ciobănuş. Astfel, s-a utilizat placa dinamică Zorn ZSG 0.20, aparatul de testare fiind compus din: ansamblul de încercare necesar producerii unui impact de încărcare definit ($EVD = 5-70$ MN/m – 10 kg), placa de încercare de 300 mm, deflectometrul electronic ZSG 0.2 (figura 3.15) cu memorie de date incorporată şi interfaţă digitală, cititor de carduri SD şi conectare USB, soft de procesare, mini-imprimantă şi acumulatori. În vederea colectării unor date obiective din teren, s-au respectat recomandările pentru utilizarea acestui dispozitiv, unde se menţionează că determinările trebuie să fie făcute pe vreme însorită, cu o temperatură minimă de 5°C. Colectarea datelor s-a realizat în aceeaşi zi pentru toate cele 15 puncte de sondaj, încercarea efectuându-se la nivelul suprastructurii drumului forestier Ciobănuş. Punctele în care s-au realizat determinările au fost alese astfel încât să se asigure, sub nivelul plăcii, un strat omogen, suprafaţa pe care s-a realizat încercarea având de minim trei ori diametrul plăcii de încercare ($d = 300$ mm).

Placa s-a aşezat orizontal (figura 3.16) pe patul drumului, astfel încât să existe un contact cu suprastructura drumului pe întreaga suprafaţă a plăcii. S-a aşezat tija de ghidare cu greutatea de cădere pe sfera de centrare de pe placă. Încărcarea plăcii se realizează prin impactul dintre aceasta cu greutatea de cădere care culisează pe tija de ghidaj ținută vertical de către operator. Înaintea încercării efective, s-au efectuat trei lovituri succesive de preîncărcare. S-a pornit înregistratorul electronic şi s-a trecut la efectuarea efectivă a determinării, prin aplicarea a trei lovituri succesive pe placă şi înregistrarea automată a modulului de deformaţie liniară. Toate rezultatele au fost descărcate la sediul laboratorului, unde s-a realizat şi prelucrarea automată a datelor. Ceilalţi parametri ai plăcii, respectiv masa plăcii, diametrul acesteia şi înălţimea de cădere sunt cunoscuţi şi constanţi, fiind specificaţi în cartea tehnică a plăcii.



Figura 3.15. Placa dinamică Zorn ZSG 0.20

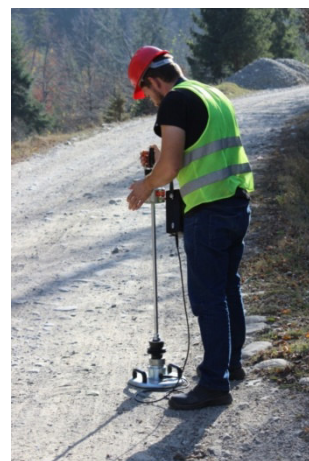


Figura 3.16. Determinări cu placa Zorn ZSG 0.20 pe drumul forestier Ciobănuş

În urma deplasării în teren s-au realizat determinări în 15 puncte de sondaj (Anexa 9), pentru fiecare fiind emise rapoarte individuale privind gradul de compactare determinat prin utilizarea plăcii dinamice.

3.3.5.2. Determinarea gradului de compactare cu aparatul Proctor

Caracteristicile optime de compactare se determină în laborator, pe baza eşantioanelor de material ce urmează a fi pus în operă. În cazul de faţă, au fost recoltate probe din suprastructura

drumului forestier Ciobănuş, din 15 puncte de sondaj. Astfel, conform metodologiei descrise anterior și în baza STAS 1913/13-83, au fost determinați, în fapt, doi parametri, respectiv umiditatea optimă de compactare (W) pentru care proba realizează densitatea maximă în stare uscată (δ_{dmax}). Caracteristicile efective de compactare, respectiv gradul de compactare ($G_{compactare}$) s-a determinat în laborator, pe baza eșantioanelor recoltate de la locul de punere în operă, unde a fost determinată și densitatea balastului în stare uscată (δ_d). Astfel, atât caracteristicile de compactare, cât și densitatea în stare uscată a balastului au fost obținute din aceleași eșantioane.

Pentru fiecare eșantion s-au întocmit rapoarte de încercare în care au fost trecute rezultatele determinărilor pentru caracteristicile de compactare determinate prin încercarea Proctor normal. Pentru fiecare probă s-au măsurat: cantitatea totală de material (m_t), cantitatea de material (schelet) peste D_{max} (m_s), proporția scheletului în masa totală a materialului (r), precum și densitatea scheletului (q_s). În vederea determinării caracteristicilor de compactare, pentru fiecare probă s-au efectuat șase încercări, datele fiind incluse în tabele (tabelul 3.6 - pentru sondajul nr. 8). În cazul încercărilor de laborator, pe probe tulburate de pământ, se folosește și aparatul Proctor manual (figura 3.18) sau automat. În laborator, determinarea caracteristicilor de compactare ale pământurilor se realizează prin metoda Proctor. Caracteristicile de compactare reprezintă, în fapt, umidități optime de compactare (W_{opt} și $W_{opt(uscat)}$) și densitățile în stare uscată maximă ale pământului (δ_{dmax} și $\delta_{dmax(uscat)}$).



Figura 3.18. Aparat Proctor manual, pentru determinarea capacității de compactare a materialelor:
a. tipar Proctor modificat $\varnothing 150\text{mm}$ și mai de compactare Proctor modificat; b. tipar Proctor standard $\varnothing 100\text{mm}$ și mai de compactare Proctor normal

(Laboratorul de analize și încercări în construcții – gradul II: S.C. Proexcon S.R.L. Onești)

Metoda de lucru, în vederea determinării caracteristicilor de compactare, este reglementată prin STAS 1913/13-83. Caracteristicile de compactare se stabilesc pentru un anumit lucru mecanic de compactare (L). În funcție de valoarea lucrului mecanic de compactare se deosebesc două încercări Proctor, respectiv:

- încercarea Proctor normală, unde $L = 0,6 \text{ J/cm}^3$;
- încercarea Proctor modificată, unde $L = 2,7 \text{ J/cm}^3$.

Principiul metodei constă din compactarea, cu același lucru mecanic specific de compactare, a unor probe de pământ cu diferite umidități, în vederea stabilirii valorilor maxime ale densității în stare uscată sau ale greutății volumice în stare uscată, corespunzătoare umidității optime în domeniile uscat și umed. Aparatura utilizată în determinarea în laborator a caracteristicilor de compactare se compune din: aparat Proctor (cilindri cu inele prelungitoare și plăci de bază, două plăci de metal, de 5mm grosime și diametrul de 149 mm și 249 mm, pentru aparatul cu cilindrul având $d = 150 \text{ mm}$, respectiv 250 mm

(pentru maiul de compactare), balanță, bascula zecimală cu sarcina de 50 kg, diverse ciururi, riglă metalică.

Tabelul 3.6. Încercarea Proctor pentru materialul recoltat din sondajul 8

Parametrii compactării	Caracteristici cilindru			Caracteristici mai			Compactarea	
	d [mm]	h [mm]	V [cm ³]	D [mm]	H [mm]	m [kg]	Nr. de straturi	Nr. de lovituri pe strat
	150	120	2120	50	550	2.5	3	70
Cantitatea totală de material				m _t		15000	g	
Cantitatea totală de material peste D _{max}				m _s		1160	g	
				$r = \frac{m_s}{m_t}$		0,077		
Densitatea scheletului pământului				ρ _s		2,65	g/cm ³	
Caracteristica	Notația	Unitatea de măsură	Numărul încercărilor					
			1	2	3	4	5	6
Masa cilindrului și a materialului	m ₁	g	9420	9694	9785	9993	9736	9512
Masa cilindrului gol	m ₂	g	4980	4980	4980	4980	4980	4980
Masa materialului	m _M	g	4440	4714	4805	5013	4756	4532
Volumul materialului	V	cm ³	2120	2120	2120	2120	2120	2120
Densitatea în stare umedă	$\rho = \frac{m_M}{V}$	g/cm ³	2,094	2,223	2,266	2,365	2,243	2,138
Umiditatea medie	W	%	2,35	3,36	4,28	4,86	5,45	6,05
Densitatea în stare uscată	$\rho_d = \frac{\rho}{1 + \frac{W}{100}}$	g/cm ³	2,046	2,151	2,173	2,255	2,127	2,018
Umiditatea corectată		%	2,17	3,10	3,95	4,48	5,03	5,58
Densitatea în stare uscată corectată		g/cm ³	2,082	2,182	2,203	2,281	2,160	2,055

Toate măsurătorile și cântăririle se trec într-un formular, menționat în Anexa A la STAS-ul 1913/13-83. Valorile umidității și ale densității în stare uscată se trec într-o diagramă, pentru fiecare probă de compactare. Punctele se unesc printr-o curbă (I) denumită curba Proctor, $\rho_d = f(w)$ de variație a densității în stare uscată în funcție de umiditatea de compactare. Curba Proctor este caracterizată prin trei puncte de inflexiune, dintre care două sunt puncte de maxim, iar unul de minim. Abscisa punctului de minim reprezintă umiditatea critică de compactare (W_{cr}), care împarte intervalul de umiditate în domeniul uscat ($W < W_{cr}$) și în domeniul umed ($W > W_{cr}$). Abscisa și ordonata punctului de maxim în domeniul umed reprezintă umiditatea optimă (W_{opt}) și, respectiv densitatea în stare uscată maximă (ρ_{dmax}) a materialului pentru tipul respectiv de încercare. Abscisa și ordonata punctului demaxmîn domeniul uscat reprezintă umiditatea optimă (W_{opt} uscat) și, respectiv densitatea în stare uscată maximă (ρ_{dmax} uscat) a materialului.

3.3.6. Plasticitatea

În ceea ce priveşte probele recoltate din cele 15 puncte de sondaj, acestea au fost tratate ca „pământuri” și supuse analizelor de laborator. Astfel, au fost determinate caracteristici referitoare la: limitele de plasticitate, umiditatea probei, coeficientul de neuniformitate, granulozitatea (natura terenului) și conținutul de materii organice. Procedura se aplică pământurilor alcătuite din particule cu dimensiuni sub 2 mm care conțin materii organice de până la 5% din masa lor, în stare uscată.

3.4. Determinarea stărilor de deformații a structurilor rutiere prin utilizarea metodei elementului finit

În cazul de față, pentru analiza structurilor rutiere prin intermediul metodei elementului finit s-a utilizat programul Abaqus CAE (www.3ds.com), program de simulare pentru ingineri, conceput în anul 1978, realizat pentru optimizarea proceselor de dezvoltare, reducere a timpului și a costurilor necesare pentru producție și cercetare. Cu ajutorul lui se pot face analize cu elemente finite pentru a simula răspunsul unui sistem fizic complex solicitat mecanic, termic sau electromagnetic.

Prin utilizarea metodei elementului finit s-a urmărit realizarea unui studiu comparativ pentru trei structuri rutiere, cu configurațiile din tabelul 3.7 (structură rutieră de tip I), tabelul 3.8 (structură rutieră de tip II) și tabelul 3.9 (structură rutieră de tip III), acestea fiind reglementate ca structuri rutiere tip în baza normativului privind proiectarea drumurilor forestiere (***) (2011a). Cele trei tipuri de structuri rutiere au fost selectate cu scopul asigurării portanței necesare condițiilor actuale de trafic, dar care să țină cont și de condițiile locale de punere în operă (materiale pietroase locale, balastiere și cariere de piatră în proximitate).

Obiectivele urmărite prin aplicarea acestei metode au constat în:

- determinarea stărilor de deformații ale drumului forestier în timpul exploatării, atunci când forța dată de încărcarea autovehiculelor solicită calea de rulare;
- determinarea stărilor de deformații remanente ale drumului, în vederea stabilirii condițiilor ce duc la formarea fâgașelor pe drumurile forestiere.

Tabelul 3.7. Structură rutieră de tip I

Nr. crt.	Stratul de material	Grosimea stratului [mm]		
		Tip I.1	Tip I.2	Tip I.3
1.	Piatră spartă amestec optimal	120		
2.	Piatră spartă sort 63/90	150		
3.	Balast amestec optimal	100		
4.	Pietruire existentă (balast)	200	300	400
5.	Patul drumului			

Tabelul 3.8. Structură rutieră de tip II

Nr. crt.	Stratul de material	Grosimea stratului [mm]		
		Tip II.1	Tip II.2	Tip II.3
1.	Piatră spartă amestec optimal	120		
2.	Blocaj din piatră brută	150		
3.	Pietruire existentă (balast)	200	300	400
4.	Patul drumului			

Tabelul 3.9. Structură rutieră de tip III

Nr. crt.	Stratul de material	Grosimea stratului [mm]		
		Tip III.1	Tip III.2	Tip III.3
1.	Piatră spartă amestec optimal	100		
2.	Blocaj din piatră brută	250		
3.	Pietruire existentă (balast)	200	300	400
4.	Patul drumului			

Metoda elementului finit s-a utilizat pentru a determina stărilor de deplasări și deformații remanente ale corpurilor sub acțiunea sarcinilor exterioare. Pentru simularea fenomenului de deformare a drumului, folosind metoda elementului finit, s-a modelat o porțiune de drum cu dimensiunile de 5×2×2 [m] (figura 3.20).

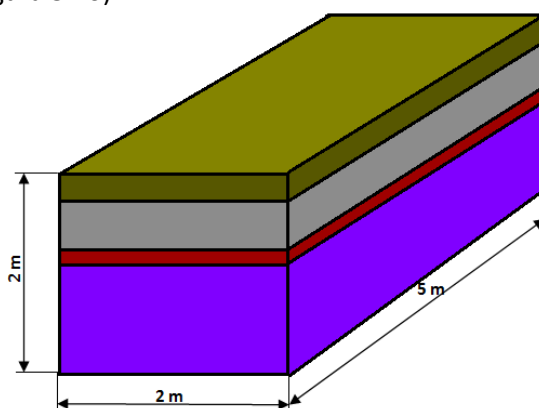


Figura 3.20. Dimensiunile geometrice [m] ale zonei de drum considerate

Calculul comparativ se face în domeniul linear static, adică nu depinde de variația sarcinii în timp, proprietățile mecanice ale materialelor din structura drumului forestier, pentru cele trei tipuri, fiind prezentate în tabelele 3.10 ... 3.12.

Tabelul 3.10 Proprietățile mecanice ale materialelor din structura rutieră de tip I

Nr. crt.	Stratul de material	Modulul de elasticitate [MPa]			Modul de contracție transversal
		Tip I.1	Tip I.2	Tip I.3	
1.	Piatră spartă amestec optimal	500			0,27
2.	Piatră spartă sort 63/90	400			
3.	Balast amestec optimal	300			
4.	Pietruire existentă (balast)	152	182	208	0,42
5.	Patul drumului	70			

Tabelul 3.11. Proprietățile mecanice ale materialelor din structura rutieră de tip II

Nr. crt.	Stratul de material	Modulul de elasticitate [MPa]			Modul de contracție transversal
		Tip II.1	Tip II.2	Tip II.3	
1.	Piatră spartă amestec optimal	500			0,27
2.	Blocaj din piatră brută	300			
3.	Pietruire existentă (balast)	152	182	208	
4.	Patul drumului	70			0,42

Tabelul 3.12. Proprietățile mecanice ale materialelor din structura rutieră de tip III

Nr. crt.	Stratul de material	Modulul de elasticitate [MPa]			Modul de contracție transversal
		Tip III.1	Tip III.2	Tip III.3	
1.	Piatră spartă amestec optimal	300			0,27
2.	Blocaj din piatră brută	300			
3.	Pietruire existentă (balast)	152	182	208	0,42
4.	Patul drumului	70			

În figurile 3.21 a și b sunt prezentate modelele discretizate cu elemente finite pentru cele trei structuri de drum, cu cinci și patru straturi, folosind programul de calcul tehnic Abaqus CAE.

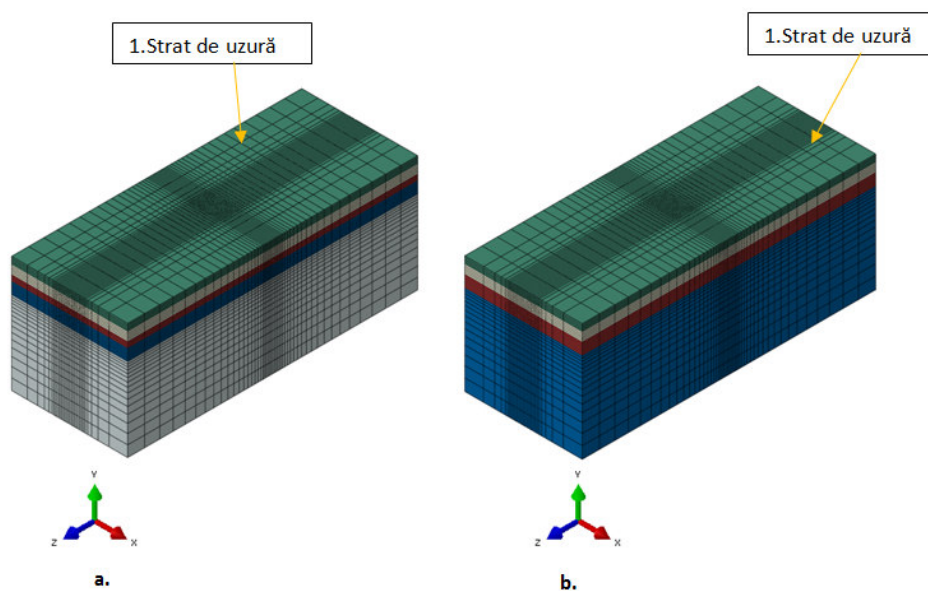


Figura 3.21. Modelul cu elemente finite de tip hexaedru:

a. – pentru structura rutieă de tip I; b. – pentru structurile rutiere de tip II și III

Pentru studiul comparativ s-au considerat 3 sarcini utile diferite pentru autoplatforma forestieră ATF 25, distribuite pe punțile mașinii, respectiv de 25, 34 și 45 tone (tabelul 3.13).

Tabelul 3.13. Distribuția sarcinii pe fiecare ax al autoplatfomei forestiere ATF 25

Sarcina utilă pe autoplatformă [tone]	Sarcina pe axa față [tone]	Sarcina pe puntea spate autotractor [tone]	Sarcina pe puntea semiremorcă [tone]
25	3,750	10,000	11,250
35	5,25	14	15,75
45	6,75	18	20,25

Sarcina totală suportată de fiecare punte, este distribuită pe fiecare roată astfel încât să se obțină deformația structurii drumului, ce intră în contact cu fiecare roată la un moment dat. Astfel, se

poate estima ce deformație remanentă apare în structura drumului, după trecerea autoplatformei forestiere cu o sarcină utilă dată.

Zona de contact dintre roată și drum este calculată pe baza mărimii anvelopei și a presiunii din roată, determinându-se astfel o suprafață de contact echivalentă. Pe această suprafață de contact echivalentă s-a aplicat forța corespunzătoare a fiecărei roți după axul față, respectiv spate. În figura 3.22 sunt arătate suprafețele de contact echivalente dintre roata autoplatformei forestiere și drum, corespunzătoare unei roți din față, respectiv unei roți din spate.

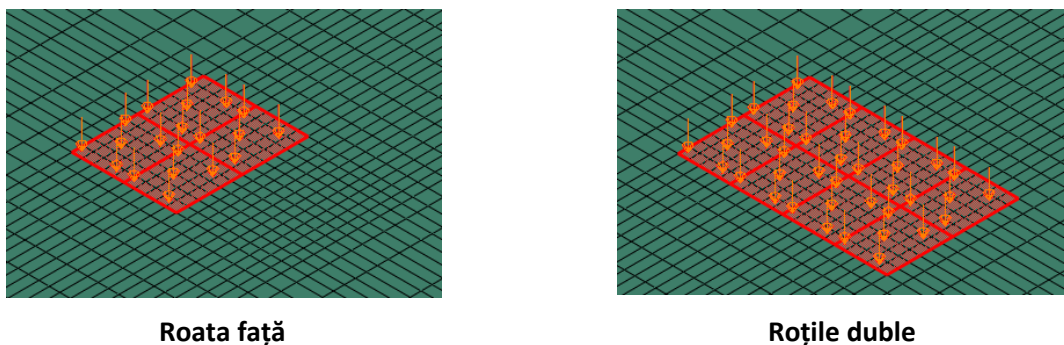


Figura 3.22. Suprafața de aplicare a forțelor

În figura 3.23 este prezentată grafic variația forțelor pe fiecare roată, unde se poate observa valoarea forțelor pe roata din față și pe roțile din spate. În figura 3.24 sunt descrise punțile și axele mașinii studiate.

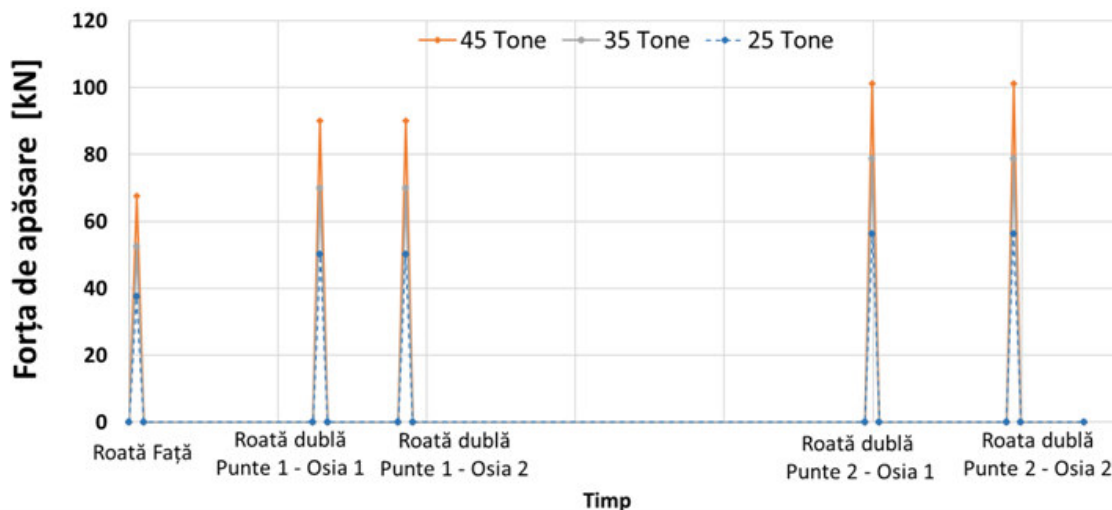


Figura 3.23. Distribuția forțelor pe fiecare roată la ATF 25

Deplasările sunt calculate pentru o încărcare totală de 25, 35 și, respectiv 45 de tone, distribuită pe toată autoplatforma, în calcul considerându-se jumătate din aceasta, din cauza simetriei constructive a autoplatformei forestiere. Forța s-a distribuit pe fiecare roată în raport cu încărcarea maximă de 40 tone, care este cunoscută.

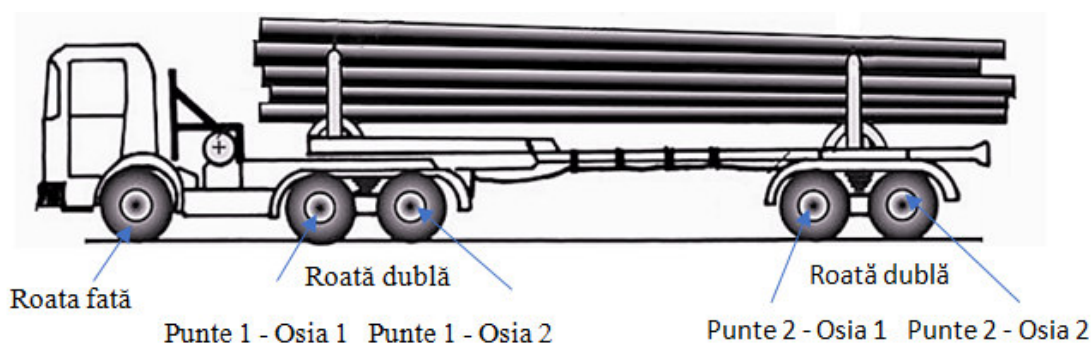


Figura 3.24. Punțile autoplatformei ATF 25

(prelucrat după: <https://xdocs.pl/doc/pages-from-exploatare-modulul-4-d8m1v71jex8p>)

Pentru analiza cu elemente finite, structura de drum considerată se fixează după toate direcțiile în baza stratului de terasament, iar forța de încărcare se aplică pe suprafața de contact echivalentă dintre roată și stratul de uzură, ca în figura 3.25.

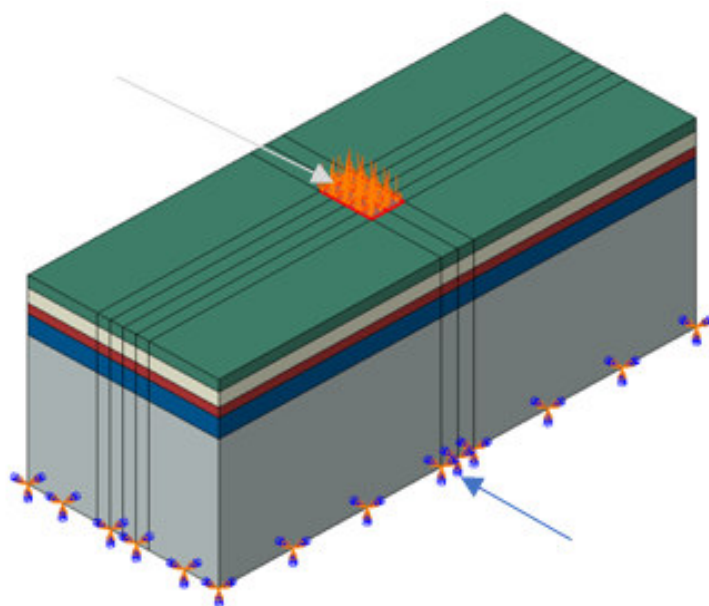


Figura 3.25. Aplicarea forței de încărcare pe suprafața de contact echivalentă dintre roată și drum

Folosind metoda elementului finit s-a urmărit cu cât se deformează structura drumului pe direcția de apăsare a forței, pentru tipurile de structuri analizate. Pentru rezultate se ține seama de rezultatele obținute pentru fiecare roată în parte, corespunzătoare fiecărei osii. În figura 4.26 se observă distribuția deplasării drumului (a stratului de uzură), după trecerea roților din față (o singură roată - figura 4.26 - b.) și după trecerea tuturor roților (roata față și roți duble spate - figura 4.26 - c.), pe direcția de apăsare a sarcinii pe drum. Deplasările remanente obținute după trecerea tuturor roților sunt indicate în figura 4.27. Rezultatele prezentate corespund unei singure treceri a mașinii, cu o viteză de 25 km/h.

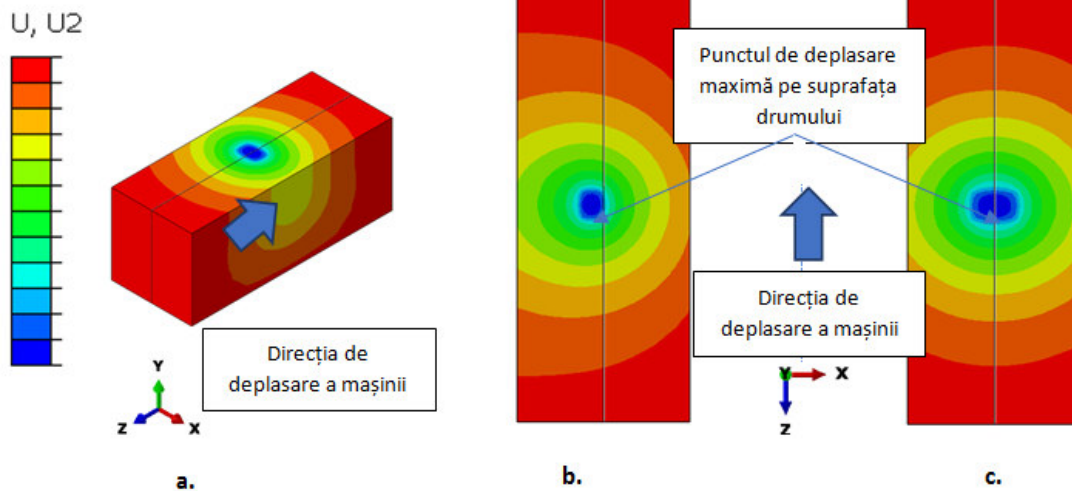


Figura 4.26. Distribuția deplasărilor – vedere generală: a. – vedere izometrică a drumului; b. – distribuția deplasărilor după trecerea roților din față; c. – distribuția deplasărilor după trecerea tuturor roților

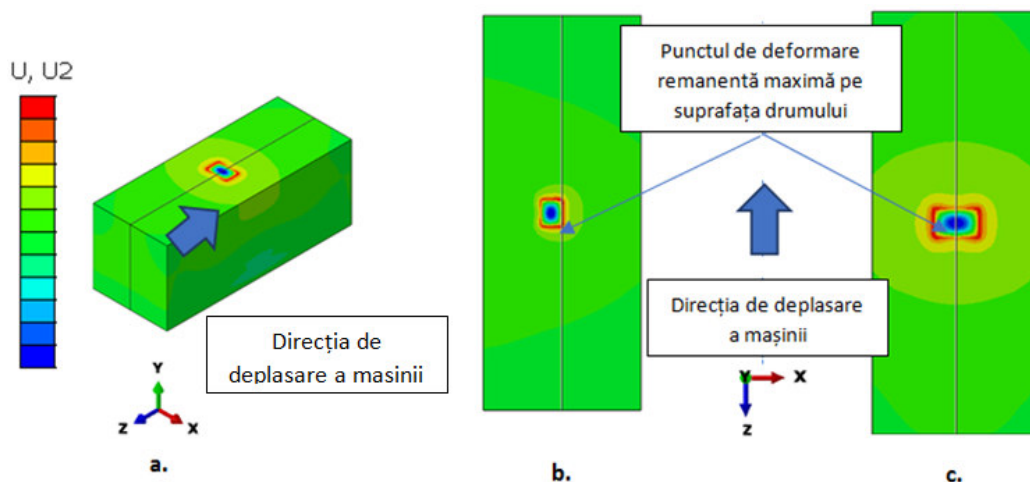


Figura 4.27. Distribuția deplasărilor remanente – vedere generală: a. – vedere izometrică a drumului; b. – distribuția deplasărilor după trecerea roților din față; c. – distribuția deplasărilor după trecerea tuturor roților

În momentul trecerii mașinii pe drum, structura acestuia se deformează, producând tasarea drumului. După trecerea fiecărei roți apare relaxarea structurii rutiere care se propagă până în patul drumului, însă fiecare strat din structură rămâne cu o deformare remanentă. Acest lucru se poate observa în figura 4.28. Vectorii deplasărilor remanente au o direcție pozitivă la exteriorul suprafeței apăsate, dar în zona de apăsare vectorii au o direcție negativă ceea ce indică tasarea drumului. Acest tip de deformare, rămas după trecerea autoplatforme forestiere, poate duce la formarea de făgașe.

Distribuția spectrului de culori al deplasărilor totale, cât și a celor remanente este identică pentru toate structurile rutiere studiate, diferența între ele fiind valoarea numerică a deplasărilor.

Pentru încercări s-au considerat trei tipuri de structuri rutiere, pentru fiecare tip fiind abordate lucrurile diferite în funcție de alte trei variante de grosimi, ceea ce a condus la obținerea a nouă modele de încercări. Diferențele dintre cele trei variante ale fiecărei structuri sunt date de grosimea stratului de balast existent pe patul drumului. Cele nouă modele au fost supuse încercărilor prin metoda

elementului finit, considerând că autoplatforma ATF 25 are sarcina utilă de 25, 35 și, respectiv 45 tone, rezultând, în final, 27 de modele încercate.

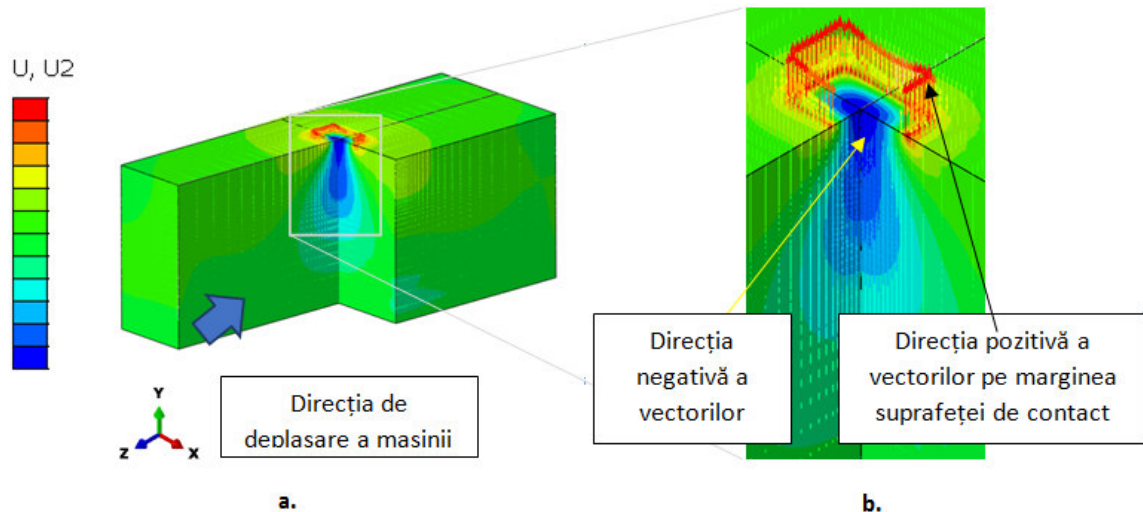


Figura 4.28. Secțiune în adâncimea drumului – Distribuția vectorială a deplasărilor remanente; a. – vedere isometrică a drumului; b. – distribuția deplasărilor remanente după trecerea tuturor roților

Cele trei tipuri de structuri analizate, cu câte trei variante constructive pentru fiecare tip, au generat în total nouă modele de calcul. Fiecare model a fost studiat în trei situații de încărcare pe autovehicul, respectiv pentru 25 de tone încărcătură, 35 de tone și 45 de tone, rezultând în final 27 de modele de calcul.

Pentru fiecare model s-a determinat:

- deplasarea maximă pe suprafața drumului, după trecerea fiecărei roți;
- deplasarea în adâncime a structurii rutiere, după trecerea autovehiculului;
- deformația remanentă pe suprafața drumului după trecerea autoplatformei;
- deformația remanentă în adâncime a structurii drumului, după trecerea autovehiculului.

Pentru a evidenția diferențele dintre cele 27 de modele s-a realizat un studiu comparativ pentru deplasările maxime și deformațiile remanente obținute pe suprafața de contact dintre drum și roată. În studiul comparativ s-a urmărit:

- starea de deformare a drumului în timpul traficului, atunci când forța dată de încărcarea maximă a autovehiculelor soliciată calea de rulare;
- starea de deformare remanentă, atunci când autovehiculul a părăsit calea de rulare.

Pentru atingerea unui obiectiv fixat s-a determinat variația deformațiilor apărute pe drumul forestier Ciobănuș, prin utilizarea unor programe de calcul bazate pe metoda elementului finit.

Astfel, în aceleași ipoteze de calcul ca cele descrise la calculul și verificarea pentru ATF 25, se vor determina în cele ce urmează traficul de calcul (N_c), deformația specifică verticală de compresiune la nivelul patului (ϵ_z), deformația specifică maxim admisibilă (ϵ_{adm}), precum și traficul maxim suportat.

Cele trei structuri rutiere tip au fost verificate și dimensionate și în ipoteza desfășurării traficului cu vehicule speciale (cele incluse în categoria N și/sau O, utilizate pentru transportul de mărfuri sau care îndeplinesc o funcție specială care necesită modificarea caroseriei și/sau echipamente speciale, așa cum sunt acestea definite în Directiva 2007/46/CE). Astfel, s-au calculat coeficienții de echivalare a

vehiculelor speciale în osii standard de 115kN pe baza agresivității asupra structurii rutiere, așa cum se reglementează în normativul AND 582-2002 (** 2002a) – Anexa 3.

3.5. Dimensionarea sistemelor rutiere în condițiile actuale de trafic

Dimensionarea unor structuri rutiere noi, care să corespundă necesităților actuale de trafic, s-a realizat în baza normativului privind proiectarea drumurilor forestiere (** 2011a) prin alegerea unor structuri rutiere tip. Astfel, s-au selectat trei tipuri de sisteme rutiere, care să asigure portanța necesară condițiilor actuale de trafic (drum forestier principal), dar care să țină cont și de condițiile locale de punere în operă (materiale locale pietroase, balastiere și cariere de piatră în proximitate), urmărindu-se atingerea unor parametri tehnici corespunzători, dar la costuri optime. Astfel, s-a decis adoptarea următoarelor structuri rutiere tip (figura 3.29):

- *structura rutieră de tip I:* piatră spartă amestec optimal (12 cm), piatră spartă sortul 63/90 mm (15 cm) și balast optimal (10 cm);
- *structura rutieră de tip II:* piatră spartă amestec optimal (12 cm) și blocă piatră brută (15cm);
- *structura rutieră de tip III:* ballast amestec optimal (10 cm) și blocaj piatră brută (25 cm).

<i>Piatră spartă poligranulară 0..70 mm</i>	h=8..12 cm	<i>Piatră spartă poligranulară 0..70 mm</i>	h=8..12 cm	<i>Balast de impanare</i>	h=10 cm
<i>Piatră spartă poligranulară 0..90 mm</i>	h=10..15 cm	<i>Piatră brută 0/150..0/200</i>	h=10..25 cm	<i>Piatră brută 0/150..0/200</i>	h=25 cm
<i>balast</i>	h=10 cm			<i>pietruire existentă (balast)</i>	h=10..40 cm

Figura 3.29. Structurile rutiere tip adoptate

Verificarea și calculul structurilor rutiere s-a făcut conform prevederilor normativului A.N.D.582-2002 și constau în îndeplinirea condiției legate de *deformația specific vertical admisibilă la nivelul patului căii*, care trebuie să fie mai mică decât valoarea admisibilă, stabilită în funcție de traficul de calcul.

Pentru calculul stării de tensiuni și deplasări din structura rutieră a fost folosit programul Calderom 2000, destinat structurilor suple și semi-rigide. Algoritmii de calcul ai programului se bazează pe teoria mediilor stratificate (Burmister), prin care structura rutieră este definită prin grosimea straturilor și caracteristicile elastice ale materialelor (modulul de elasticitate dinamică și coeficientul lui Poisson). Ipotezele de calcul ale programului consideră că între straturile rutiere se înregistrează o aderență perfectă, iar materialele din structura rutieră au comportare elastică, omogenă, liniar deformabilă și izotropă.

În calculul pentru dimensionarea și verificarea celor trei structuri rutiere s-au luat următoarele ipoteze de lucru: traficul de calcul 0,13 m.o.s., tipul climateric I Bacău, regimul hidrologic 2b, tipul pământului de fundare P5 (argilă).

Cele trei structuri rutiere tip au fost verificate și dimensionate și în ipoteza desfășurării traficului cu vehicule speciale (cele incluse în categoria *N* și/sau *O* utilizate pentru transportul de mărfuri sau care

îndeplinesc o funcție specială care necesită modificarea caroseriei și/sau echipamente speciale, așa cum sunt definite în Directiva 2007/46/CE).

3.6. Analiza financiară și economică aferentă lucrărilor de reabilitare/modernizare suprastructură drum forestier Ciobănuș

S-au comparat cele trei soluții tehnice adoptate (trei structuri rutiere tip), obiectivul fiind unul singur, respectiv modernizarea drumului forestier Ciobănuș în vederea asigurării capacității portante necesare condițiilor actuale de trafic. Analiza cost-eficacitate este un instrument care poate ajuta la utilizarea eficientă a fondurilor de investiții, fiind mai ieftină și mai ușor de aplicat. Ținând cont de efectele sociale, economice și de mediu generate de proiectele de reabilitare a drumurilor forestiere, unde nu se poate determina o rentabilitate economică, aplicarea analizei cost-eficacitate este utilă pentru a optimiza soluțiile tehnice adoptate.

În cazul studiat, orizontul de timp este identic cu perioada de referință utilizată în analiza economică, și anume 30 de ani. Actualizarea și rata de actualizare urmăresc ca veniturile și costurile din ani diferiți să poată fi comparate, prin actualizarea lor cu o cotă procentuală care să acopere devalorizarea monetară. Pentru analiza cost-eficacitate s-a considerat o rată de actualizare standard de 5%.

Analiza financiară presupune determinarea următorilor indicatori:

- venitul actualizat net (VANF/C);
- rata internă de rentabilitate (RIRF/C);
- raportul beneficii actualizate/costuri actualizate (B/C).

Valoarea netă actualizată financiară (VNAF) reprezintă valoarea care rezultă scăzând valoarea actualizată a costurilor previzionate ale unui proiect de investiții din valoarea estimată a veniturilor.

Rata internă de rentabilitate financiară reprezintă rata de actualizare la care un flux de costuri și beneficii (exprimate în termeni monetari) are valoare actualizată zero. Aceasta se compară cu rata de actualizare a proiectului, în vederea evaluării performanței acestuia.

Raportul beneficiu/cost (B/C) evidențiază măsura în care beneficiile proiectului acoperă costurile acestuia. În condițiile în care acest raport este subunitar, proiectul de investiții nu generează suficient venit și se impune finanțarea acestuia din alte surse.

Valorile rezultate pentru cheltuielile de C+M (construcții-montaj) s-au fundamentat pe bază de antemăsurători, în care au fost evaluate fizic toate operațiunile necesare punerii în operă a lucrărilor propuse, luând în calcul distanțele reale de transport (de la prestatorii de servicii – utilaje) și furnizorii de materiale de balastieră (piatră spartă, balast etc.) la amplasamentul lucrării, baza de prețuri utilizată fiind cea aferentă anului 2020. De asemenea, lucrările de întreținere au fost evaluate în două ipoteze, respectiv cea în care nu se realizează lucrări de reabilitare a suprastructurii drumului forestier, unde cantitățile de lucrări au fost determinate fizic pe teren, dar și în ipoteza în care suprastructura drumului este reabilitată, unde volumele de lucrări sunt semnificativ mai mici.

4. Rezultatele cercetării

4.1. Urmărirea comportării în timp prin vizualizare directă

Principalele degradări constatate au constat în gropi și făgașe, acestea apărând în mod constant, chiar dacă în ponderi diferite, în toate tronsoanele, dar și pe toată lungimea drumului. După cum rezultă din tabelul 4.1, procentul total al degradărilor, însumat pentru toate tronsoanele, a fost de 38,11%, rezultând o degradare accentuată a suprastructurii drumului forestier Ciobănuș, petrecută într-o perioadă scurtă de timp.

Tabelul 4.1. Degradările înregistrate pe cele 15 tronsoane (16 octombrie 2018 – 28 martie 2019)

Numărul sondajului	Procentul de degradări [%]	Suprafața sondajului [m ²]	Tipul degradării	
			Gropi [m ²]	Făgașe [m ²]
1	2,66	87,50	2,33	0,0
2	0,00	87,50	0,00	0,0
3	15,09	87,50	0,00	13,2
4	48,57	87,50	0,00	42,5
5	20,17	87,50	2,65	15,0
6	27,92	87,50	9,03	15,4
7	66,74	87,50	10,4	48,0
8	51,43	87,50	0,00	45,0
9	18,63	75,00	13,97	0,0
10	84,67	75,00	6,00	57,5
11	56,67	75,00	0,00	42,5
12	54,57	75,00	2,63	38,3
13	54,29	87,50	0,00	47,5
14	24,46	87,50	1,00	20,4
15	55,98	87,50	20,78	28,2
TOTAL	38,20	1,262,050	68,79	413,50

În urma culegerii de date din luna martie 2019 (aferele perioadei octombrie 2018 – martie 2019), în suprafețele de eșantionaj au rezultat procente de degradare a suprastructurii drumului forestier Ciobănuș cuprinse între 0% (sondajul nr. 2) și 84,67% (sondajul nr. 10), procentul mediu de degradare al suprastructurii fiind de 38,20%. Totodată, numărul de degradări constatate în sondaje variază de la 0 la 11 degradări, numărul mediu de degradări fiind de 3,9/sondaj, echivalent a 157 degradări per kilometru.

Cauzele care au condus la acest procent ridicat de degradări au fost atât de natură endogenă (suprastructura cu dimensiuni insuficiente, granulometrie neconformă, contaminare cu material aluvionar), dar și de natură externă, respectiv gradul de umbrire, sursele externe de apă, fenomenele de îngheț-dezghet, dar, în primul rând, traficul, care acționează ca principal element generator de degradări în suprastructura drumului forestier. Astfel, dacă se face o analiză a traficului pe drumul forestier Ciobănuș în intervalul 16 octombrie 2018 – 28 martie 2019 se constată efectuarea unui număr de 545 curse semnificative (cu sarcina utilă mai mare de 1,5 tone), cu un volum total de masă lemnoasă transportat de 18.505m³, tonajul total tranzitat fiind de 23.504 tone (tabelul 4.2). Volumul mediu transportat pe fiecare cursă a fost de 34 m³, iar tonajul mediu de 43 tone/cursă.

Tabelul 4.2. Componenta traficului în intervalul 15 octombrie 2018 – 28 martie 2019

Luna	Numărul de curse	Volumul [m ³]		Tonaj transportat [tone]	Tonaj total [tone]
		Răşinoase	Foioase		
ianuarie 2019	73	1892	742	2256	3232
februarie 2019	108	2852	972	3254	4756
martie 2019	120	2948	1082	3441	5113
octombrie 2018	79	1373	1098	2196	3302
noiembrie 2018	105	2533	1165	3192	4706
decembrie 2018	60	1280	565	1589	2394
TOTAL	545	12879	5626	15929	23504

Pentru intervalul 29 martie 2019 – 3 iunie 2019, s-a realizat o nouă parcurgere a tronsoanelor, în mare parte constatându-se o accentuare a degradărilor existente, dar cu o agresivitate mai mică. La a doua culegere de date, procentul mediu de degradare a crescut de la 38,20% la 47,73%, procentul degradărilor fiind cuprins în intervalul 8,57% (sondajul nr. 2) și 94,73% (sondajul nr. 10). Numărul mediu al degradărilor este de 5,67/sondaj, ceea ce corespunde unui număr de 227 degradări/kilometru. Adâncimea medie constatată a degradărilor este de 10 mm, aceasta fiind cuprinse între 30 mm și 5 mm.

Astfel, de la inventarierea din 29 martie 2019 până la cea din 3 iunie 2019 s-a constatat o creștere a degradărilor în suprastructura drumului forestier Ciobănuș cu 10%, respectiv de la 38% suprafața degradată la 49% (tabelul 4.3).

Tabelul 4.3 Degradările înregistrate pe cele 15 tronsoane (29 martie – 3 iunie 2019)

Numărul sondaj	Procentul de degradări [%]	Suprafața sondajului [m ²]	Tipul degradării	
			Gropi [m ²]	Făgașe [m ²]
1	8,89	87,50	7,78	0,00
2	8,57	87,50	7,50	0,00
3	19,66	87,50	0,00	17,20
4	51,43	87,50	0,00	45,00
5	21,78	87,50	4,90	14,16
6	29,71	87,50	10,60	15,40
7	80,46	87,50	10,40	60,00
8	51,43	87,50	0,00	45,00
9	46,69	75,00	35,02	0,00
10	94,73	75,00	6,00	65,05
11	76,53	75,00	11,00	46,40
12	67,11	75,00	5,03	45,30
13	74,34	87,50	11,55	53,50
14	28,72	87,50	4,73	20,40
15	69,37	87,50	32,50	28,20
TOTAL	47,73	1262,50	147,01	455,61

În intervalul martie – iunie 2019, pe drumul forestier Ciobănuș au tranzitat un număr de 158 curse prin care s-a transportat un volum de 5232 m³ material lemnos (tabelul 4.4), volumul mediu al unei curse fiind de 33 m³, iar tonajul de 41 tone/cursă.

Având în vedere constatările menționate, se poate determina starea tehnică a drumului forestier Ciobănuș, ținând seama de criteriile enunțate în Normativul pentru intretinerea drumurilor

forestiere (** 2011a). Astfel, coroborând rezultatele obținute în urma urmăririi vizuale a comportării în timp cu prevederile criteriilor de evaluare a stării tehnice a drumurilor forestiere, au rezultat datele din tabelul 4.5.

Tabelul 4.4. Numărul de curse transportate în intervalul analizat

Luna	Numărul de curse în ...		Volumul [m ³]		Tonaj transportat [tone]	Tonaj total [tone]
	gol	plin	Răşinoase	Foioase		
martie	11	11	307	129	374	528
aprilie	78	78	1851	724	2204	3217
mai	65	65	1773	210	1628	2458
iunie	4	4	172	68	206	300
TOTAL	158	158	4102	1130	4412	6503

Tabelul 4.5. Evaluarea tehnică a drumului forestier Ciobănuş

Nr. crt.	Parametri de evaluare a stării tehnice a drumurilor forestiere	U.M.	Calificative de stare tehnică			Valori obținute
			bună	satisfăcătoare	rea	
A. PORTANȚA STRUCTURII RUTIERE						
1.	Coeficientul de portanță (rezistență) a drumului	%	peste 85	70..85	sub 70	90
2.	Stadiul uzurii stratului de îmbrăcăminte (coeficientul de uzură)	%	sub 20	20...35	peste 35	48
3.	Deformații elastic medii	mm	2..2,25	2,5...3,0	peste 3,0	10
B. UNIFORMITATEA SUPRAFEȚEI DE RULARE						
4.	Frecvența și mărimea degradărilor: a) numărul degradărilor pe kilometru: b) adâncimea deteriorărilor: - medie - maximă	nr.	sub 100	100-160	peste 160	227
		cm	2	3	4	10
		cm	4	6	8	30
5.	Suprafața însumată a deteriorărilor: - totală (pe kilometru) - proporția suprafeței deteriorate	m ²	sub 75	75-225	peste 225	1483
		%	sub 2,5	2,5-7,5	peste 7,5	49

Aplicând criteriile pentru evaluarea stării tehnice a drumurilor, a rezultat că drumul forestier Ciobănuş prezintă o stare tehnică corespunzătoare, normativul pentru întreținerea drumurilor forestiere (** 2015a) recomandând, în acest caz, **reabilitarea drumului forestier**.

4.2. Urmărirea comportării în timp. Determinarea caracteristicilor de compactare

Cu datele obținute pentru cele 15 sondaje (Anexele 5 și 6), s-au întocmit diagrame Proctor (figurile 4.1 și 4.2) unde, pe curba Proctor, s-a materializat umiditatea optimă de compactare (W_{opt}) pentru care proba realizează densitatea maximă în stare uscată (δ_{dmax}).

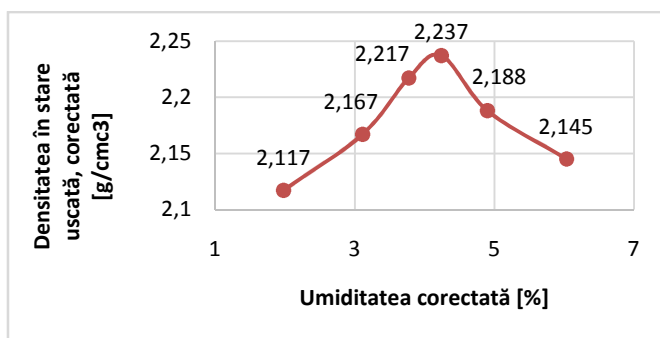


Figura 4.1. Diagrama Proctor pentru materialul recoltat din sondajul 3

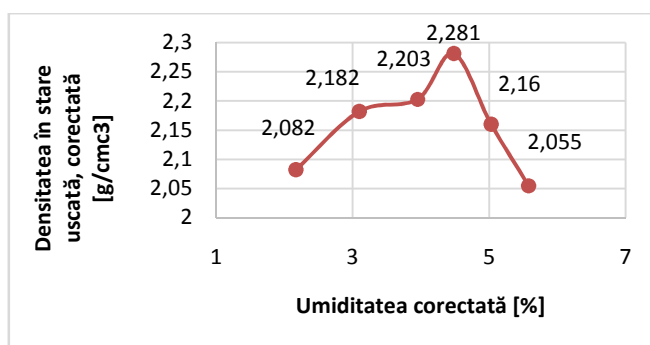


Figura 4.2. Diagrama Proctor pentru materialul recoltat din sondajul 8

Datele obținute în urma analizei celor 15 eşantioane sunt detaliate în tabelul 4.6. Datele obținute pentru cele 15 sondaje în ceea ce privește umiditatea corectată, densitatea optimă în stare uscată și densitatea în stare uscată, pot conduce la determinarea gradului de compactare efectiv. De asemenea, gradul de compactare rezultat anterior poate fi corelat/comparat cu gradul de compactare rezultat în urma determinărilor cu placa dinamică Zorn ZSG 0.20 (tabelul 4.7).

Tabelul 4.6. Centralizarea datelor obținute pentru cele 15 tronsoane experimentale

Numărul sondajului	Densitatea în stare uscată [g/cm ³]	Umiditatea optimă corectată [%]	Densitatea optimă în stare uscată [g/cm ³]	Gradul de compactare [%]
1	2,240	4,25	2,262	99
2	2,203	4,21	2,227	99
3	2,216	4,24	2,237	99
4	2,266	4,42	2,287	99
5	2,233	3,95	2,246	99
6	1,797	15,77	1,862	97
7	2,233	3,95	2,246	99
8	2,255	4,48	2,281	99
9	1,731	16,5	1,731	100
10	2,275	4,69	2,293	99
11	2,255	4,45	2,285	99
12	2,240	4,46	2,264	99
13	2,252	4,56	2,274	99
14	2,247	4,45	2,277	99
15	2,287	4,51	2,313	99

Tabelul 4.7. Gradul de compactare determinat în laborator și pe teren (placa Zorn SZG 0.20)

Numărul sondajului	Gradul de compactare determinat în laborator [%]	Gradul de compactare minim determinat pe teren [%]
1	99	99
2	99	98
3	99	98
4	99	98
5	99	98
6	97	99
7	99	98
8	99	98
9	100	99
10	99	98
11	99	98
12	99	98
13	99	99
14	99	99
15	99	98

După cum reiese și din tabelul 4.7, valorile gradului de compactare determinat prin cele două metode (încercarea Proctor normal – în laborator și încercarea cu placa dinamică Zorn – pe teren) au valori sensibil egale, avantajul determinărilor cu placa dinamică fiind evident furnizarea imediată a datelor.

4.3. Determinarea tipului de suprastructură prin metode nedistructive

4.3.1. Încercarea de penetrare dinamică

În urma determinărilor realizate cu penetrometrul Pagani DPM20-30 în cele 6 puncte de sondaj a rezultat următoarea succesiune de straturi (tabelul 4.8):

- suprastructura din balast, pietriș, bolovăniș mic, nisipuri și luturi argiloase;
- argilă prăfoasă cu pietriș;
- pietriș și bolovăniș.

Stratificația litologică rezultată în cele 6 sondaje (tabelul 4.8) este detaliată în tabelul 4.9, unde termenii au următoarele semnificații:

- $NPDM$ – numărul mediu de lovituri pe vârf, pentru adâncimea corespunzătoare a stratului, pentru o penetrare de 10 cm;
- R_d – rezistența la penetrare dinamică (rezistența opusă de teren la înaintarea conului de penetrare sub acțiunea lucrului mecanic constant realizat prin căderea berbecului);
- procent particule minerale (Clay Fraction) – proporția de particule minerale cu diametrul cuprins între 0 și 2 micrometri;
- N_{spt} - numărul de lovituri pentru o penetrare pe 300 mm la încercarea de penetrare standard;
- coeficientul de corelație cu N_{spt} – coeficient de corelație cu încercarea standard (raportul energiilor transmise, respectiv raportul între energia specifică pentru lovitură și energia la care se referă încercarea SPT).

Tabelul 4.8. Rezultatele de laborator pentru determinarea tipului de suprastructură

Analize	Încercare	Încercarea 1		Încercarea 2		
		Strat 1	Strat 2	Strat 1	Strat 2	Strat 3
Adâncime strat[m]		0,4	2,0	0,2	2,3	2,5
NPDM		95,50	5,69	13,50	9,81	1145
R_d [kg/cm ²]		318,92	18,24	45,08	31,36	345,23
Tip material		Necoeziv	Coeziv	Coeziv	Coeziv	Necoeziv
Procent particule minerale [%]		0	0	0	0	0
Greutate volumică [t/m ³]		2,5	1,86	1,97	1,88	2,5
Greutate volumică saturată [t/m ³]		2,3	1,9	2,17	1,9	2,23
Tensiune efectivă [kg/cm ²]		0,05	0,25	0,02	0,24	0,4
Coeficient de corelație cu N_{spt}		1,28	1,24	0,75	0,76	0,77
N_{spt}		122,25	7,07	10,17	7,47	87,82
Descrierea stratului determinat		umplutură de balast	argile prafoase	umplutură de balast	argile prafoase cu pietriș	pietriș, bolovani și nisip

Tabelul 4.9. Rezultate determinări încercare de penetrare dinamică

Adâncime strat	NPDM	R_d [kg/cm ²]	Tip material	Clay fraction	Greutate volumică [t/m ³]	Greutate volumică saturată [t/m ³]	Tensiunea efectivă [kg/cm ²]	Coeficientul de corelație cu N_{spt}	N_{spt}	Descriere
SONDAJ 1										
0,4	95,50	318,92	necoeziv	0	2,50	2,3	0,05	1,28	122	umplutură de balast
2,0	5,69	18,24	coeziv	0	1,86	1,9	0,25	1,24	7,1	argile prafoase
SONDAJ 2										
0,4	130,80	436,64	necoeziv	0	2,50	2,4	0,05	1,28	167	umplutură de balast
2,0	5,94	18,94	coeziv	0	1,87	1,9	0,25	1,24	7,4	argile prafoase
SONDAJ 3										
0,4	100,30	334,79	necoeziv	0	2,50	2,32	0,05	1,28	128	umplutură de balast
1,1	6,43	21,05	coeziv	0	1,91	2,10	0,15	1,28	8,2	argile prafoase
2,0	26,78	83,82	necoeziv	0	2,17	2,07	0,23	1,29	35	nisip și pietriș
SONDAJ 4										
0,3	23	76,81	necoeziv	0	0	0	0	0,76	18	umplutură de balast
2,6	4,78	15,08	coeziv	0	1,68	1,87	0,21	0,76	3,6	argile prafoase
SONDAJ 5										
0,4	19,50	65,12	necoeziv	0	1,87	1,95	0,04	0,75	15	umplutură balast
0,9	16,80	55,86	coeziv	0	20,03	2,23	0,13	0,75	13	argile prafoase cu pietriș
1,8	16,56	52,47	coeziv	0	2,03	2,23	0,27	0,76	13	pietriș, bolovani și nisip
SONDAJ 6										
0,2	13,50	45,08	coeziv	0	1,97	2,17	0,02	0,75	10	umplutură balast
2,3	9,81	31,36	coeziv	0	1,88	1,90	0,24	0,76	7,5	argile prafoase cu pietriș
2,5	114,50	345,23	necoeziv	0	2,50	2,23	0,4	0,77	88	pietriș, bolovani și nisip

În urma încercărilor de penetrare dinamică a rezultat că suprastructura drumului forestier Ciobănuș este de tip monostrat, din balast, cu grosimea variabilă, cuprinsă între 20 și 40 cm. Având în vedere rezultatele determinărilor și coroborându-le cu prevederile Normativului de proiectare drumuri forestiere (***) 2011a), rezultă că structura actuală a suprastructurii drumului forestier Ciobănuș este

similară cu cea a unui drum forestier secundar (figurile 4.3 și 4.4), pe care poate tranzita anual un tonaj de maxim 5.000 tone.

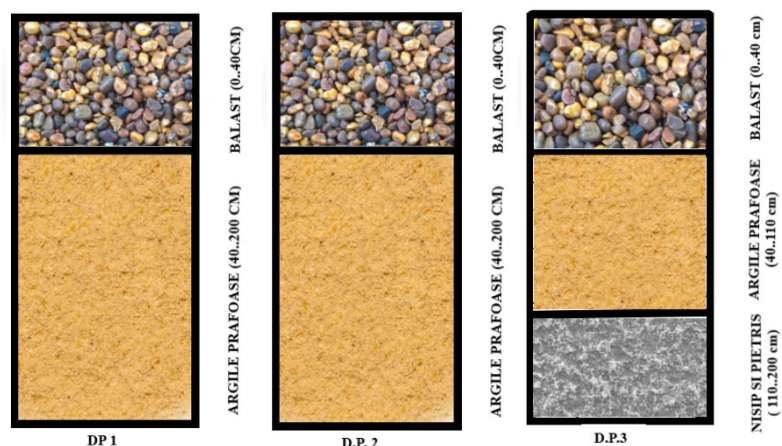


Figura 4.3. Încercările dinamice nr. 1 (D.P. 1), nr. 2 (D.P. 2) și nr. 3 (D.P. 3)

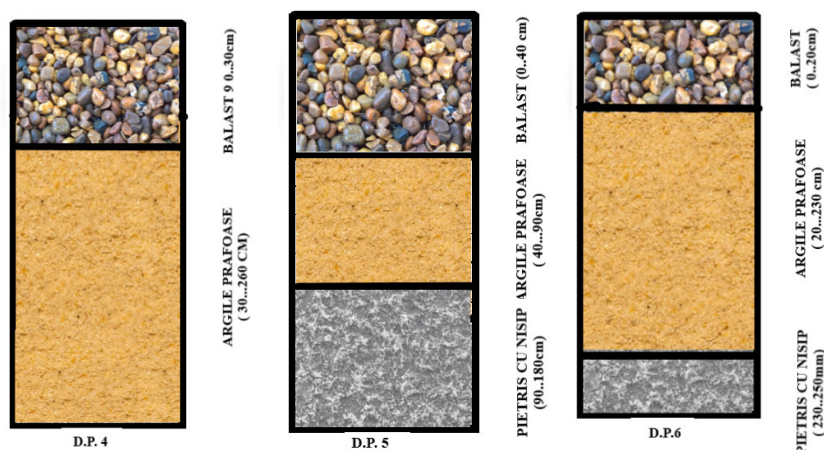


Figura 4.4. Încercările dinamice nr. 4 (D.P. 4), nr. 5 (D.P. 5) și nr. 6 (D.P. 6)

În tabelul 4.10 se prezintă volumele și tonajele tranzitate pe drumul forestier Ciobănuș în perioada 2014-2018. După cum se poate observa, anual, pe acest drum, tranzitează un tonaj cuprins între 45.000 și 50.000 tone, specific drumurilor forestiere principale, ceea ce susține, o dată în plus, gradul accentuat de degradare și rapiditatea de apariție a degradărilor pe acest drum, datorate unei suprastructuri insuficient dimensionată, care nu poate susține volumele anuale tranzitate (Săceanu 2014, Akgul et al. 2016).

Tabelul 4.10. Volumele și tonajele tranzitate pe drumul forestier Ciobănuș în perioada 2014-2018

Anul	Volum transportat [m ³]	Tonaj transportat [tone]	Tonaj total [tone]
2018	35.297	30.717	45.428
2017	30.827	28.851	43.383
2016	35.192	32.065	49.373
2015	34.607	29.871	46.579
2014	35.767	31.742	50.329
TOTAL	171.691	153.246	235.093

Normativul în vigoare pentru proiectarea drumurilor forestiere (** 2011a) recomandă, în situații asemănătoare cu cea a drumului forestier Ciobănuș, utilizarea unor suprastructuri din două sau trei straturi, cu materiale superioare din punct de vedere calitativ (macadam, piatră spartă, piatră brută etc.), care să asigure o portanță suficientă actualelor condiții de trafic. Prin urmare, utilizând penetrometrul dinamic se poate identifica structura litologică a corpului drumului, tipul suprastructurii, precum și grosimea acesteia, ceea ce poate conduce la adoptarea unor soluții de proiectare mai potrivite traficului din zonă, care vor avea un efect maxim asupra majorării portanței drumului, dar cu minim de costuri.

4.3.2. Determinarea modului de deformare dinamică prin încercări cu placa Zorn ZSG 0.20

În urma determinărilor cu placa Zorn ZSG 0.20 au fost obținute valorile din figura 4.5, proprii modului de deformare dinamică (EVD) pentru cele 15 puncte de sondaj, de unde reiese că valorile oscilează de la un punct de sondaj la altul.

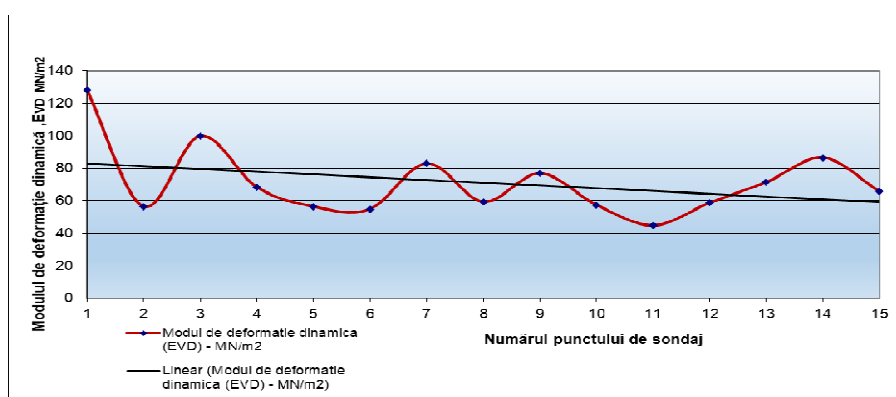


Figura 4.5. Valorile modului de deformare dinamică pentru cele 15 puncte de sondaj

4.4. Determinarea principalelor caracteristici ale materialelor din suprastructura drumului forestier Ciobănuș

4.4.1 Determinarea granulometriei

Atât prin SR EN 13242+A1 (** 2009a), cât și prin caietele de sarcini se stabilesc condițiile de calitate pentru balastul utilizat la întreținerea drumurilor forestiere. Pentru a interpreta datele rezultatele din analizele de laborator, proprii tezei de doctorat, acestea vor fi comparate cu valorile admisibile pentru categoriile de balast (balast, balast optimal și balast pentru completări în vederea îndepărtării efectului fenomenului de îngheț-dezghet) prevăzute în reglementări.

În ceea ce privește agregatele utilizate la lucrările de construire/întreținere de drumuri, Standardul SR 662 (** 2002b) reglementează condițiile de calitate minimale pentru balastul utilizat la fundații rutiere, balastul optimal (suprastructura drumuri) și pentru balastul utilizat la completarea sistemului rutier în urma fenomenului de îngheț-dezghet, ca strat de formă (pentru întrețineri). Astfel, în tabelul 4.11 sunt prezentate condițiile minime de admisibilitate.

Pentru a evalua granulometria structurii rutiere de pe drumul forestier Ciobănuș, au fost prelevate probe din 15 puncte de sondaj (Anexele 7 și 8), iar cu datele obținute au fost întocmite curbe granulometrice (figurile 4.6 ... 4.8) care, ulterior, au fost comparate cu cele reglementate în Standardul SR 662 (** 2002b).

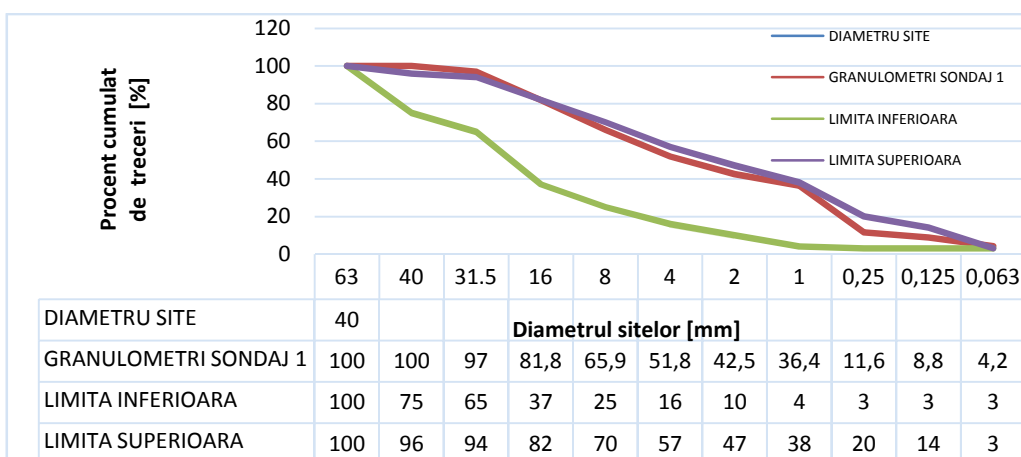


Figura 4.6. Curba granulometrică pentru sondajul nr. 1 și compararea acesteia cu intervalul de admisibilitate pentru balast

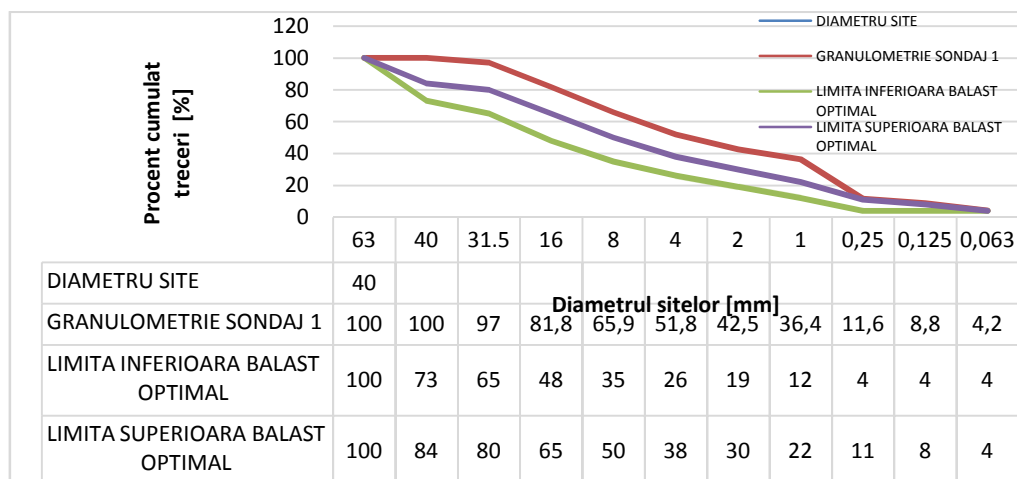


Figura 4.7. Curba granulometrică pentru sondajul nr. 1 și compararea acesteia cu intervalul de admisibilitate pentru balast optimal

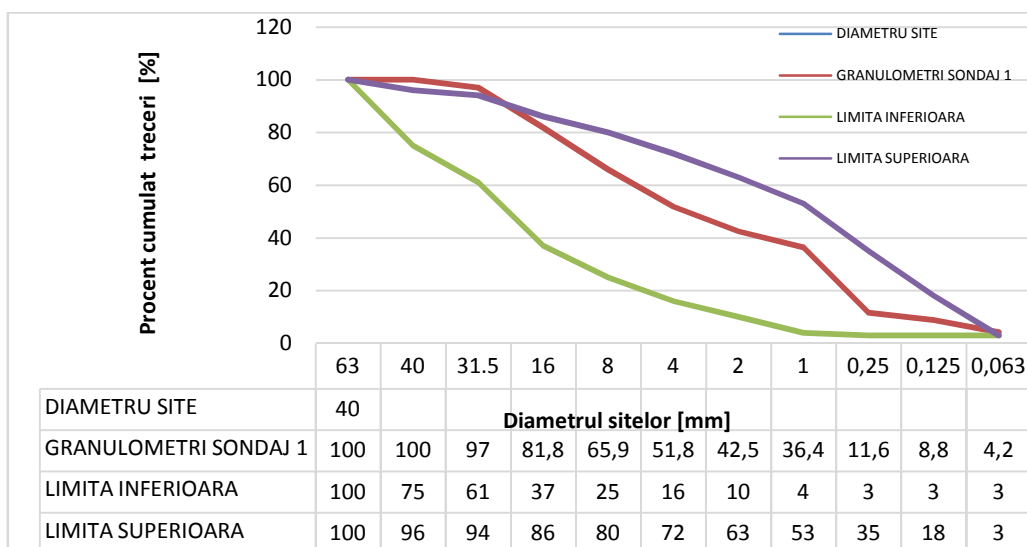


Figura 4.8. Curba granulometrică pentru sondajul nr. 1 și compararea acesteia cu intervalul de admisibilitate pentru balast utilizat ca strat de formă

Pentru exemplificare, din cele 15 probe analizate se detaliază cele aferente sondajelor nr. 1 și 5. Așa cum rezultă din figurile 4.9 ... 4.11, balastul aferent sondajului 1 prezintă un deficit de particule grosiere, cu dimensiunile în intervalul 31,5 ... 63 mm, dar totuși curba granulometrică prezintă o anumită continuitate. În urma comparării datelor obținute în laborator cu limitele admisibile pentru balast, balast optimal și strat de formă (completări în urma fenomenului de îngheț-dezghet) a rezultat că balastul este conform pentru utilizare ca material pentru fundația drumului și pentru completarea suprastructurii.

Rezultatele aferente balastului din sondajul nr. 5 sunt similare cu cele din sondajul nr. 1, materialul fiind conform pentru utilizare ca fundație sau strat de formă. Totuși, materialul prezintă un deficit de particule în intervalul 1 ... 4 mm.

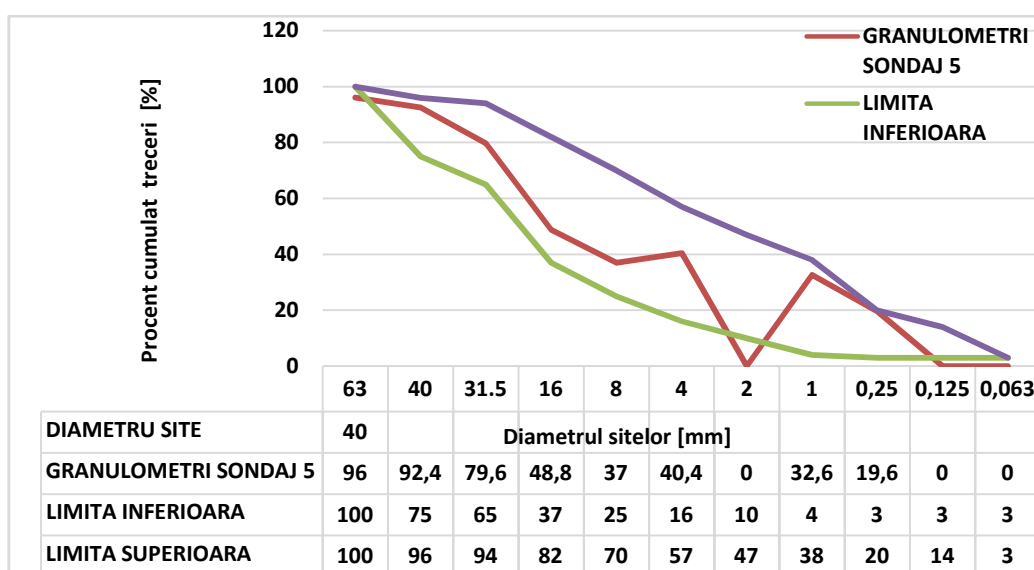


Figura 4.9. Curba granulometrică pentru sondajul nr. 5 și compararea acesteia cu intervalul de admisibilitate pentru balast

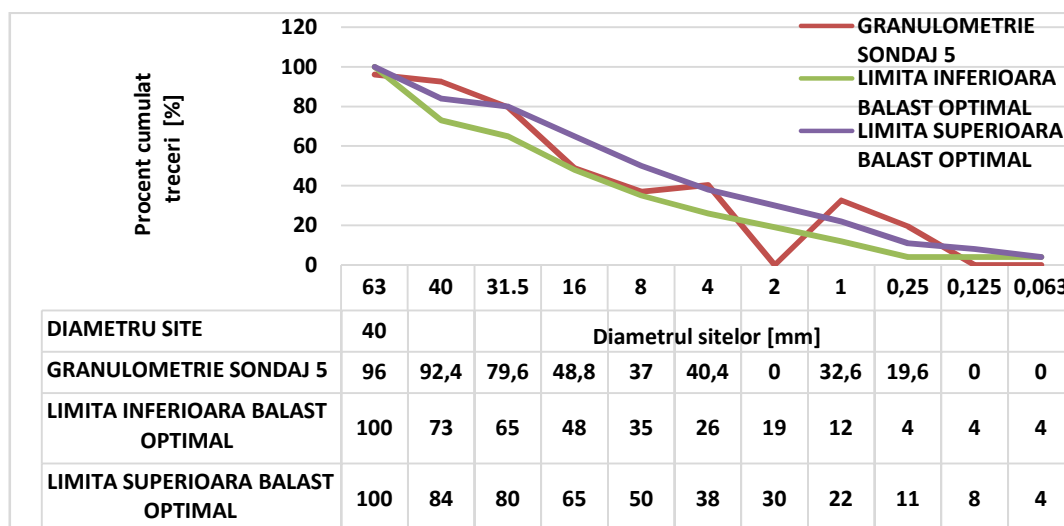


Figura 4.10. Curba granulometrică pentru sondajul nr. 5 și compararea acesteia cu intervalul de admisibilitate pentru balast optimal

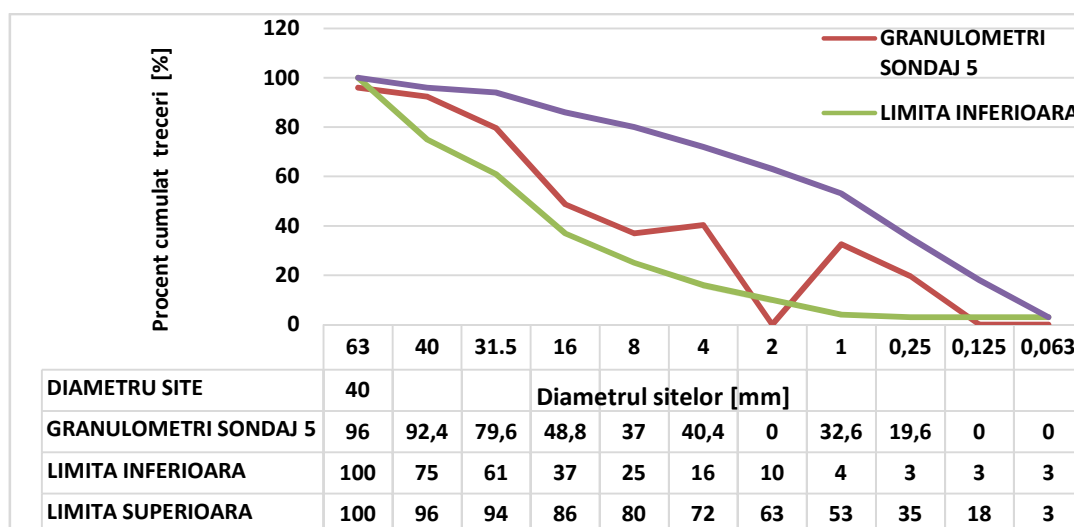


Figura 4.11. Curba granulometrică pentru sondajul nr. 5 și compararea acesteia cu intervalul de admisibilitate pentru balast utilizat ca strat de formă

4.4.2. Determinarea rezistenței la sfărâmare

În ceea ce privește rezistența la sfărâmare a agregatelor, s-a determinat coeficientul Los Angeles. Standardul SR 622:2002 limitează valoarea indicelui Los Angeles la maxim 35 pentru balastul optimal și la maxim 50% pentru balast și material de completare. Valorile obținute în cazul eșantioanelor luate în analiză sunt cuprinse în intervalul 10,9 ... 22,6%, materialul supus analizei prezentând o rezistență ridicată la sfărâmare (tabelul 4.12).

Coeficientul de uzură micro-Deval nu este un indice specific balastului, ci materialelor concasate, în cazul de față fiind obținut pentru pietriș. În cazul pietrișului concasat, valoarea limită admisibilă este de maxim 25%. În urma determinărilor efectuate, s-a constatat că valoarea coeficientului microDeval variază între 10,4 și 12,3%, conform cu prevederile SR 622:2002.

Cei doi coeficienți, respectiv coeficientul de rezistență la sfărâmare Los Angeles și coeficientul de uzură microDeval, depind de natura rocilor din care s-au format agregatele, de conținutul de particule fine, de echivalentul de nisip, de coeficientul de aplatizare și de coeficientul de formă, deci sunt indici care depind de modul de obținere al agregatelor naturale, dar și de modul de utilizare al acestora (STAS 730-89).

Conținutul de particule fine nu este specifică balastului sau balastului optimal, ci mai degrabă, agregatelor utilizate la fabricarea amestecurilor asfaltice, unde sunt reglementate următoarele limite de admisibilitate (tabelul 4.13): cribluri (0,5..1%), nisip de concasaj (0 ... 4%), pietriș sortat sau pietriș concasat (0,5 ... 2%). În cazul determinărilor de față, pentru această caracteristică, valorile rezultate pentru cele 15 sondaje se regăsesc în intervalul 0,2 ... 5%, materialul fiind neconform pentru utilizare la prepararea amestecurilor asfaltice.

Echivalentul de nisip are valoarea reglementată de minimum 30% pentru balast, balast optimal și material de completare. Ca urmare a determinărilor din laborator, în rapoartele de încercare emise pentru cele 15 sondaje, valorile obținute au fost cuprinse între 50,7 și 55,8%.

Coeficientul de formă este o caracteristică specifică pietrișului și pietrișului de concasaj și are limita reglementată, prin SR 662:2002, de minim 25%. Coeficientul de aplatizare este o proprietate distinctă pentru cribluri, nisip de concasaj și material de balasieră concasat, folosit pentru fabricarea amestecurilor asfaltice, având valoarea limită reglementată de minim 25%.

Tabelul 4.12. Indicele Los Angeles și coeficientul micro-Deval la probele supuse analizei

Numărul sondajului	Rezistența la sfărâmare cu mașina Los Angeles		Rezistența la uzură -coeficientul micro-Deval	
	Valori obținute [%]	Valori referință [%]	Valori obținute [%]	Valori referință [%]
1	20,8	50 (30)	11,4	25
2	20,4	50 (30)	11,9	25
3	21,1	50 (30)	12,2	25
4	20,7	50 (30)	11,8	25
5	20,3	50 (30)	11,2	25
6	21,4	50 (30)	10,7	25
7	20,7	50 (30)	12,3	25
8	22,1	50 (30)	10,9	25
9	22,6	50 (30)	10,5	25
10	22,1	50 (30)	10,9	25
11	21,3	50 (30)	11,4	25
12	21,5	50 (30)	11,9	25
13	20,5	50 (30)	11,1	25
14	21,6	50 (30)	10,9	25
15	10,9	50 (30)	10,4	25

Tabelul 4.13. Limite de admisibilitate pentru conținutul de particule fine

Număr sondaj	Conținutul de particule fine 0,063 mm		Calitatea părții fine (echivalent de nisip)		Coeficientul de formă		Coeficientul de aplatizare	
	Valori [%]		Valori [%]		Valori [%]		Valori [%]	
	Obținute	Referință (maxime)	Obținute	Referință (minime)	Obținute	Referință (minime)	Obținute	Referință (minime)
1	4,2	2	51,9	30	14,1	25	10,1	25
2	5,0	2	52,3	30	14,7	25	9,9	25
3	0,2	2	51,3	30	15,6	25	9,8	25
4	3,6	2	53,8	30	15,1	25	9,5	25
5	1,6	2	55,4	30	15,1	25	10,3	25
6	2,1	2	52,7	30	15,9	25	12,1	25
7	2,5	2	52,4	30	14,7	25	11,6	25
8	1,8	2	55,8	30	12,5	25	9,1	25
9	2,4	2	51,7	30	12,8	25	9,2	25
10	1,9	2	51,4	30	12,1	25	9,5	25
11	2,4	2	51,2	30	13,2	25	10,6	25
12	1,8	2	51,9	30	12,7	25	10,1	25
13	2,5	2	51,2	30	13,5	25	9,7	25
14	1,8	2	53,8	30	13,1	25	10,4	25
15	1,4	2	50,7	30	13,5	25	11,3	25

4.5. Determinarea gradului de compactare prin utilizarea plăcii dinamice

După cum reiese și din tabelul 4.14, în care se prezintă valorile modului de deformație dinamică pentru cele 15 puncte de sondaj, apare o mare variație a valorilor, ceea ce conduce la o curbă de tip „dinți de fierăstrău”. Cauza acestor variații este dată de neuniformitatea granulometrică a suprastructurii drumului forestier, de umiditatea mai mare decât umiditatea optimă de compactare (Firoiu 2017) și, implicit, de gradul de umbrire al zonei de unde s-au recoltat datele. De asemenea, se

observă o tendință de scădere a valorilor modulului de deformație dinamică odată cu creșterea altitudinală, acest lucru fiind în strânsă legătură cu creșterea umidității. Totodată, se poate observa că, în majoritatea punctelor de sondaj, apar valori invers proporționale pentru degradările constatate în urma urmării vizuale raportat la valorile modulului de deformație dinamică.

4.6. Plasticitatea

În urma analizei probelor (tabelul 4.15), s-a urmărit determinarea următoarelor caracteristici: limitele de plasticitate, umiditatea, coeficientul de neuniformitate, determinarea granulozității (natura terenului) și conținutul de materii organice.

Tabelul 4.14. Valorile modulului de deformație dinamică pentru cele 15 puncte de sondaj

Numărul sondajului	Modulul de deformație dinamică [MN/m ²]
1	128,32
2	56,43
3	99,85
4	68,38
5	56,43
6	54,96
7	83,02
8	54,91
9	76,87
10	57,39
11	44,83
12	58,79
13	71,50
14	86,53
15	65,66

Rezultatele analizelor la cele 15 probe au încadrat pământurile diferit, în funcție de dimensiuni, astfel: 12 în categoria „*pietriș mic*”, iar 3 în categoria „*nisip mare*”, fracțiunea granulometrică predominantă fiind cuprinsă în intervalul de diametre 2 ... 20 mm, specifică pietrișurilor. În ceea ce privește uniformitatea granulometrică a probelor, clasificarea acestora s-a realizat tot în baza STAS-ului 1243-88, determinându-se coeficientul de neuniformitate, care a condus la valorile din tabelul 4.17.

Pentru toate cele 15 probe s-a obținut un coeficient de uniformitate mai mic de 5, valoare specifică pământurilor cu granulozitate foarte uniformă. Pământurile cu un coeficient de neuniformitate sub 5 se clasifică ca și pământuri cu granulozitate foarte uniformă, în timp ce acelea cu coeficientul în intervalul valoric 5 ... 15 sunt definite ca pământuri cu granulozitate uniformă, iar celelalte, la care coeficientul de neuniformitate este mai mare de 15 sunt clasificate ca pământuri necoezive, cu granulozitate neuniformă (Alexandru 2000). În urma analizelor de laborator au fost determinate și caracteristicile de plasticitate, respectiv limita inferioară de plasticitate (limita de frământare), limita superioară de plasticitate (limita de lichiditate sau limita de curgere) și, implicit, indicele de plasticitate.

Tabelul 4.15. Determinarea granulozităţii şi interpretarea rezultatelor în baza STAS-ului 1243-88

Numărul sondajului	Descrierea probei	Granulozitatea, conform STAS-ului 1913/5-85						Clasificarea pământurilor conform STAS-ului 1243-88
		0,002<d<0.005 (argilă)	0.005<d<0.05 (praf)	0.05<d<0.25 (nisip)	0.25<d<2.00 (nisip mare)	2.00<d<20 (pietriş)	20<d<70 (pietriş)	
		d1	d2	d3	d4	d5	d6	
1	balast/pământ	4,5	8	32,8	42,8	12,4	0	nisip mare
2	balast/pământ	1,8	3,2	7,8	30,9	38,9	17,4	pietriş mic
3	balast/pământ	1,5	2	8,5	37	32,9	18,1	nisip mare
4	balast/pământ	2,1	3,1	7,8	26,2	42	18,8	pietriş mic
5	balast/pământ	3	8,2	7,1	21,5	38	22,2	pietriş mic
6	balast/pământ	3,9	9,9	8,4	25,1	36,4	16,3	pietriş mic
7	balast/pământ	3,2	8,6	10,1	26,8	35,7	15,6	pietriş mic
8	balast/pământ	1,6	9,3	10,8	26,8	31,4	20,1	pietriş mic
9	balast/pământ	4,8	9,3	13,3	16,3	29	27,1	pietriş mic
10	balast/pământ	1,1	9	11,3	27,3	22,7	17,6	nisip mare
11	balast/pământ	1,1	9	11,3	27,3	33,7	17,6	pietriş mic
12	balast/pământ	1,2	9,8	10,7	28,5	32,3	17,5	pietriş mic
13	balast/pământ	2,3	9,3	9,2	29,1	31,9	18,2	pietriş mic
14	balast/pământ	1,8	6,5	11,3	29,8	31,2	19,4	pietriş mic
15	balast/pământ	1,1	2,4	4,5	34,1	42,8	15,5	pietriş mic
Medie		2	7	11	29	33	17	pietriş mic

Tabelul 4.17. Valorile specifice coeficientului de neuniformitate şi interpretarea rezultatelor (STAS 1243-88)

Numărul sondajului	Proba supusă analizei	Rezultate privind coeficientul de neuniformitate	Clasificarea probe conform STAS-ului 1243-88
1	balast	5,0	granulozitate foarte uniformă
2	balast	4,6	granulozitate foarte uniformă
3	balast	4,1	granulozitate foarte uniformă
4	balast	4,1	granulozitate foarte uniformă
5	balast	4,0	granulozitate foarte uniformă
6	balast	4,1	granulozitate foarte uniformă
7	balast	4,0	granulozitate foarte uniformă
8	balast	4,0	granulozitate foarte uniformă
9	balast	4,3	granulozitate foarte uniformă
10	balast	4,0	granulozitate foarte uniformă
11	balast	4,1	granulozitate foarte uniformă
12	balast	4,0	granulozitate foarte uniformă
13	balast	4,4	granulozitate foarte uniformă
14	balast	4,1	granulozitate foarte uniformă
15	balast	4,1	granulozitate foarte uniformă

Tabelul 4.19. Limitele de plasticitate și interpretarea rezultatelor (STAS 1243-88)

Numărul sondajului	Proba supusă analizei	Rezultate referitoare la plasticitate analizate în baza STAS-ului 1913/4-86			Clasificarea probelor conform STAS-ului 1243-88
		Limita inferioară de plasticitate	Limita superioară de plasticitate	Indicele de plasticitate	
		W_p [%]	W_L [%]	I_p [%]	
1	balast/pământ	19,3	28,1	8,8	plasticitate redusă
2	balast/pământ	11,6	18,7	7,1	plasticitate redusă
3	balast/pământ	10,9	18,9	8,0	plasticitate redusă
4	balast/pământ	11,0	20,1	9,1	plasticitate redusă
5	balast/pământ	16,1	23,7	7,6	plasticitate redusă
6	balast/pământ	14,8	24,8	10,0	plasticitate redusă
7	balast/pământ	13,8	23,7	9,9	plasticitate redusă
8	balast/pământ	11,1	20,5	9,4	plasticitate redusă
9	balast/pământ	13,8	23,1	9,3	plasticitate redusă
10	balast/pământ	13,2	22,7	9,5	plasticitate redusă
11	balast/pământ	13,9	21,8	7,9	plasticitate redusă
12	balast/pământ	13,4	21,1	7,7	plasticitate redusă
13	balast/pământ	12,4	22,0	9,6	plasticitate redusă
14	balast/pământ	11,0	20,7	9,7	plasticitate redusă
15	balast/pământ	10,7	19,3	8,6	plasticitate redusă

Tabelul 4.21. Indicele de consistență și interpretarea rezultatelor (STAS 1243-88)

Număr sondaj	Proba supusă analizei	Rezultate privind consistența pământurilor analizate în raport cu STAS-ul 1243-88		Clasificarea probelor în raport cu STAS-ul 1243-88
		Indicele de consistență	Coeficientul de neuniformitate	
1	balast/pământ	1,46	-0,46	consistență tare
2	balast/pământ	1,40	-0,40	consistență tare
3	balast/pământ	1,19	-0,19	consistență tare
4	balast/pământ	1,09	-0,09	consistență tare
5	balast/pământ	1,50	-0,50	consistență tare
6	balast/pământ	1,35	-0,35	consistență tare
7	balast/pământ	1,29	-0,29	consistență tare
8	balast/pământ	1,13	-0,13	consistență tare
9	balast/pământ	1,17	-0,17	consistență tare
10	balast/pământ	1,27	-0,27	consistență tare
11	balast/pământ	1,30	-0,3	consistență tare
12	balast/pământ	1,21	-0,21	consistență tare
13	balast/pământ	1,11	-0,11	consistență tare
14	balast/pământ	1,14	-0,14	consistență tare
15	balast/pământ	1,09	-0,09	consistență tare

4.7. Componenta traficului pe drumul forestier studiat

4.7.1. Evoluția tonajelor mijloacelor de transport

Ca urmare a dezvoltării tehnice deosebite, mijloacele de transport au cunoscut o modernizare rapidă, ceea ce a condus la creșterea sarcinii utile maxime autorizate de la 2,5 tone în anul 1962 la peste 46,5 tone în anul 2018 (echivalentul a 60 tone masă totală). Deși sarcina utilă a autoplatformelor forestiere a cunoscut o creștere exponențială (figura 4.12), parametrii tehnici ai drumurilor forestiere nu au cunoscut modificări semnificative, întreaga rețea de drumuri forestiere fiind proiectată pentru o sarcină maximă total admisă de 24 tone (38 tone pentru drumurile construite după 2015).

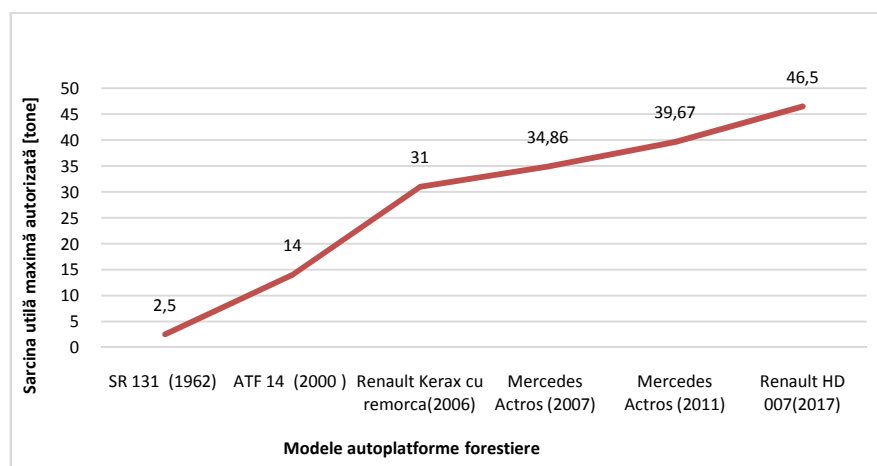


Figura 4.12. Evoluția tonajelor mijloacelor de transport (1962 – 2018)

4.7.2. Componenta traficului pe drumul forestier Ciobănuș

În urma centralizării datelor culese a rezultat că, pentru perioada 2014-2018, pe drumul forestier luat în studiu, s-a transportat un volum de 171.691 m³ cu un tonaj al masei lemnoase de 153.246 m³, echivalent cu un volum mediu anual de 34.338 m³, cu o masă de 30.650 tone. Masa totală a ansamblului „autovehicul-volum lemn transportat” a fost de 235.093 tone, echivalentul mediu anual de 47.018 tone. Așa cum reiese din datele prezentate în tabelul 4.23, distribuția anuală a volumelor transportate este aproximativ egală și nu s-au constatat variații semnificative.

Tabelul 4.23. Sinteza datelor referitoare la volumul și tonajul transportat în perioada 2014-2018 pe drumul forestier Ciobănuș

An	Volum [m ³]	Tonaj transportat [tone]	Tonaj total tranzitat [tone]
2018	35297	30717	45428
2017	30827	28851	43383
2016	35192	32065	49373
2015	34607	29871	46579
2014	35767	31742	50329
TOTAL	171691	153246	235093

Pe de altă parte se constată că distribuția lunară a volumelor transportate este similară în cei cinci ani (tabelele 4.24 ... 4.29).

Tabelul 4.24. Volumele transportate și tonajele aferente anului 2014

Luna	Volum [m ³]	Tonaj transportat [tone]	Tonaj total tranzitat [tone]
ianuarie	2195,838	1,913,440	3305,4378
februarie	3618,080	3199,000	5031,786
martie	3461,720	3033,524	4565,524
aprilie	2911,650	2612,722	4134,722
mai	3135,020	2914,100	4515,100
iunie	3215,870	2877,044	4604,044
iulie	3029,580	2604,820	4063,820
august	3458,460	2999,220	4789,220
septembrie	3227,910	2,870,090	4610,092
octombrie	2774,740	2484,916	3948,916
noiembrie	2861,310	2571,138	4134,138
decembrie	1876,940	1662,550	2626,552
TOTAL	35767,12	31742,35	50329,35

Tabelul 4.25. Volumele transportate și tonajele aferente anului 2015

Luna	Volum [m ³]	Tonaj transportat [tone]	Tonaj total tranzitat [tone]
ianuarie	1858,33	1567,55	2499,550
februarie	2433,94	2061,00	3277,00
martie	3770,53	3207,16	3276,690
aprilie	2635,11	2212,46	4984,160
mai	3056,95	2672,32	4363,32
iunie	2526,91	2185,81	3502,810
iulie	2916,48	2497,70	3792,700
august	3127,39	2637,55	3980,550
septembrie	3402,58	2973,16	4484,160
octombrie	3067,85	2701,81	4292,810
noiembrie	3004,48	2633,42	4188,420
decembrie	2806,40	2521,58	3937,580
TOTAL	34606,95	29871,22	46579,450

Tabelul 4.26. Volumele transportate și tonajele aferente anului 2016

Luna	Volum [m ³]	Tonaj transportat [tone]	Tonaj total tranzitat [tone]
ianuarie	1845,35	1696,51	2611,51
februarie	1888,76	1792,00	2737,53
martie	2077,95	1875,59	2894,59
aprilie	3224,78	2872,17	4340,17
mai	2799,32	2464,71	3881,71
iunie	2,684,13	2425,83	3862,83
iulie	4,821,40	4442,67	6877,67
august	4853,51	4605,89	7195,89
septembrie	3685,843	3377,47	5140,47
octombrie	3030,716	2783,52	4224,52
noiembrie	2517,57	2247,94	3415,94
decembrie	1763,08	1481,27	2190,27
TOTAL	35192,41	32065,09	49373,09

Tabelul 4.27. Volumele transportate și tonajele aferente anului 2017

Luna	Volum [m ³]	Tonaj transportat [tone]	Tonaj total tranzitat [tone]
ianuarie	1845	1609	2410
februarie	3830	3349	5137
martie	4635	3955	6073
aprilie	3192	2744	4160
mai	3417	4054	5905
iunie	2206	2886	4294
iulie	2599	2262	3379
august	1724	1566	2331
septembrie	1775	1526	2254
octombrie	1877	1643	2404
noiembrie	2268	2030	3110
decembrie	1460	1227	1926
TOTAL	30827	28851	43383

Tabelul 4.28. Volumele transportate și tonajele aferente anului 2018

Luna	Volum [m ³]	Tonaj transportat [tone]	Tonaj total tranzitat [tone]
ianuarie	1109,12	937,470	1423,470
februarie	1399,69	1190,000	1775,000
martie	3395,51	2898,736	4346,736
aprilie	1961,13	1716,376	2530,376
mai	2500,11	2198,598	3233,598
iunie	3592,34	3100,070	4525,070
iulie	2815,92	2451,920	3549,920
august	3073,50	2699,410	3963,410
septembrie	4391,64	3799,360	5655,360
octombrie	5129,77	4580,250	6892,250
noiembrie	3995,34	3471,090	5024,090
decembrie	1933,40	1673,520	2508,520
TOTAL	35297,47	30716,76	45427,76

Tabelul 4.29. Volumele transportate și tonajele aferente anului 2019

Luna	Volum [m ³]	Tonaj transportat [tone]	Tonaj total tranzitat [tone]
ianuarie	2704,58	2324,340	3364,340
februarie	3917,47	3343,000	4898,000
martie	4562,84	3908,462	5766,462
aprilie	2633,01	2260,240	3369,240
mai	2123,46	1760,290	2673,290
iunie	121,71	104,470	152,470
TOTAL	16063,07	13700,96	20223,96

Coroborând distribuția lunară a transportului de masă lemnoasă de pe drumul forestier Ciobănuș, în anul 2017, cu datele principalelor elemente climatice, înregistrate în decursul aceluiași an, se poate afirma că transportul cu cea mai mare intensitate se desfășoară în perioada octombrie –

martie, caracterizată, din punct de vedere climatic, de temperaturi scăzute ($-11^{\circ}\text{C} \dots +15^{\circ}\text{C}$), umiditate relativ ridicată (65 ... 90%), zile cu nebulozitate ridicată, viteze ridicate ale vântului. De asemenea, spre finalul acestui interval, drumul forestier este afectat de fenomenul de îngheţ-dezgheţ.

Aşa cum rezultă din diagramele prezentate în figurile 4.14 ... 4.18, distribuţia lunară a volumelor transportate este similară în cei cinci ani, respectiv se înregistrează un volum mai mare în perioada ianuarie-martie, urmat de o scădere în perioada aprilie-septembrie şi de o revenire la mijlocul trimestrului IV. Această distribuţie este cauzată de restricţiile de exploatare a masei lemnoase pentru anumite tipuri de produse şi specii.

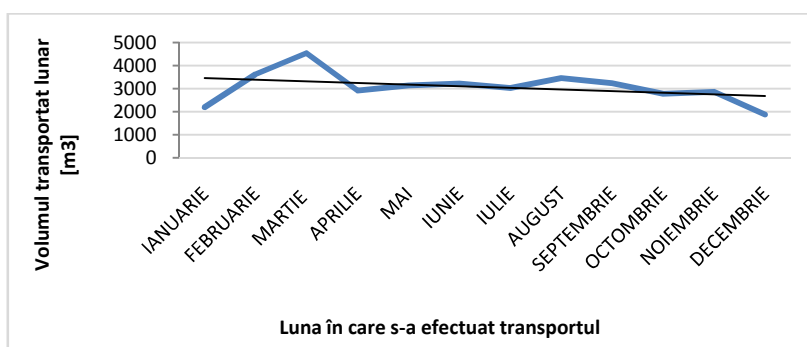


Figura 4.14. Variaţia volumelor de masă lemnoasă transportate în anul 2014

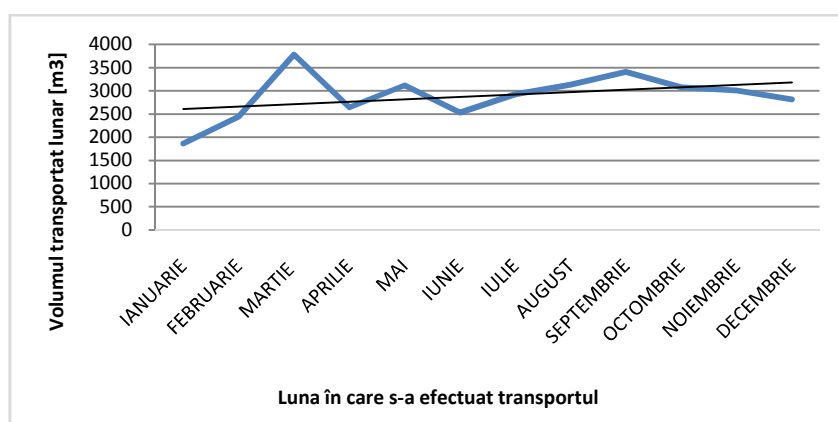


Figura 4.15 Variaţia volumelor de masă lemnoasă transportate în anul 2015

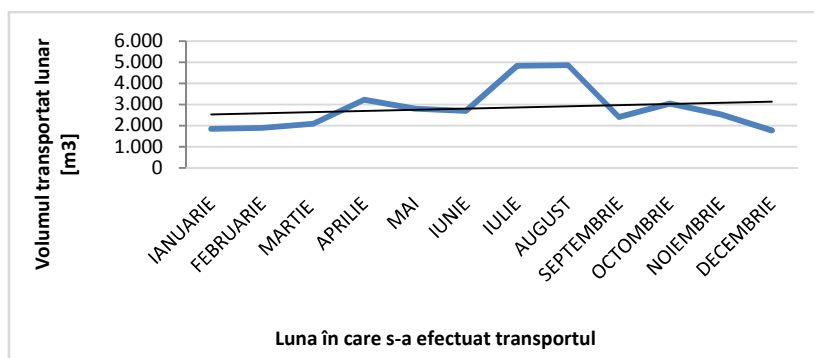


Figura 4.16. Variaţia volumelor de masă lemnoasă transportate în anul 2016

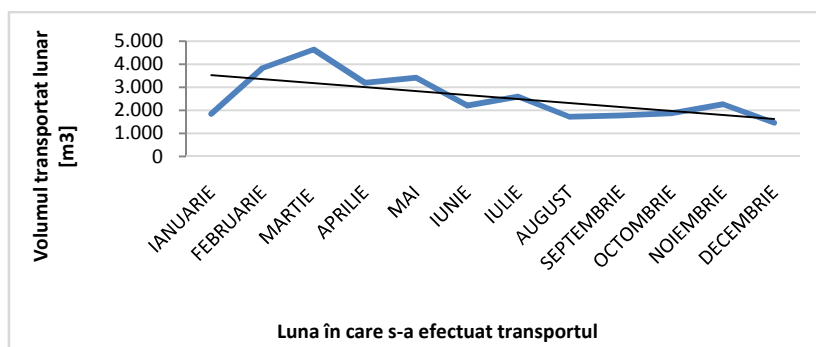


Figura 4.17. Variația volumelor de masă lemnoasă transportate în anul 2017

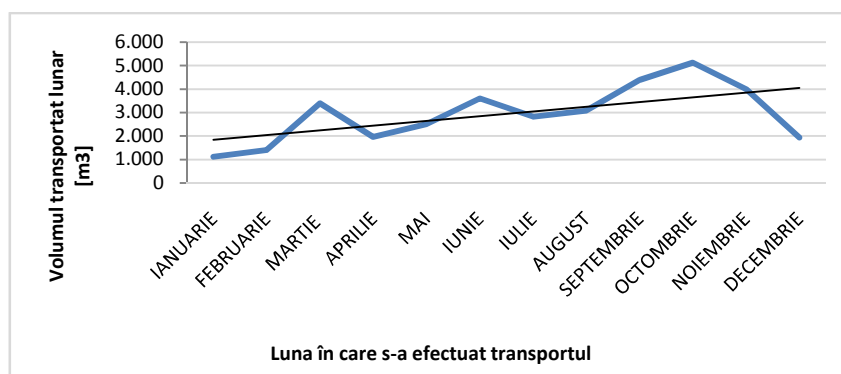


Figura 4.18. Variația volumelor de masă lemnoasă transportate în anul 2018

Din analiza traficului pe drumul forestier Ciobănuș pe anul 2017, care a urmărit tonajul autoplatformelor forestiere, au reieșit următoarele (tabelul 4.30):

- 2% din volumul transportat se realizează cu mijloace de transport cu masa maximă total admisă de sub 5 tone;
- 2 % din volumul transportat se realizează cu mijloace de transport cu masa maximă total cuprinsă între 5 și 12 tone;
- 1 % din volumul transportat se realizează cu mijloace de transport cu masa maximă total cuprinsă între 12 și 24 tone;
- 19 % din volumul transportat se realizează cu mijloace de transport cu masa maximă totală cuprinsă între 24 și 38 tone;
- 76 % din volumul transportat se realizează cu mijloace de transport cu masa maximă totală peste 38 tone.

Tabelul 4.30. Analiza transportului realizat în perioada 2014 – 2019 din perspectiva mijloacelor de transport folosite

Anul	Intervalul de tonaj (ansamblul mijloc transport/masă lemnoasă) [tone]				
	0 ... 5	5 ... 12	12 ... 24	24 ... 38	peste 38
2014	367	1044	892	9740	23724
2015	526	859	621	7628	24973
2016	581	736	431	6170	27275
2017	947	428	216	5415	23821
2018	1341	91	344	4586	28935
2019	374	181	254	1673	13581
TOTAL [tone]	4136	3339	2758	35212	142309
TOTAL [%]	2	2	1	19	76

De subliniat este faptul că Normativul de proiectare a drumurilor forestiere (** 2011a) legiferează o sarcină maximă total admisă, pentru autocamioanele cu remorci, de maxim 38 tone. Raportat la această menţiune din normativ, se contată că majoritatea transportului de masă lemnoasă se realizează cu autovehicule cu remorcă la care masa maximă totală depăşeşte 38 tone, ceea ce explică oarecum degradările înregistrate pe drumul forestier Ciobănuş.

În perioada 2014-2018 (tabelul 4.31), se observă o creştere semnificativă a transportului de masă lemnoasă cu mijloace de transport cu masa totală sub 5 tone. Deşi, în ponderea transportului total, utilizarea acestor tipuri de vehicule este nesemnificativă (** 2002), reprezentând doar 2%, totuşi, ele sunt folosite, în general, de persoanele fizice, pentru procurarea lemnului de foc (90% din volumul transportat cu aceste mijloace de transport corespunde lemnului de foc). Creşterea semnificativă a transportului de lemn de foc în intervalul 2014-2018 a fost determinată de creşterea preţului lemnului de foc (figura 4.22), dar şi de diminuarea cantităţilor de lemn cu provenienţă ilegală.

Tabelul 4.31. Transportul de masă lemnoasă cu mijloace cu masa totală sub 5 tone

Anul	Mijlocul de transport cu masa totală în intervalul 0 ... 5 tone		Procent lemn de foc[%]
	Volu total [m ³]	Din care lemn de foc [m ³]	
2014	367	292	80
2015	526	455	87
2016	581	499	86
2017	947	864	91
2018	1341	1230	92

Pentru a evidenţia distribuţia volumelor transportate, respectiv a tonajului, pe lungimea de 15 km a drumului forestier Ciobănuş, acesta a fost tronsonat în 4 segmente, după cum urmează:

- segmentul 1: cuprins între km 0 şi km 5;
- segmentul 2: cuprins între km 5 şi km 10;
- segmentul 3: cuprins între km 10 şi km 15;
- segmentul 4: cuprins de la km 15 în amonte.

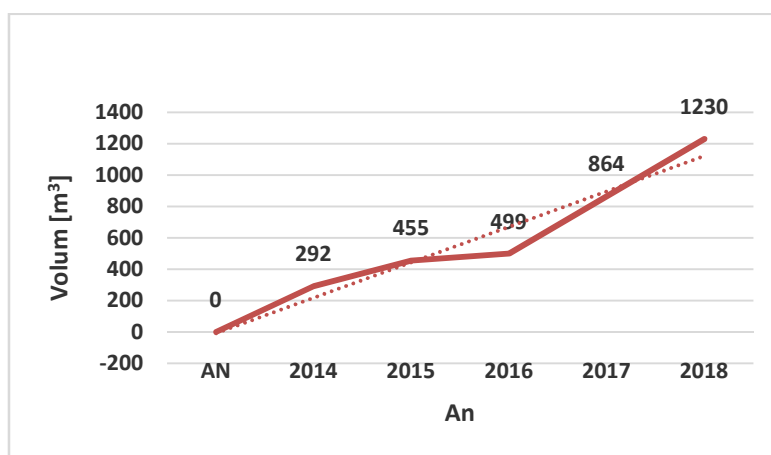


Figura 4.22. Dinamica transportului cu autovehiculele cu masa totală sub 5 tone, în perioada 2014-2018

Pentru cele 4 segmente, în anul 2018, a fost identificat locul de încărcare a materialului lemnos (determinare realizată în funcție de proveniența materialului lemnos, respectiv partida, identificată din avizele de însoțire a materialului lemnos), astfel încât să se realizeze o repartiție a volumelor pe cei 15 km. După cum reiese din tabelul 4.32, cea mai mare parte a volumului de lemn încărcat (66% din volum) a tranzitat pe segmentele 1, 2 și 3, respectiv pe cei 15 kilometri luați în studiu. De asemenea, s-a constatat că 72% din volumul transportat a fost încărcat în zona din amonte a drumului, respectiv pe tronsonul 3 (10 ... 15 km) și pe tronsonul 4 (peste 15 km). Cauza acestei distribuții pe lungimea drumului forestier este dată de structura proprietății pe valea Ciobăușului (în primii 6 km din vale, 70% din proprietăți sunt private), dar și de geomorfologia terenului (puține văi au ieșire în valea Ciobăușului pe primii 10 km, în fapt un singur drum forestier confluează pe primele două tronsoane din drumul forestier Ciobănuș, respectiv drumul forestier Lapoș).

Tabelul 4.32. Volumele încărcate pe cele 4 tronsoane studiate

Tronsonul tranzitat	Volumul încărcat [m ³]		Tonajul tranzitat, inclusive mijlocul de transport [tone]	Pondere [%]
	lemn	balast		
0 ... 5 km	3548	1278	8,322	18,76
5 ...10 km	2696	0	3,861	8,71
10 ... 15 km	12683	0	17,049	38,44
peste 15 km	11899	0	15,120	34,09
TOTAL	30826	1278	44,352	100

Așa cum reiese din datele sintetizate în tabelul 4.33, 73% din întregul volum de masă lemnoasă ce s-a transportat pe drumul forestier Ciobănuș, tranzitează cei 15 km luați în studiu. Astfel, se poate afirma că solicitarea generată de transportul masei lemnoase este relativ uniformă pe toți cei 15 km.

Tabelul 4.33. Volumele transportate (lemn și balast) pe cele 4 tronsoane ale drumului forestier

Tronsonul tranzitat	Volum tranzitat [m ³]		Tonaj tranzitat, inclusive mijlocul de transport [tone]	Pondere [%]
	lemn	balast		
0 ... 5 km	30826	1278	44352	100,00
5 ... 10 km	27278	0	36030	81,24
10 ... 15 km	24582	0	32169	72,53
peste 15 km	11899	0	15120	34,09

Un alt element important în evaluarea traficului pe drumul forestier Ciobănuș este reprezentat de numărul de curse zilnice efectuate în perioada 2014-2019 (semestrul 1). Astfel, pentru perioada menționată s-a realizat o inventariere a numărului de curse zilnice, a volumului de masă lemnoasă transportat, precum și a tonajului aferent (cu și fără mijloace de transport). După cum se observă în tabelul 4.34, unde sunt detaliate numărul de curse, volumele și tonajele transportate, aferente lunii martie 2014 (luna exemplificată aleator), rezultă că s-au efectuat 112 curse în plin, prin care s-a transportat un volum de 3.411 m³ masă lemnoasă, tonajul total tranzitat fiind de 4.471 tone (inclusiv masa mijloacelor de transport). Astfel, volumul mediu pe cursa transportată este de 30,45 m³, iar tonajul mediu al unei curse este de 39,91 tone (tabelul 4.35).

Tabelul 4.34. Volumele transportate în luna martie 2014

Data	Numărul de curse		Volumul [m ³]		Tonajul transportat [tone]	Tonajul total [tone]
	gol	plin	Răşinoase	Foioase		
01.03.2014	5	5	80,40	39,13	103,45	163,45
03.03.2014	7	7	110,56	70,32	158,77	256,77
04.03.2014	5	5	80,23	86,26	150,44	220,44
05.03.2014	1	1	0	26,98	26,98	40,98
06.03.2014	5	5	150,59	30,42	150,89	220,89
07.03.2014	10	10	194,06	62,53	217,78	337,78
08.03.2014	2	2	36,87	15,25	44,75	72,75
10.03.2014	5	5	110,26	40,31	128,52	198,52
11.03.2014	5	5	76,01	95,54	156,35	226,35
12.03.2014	7	7	107,38	120,53	206,43	304,43
13.03.2014	9	9	147,95	123,56	241,92	364,12
14.03.2014	5	5	94,64	61,03	136,74	196,74
15.03.2014	4	4	31,42	70,86	96,00	152,00
17.03.2014	5	5	87,44	89,45	0	229,40
18.03.2014	5	5	119,38	31,71	127,21	187,21
19.03.2014	3	3	70,52	30,67	87,09	129,09
20.03.2014	4	4	111,02	28,76	117,58	173,58
21.03.2014	6	6	145,46	47,83	164,20	248,20
22.03.2014	2	2	31,65	29,14	54,46	82,46
24.03.2014	5	5	111,36	60,84	149,93	219,93
26.03.2014	2	2	72,16	0	57,73	85,73
27.03.2014	2	2	0	39,49	39,49	67,49
28.03.2014	2	2	0	50,77	50,77	50,77
29.03.2014	1	1	37,50	0	30,00	44,00
31.03.2014	5	5	123,05	29,65	128,09	198,09
MARTIE	112	112	2129,91	1281,03	2825,556	4471,16

Tabelul 4.35. Volumele transportate și numărul de curse pe anul 2014

Luna	Numărul de curse		Volumul [m ³]		Tonajul transportat [tone]	Tonajul total [tone]
	gol	plin	Răşinoase	Foioase		
ianuarie	105	105	1412	763	1892	3272
februarie	138	138	2082	1491	3157	5011
martie	112	112	2130	1281	2826	4471
aprilie	111	111	1495	1405	2534	4114
mai	116	116	1102	1962	2844	4455
iunie	126	126	1688	1483	2834	4528
iulie	109	109	2119	878	2573	4009
august	126	126	2284	1088	2915	4649
septembrie	131	131	1777	1309	2731	4371
octombrie	115	115	1447	1271	2429	3855
noiembrie	114	114	1421	1340	2477	3954
decembrie	70	70	1061	776	1624	2564
TOTAL	1373	1373	20018	15046	30835	49253

Dacă este analizat numărul de curse pe întreaga perioadă (2014 – 2019, semestrul I – tabelul 4.36), se poate afirma că numărul de curse ce au tranzitat drumul forestier Ciobănuş a cunoscut o scădere lentă, dar continuă (în 2018 fiind cu 23% mai puține curse decât în anul 2014), însă scăderea volumului transportat a fost mult mai mică (doar 6%). Acest aspect poate conduce la concluzia că, deși volumul de lemn transportat nu a cunoscut variații semnificative, scăderea semnificativă a numărului de curse a determinat, în fapt, o creștere a volumului mediu transportat pe cursă și, implicit, a tonajului mediu.

Acest lucru este subliniat și în tabelul 4.37 unde se poate observa că volumul mediu per cursă a crescut de la 25,54m³ în anul 2014 la 34,25m³ pe cursă în anul 2019 (adică o creștere de 34%). De asemenea, și tonajul ansamblului autoplatformă/masă lemnoasă a cunoscut o creștere de la 35,87 tone/cursă la 42,71 tone/cursă (o creștere cu 20% a tonajului).

Tabelul 4.36. Volumele transportate și numărul de curse pe anul 2014

Anul	Numărul de curse	Volumul [m ³]		Volum total [m ³]	Balast s.a. [m ³]	Tonajul transportat [tone]	Tonajul total [tone]
		Rășinoase	Foioase				
2014	1373	20018	15046	35064		30835	49253
2015	1236	23710	10259	33970		29228	45518
2016	1291	15210	18849	34059		31470	48465
2017	1008	20284	8589	28873	1279	27012	40505
2018	1011	22658	11087	33746		29217	43182
2019	459	11795	3927	15722		13363	19604
TOTAL	6378	113676	67758	181434	1279	161124	246527

Tabelul 4.37. Volumele transportate și numărul de curse în perioada 2014 – 2019 (semestrul I)

Anul	Numărul de curse	Tonajul total [tone]	Volumul mediu pe cursă [m ³]	Tonajul mediu pe cursă [m ³]
2014	1373	49253	25,54	35,87
2015	1236	45518	27,48	36,83
2016	1291	48465	26,38	37,54
2017	1008	40505	28,64	40,18
2018	1011	43182	33,38	42,71
2019	459	19604	34,25	42,71
TOTAL	6378	246527		

Creșterea accentuată a volumului mediu transportat (34%), coroborat cu creșterea mai puțin agresivă a tonajului per cursă (20%) este un indiciu al înnoirii parcului de autotrenuri utilizat în transportul masei lemnoase, dar și o eficiență crescută în gestionarea costurilor aferente transportului masei lemnoase, însă cu impact direct în accentuarea degradărilor produse asupra rețelei de transport forestiere și în scăderea duratei de viață a drumurilor (figura 4.25).

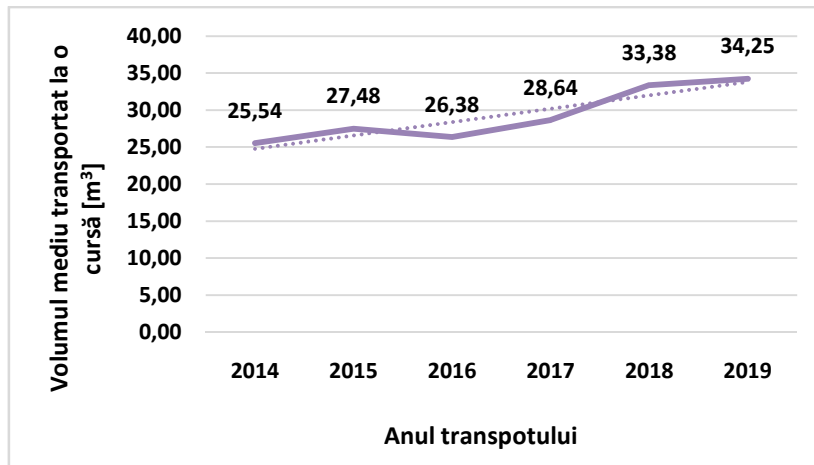


Figura 4.25. Evoluția volumului mediu transportat la o cursă, în perioada 2014 – 2019

4.8. Evaluarea numerică a drumurilor forestiere prin metoda elementului finit

4.8.3. Încărcarea cu sarcina de 45 tone

4.8.3.1. Structura rutieră de tip I

Deformația maximă se află în mijlocul suprafeței de apăsare și variază în funcție de roata care trece peste suprafața de apăsare considerată (figura 4.44).

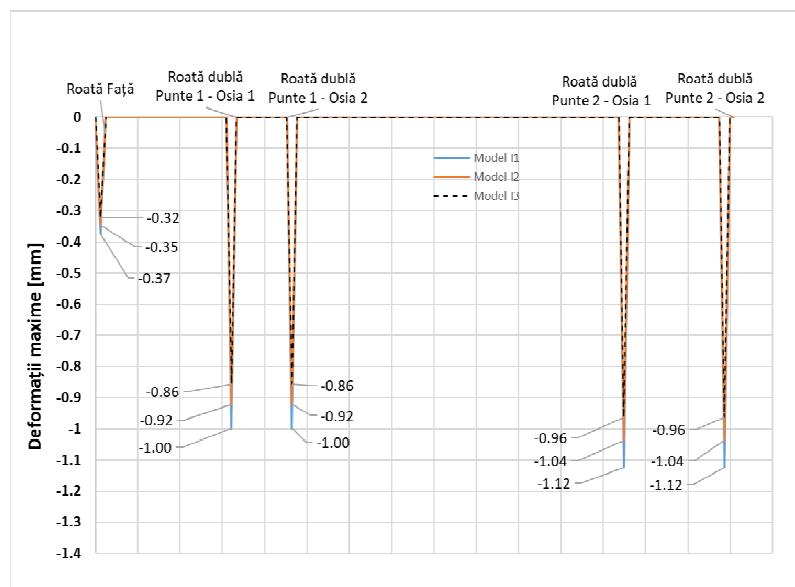


Figura 4.44. Deformații la nivelul structurii rutiere de tip I, solicitată la 45 tone

Tipul I.3 de structură este mai rigid, având deplasările pe suprafața de contact mai mici decât celelalte 2 tipuri. Rigiditatea mai mare a acestui tip de drum este dată de stratul mai gros de balast, existent pe patul drumului. Deformațiile în adâncime ale structurii rutiere sunt indicate în figura 4.45. Și în acest caz se observă că modelul I.3 este mai rigid decât celelalte două modele, stratul de balast existent pe patul căii, având influența mai mare în rigiditatea totală a structurii.

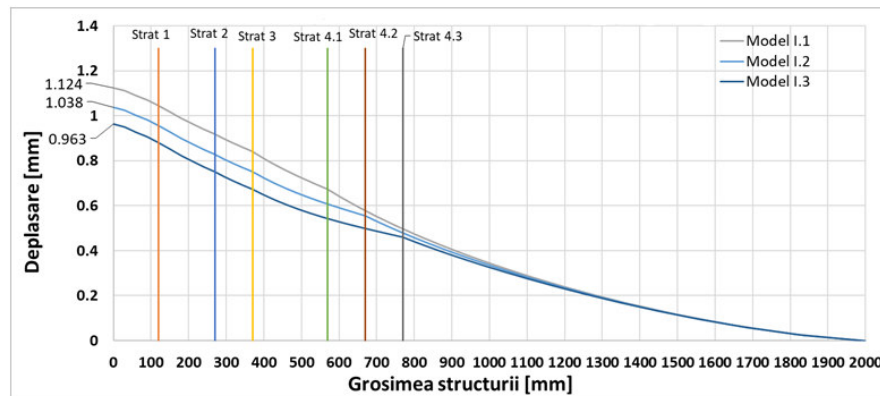


Figura 4.45. Deplasarea straturilor în adâncime pentru structura de tip I, solicitată la 45 tone

Deformațiile remanente, prezentate în figura 4.46, sunt mai mari pentru modelul I.1 datorită stratului mai subțire de balast existent pe patul drumului și, implicit, a elasticității mai mari a suprastructurii drumului, comparativ cu celelalte două structuri.

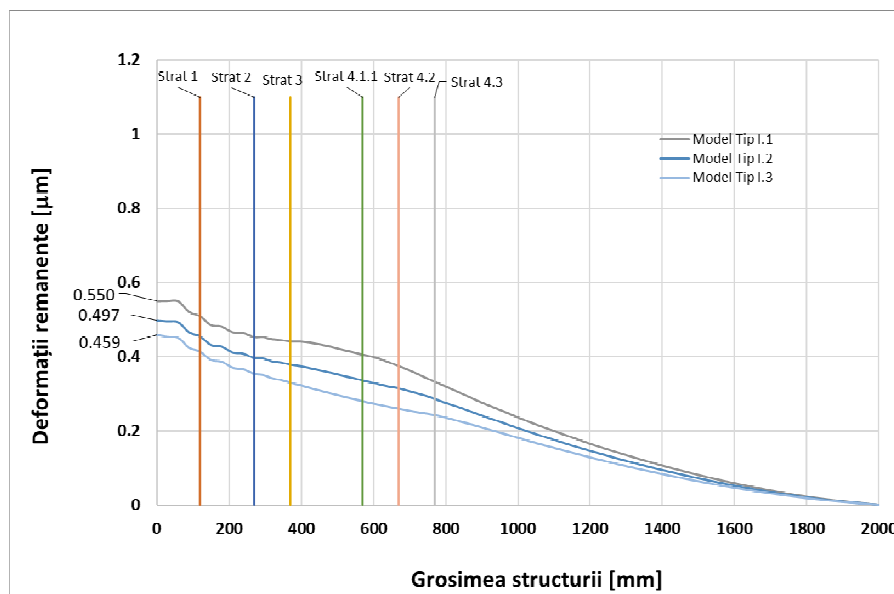


Figura 4.46. Deformațiile remanente ale straturilor în adâncimea structurii rutiere de tip I, solicitată la 45 tone

4.8.3.2. Structura rutieră de tip II

Deformația maximă a suprafeței de apăsare apare pe mijlocul suprafeței, ca și la tipul I de structură și variază în funcție de roata care trece pe suprafața de apăsare (figura 4.47).

Tipul II.3 de structură este mai rigid, având deplasările pe suprafața de contact mai mici decât celelalte 2 tipuri. Rigiditatea mai mare a acestui tip de drum este dată de stratul de balast (400 mm), existent pe patul drumului. Ca și la structura de drum tip I, varianta constructivă cu stratul de balast mai gros este mai rigidă decât celelalte două variante. Deformațiile în adâncime ale structurii de tip II, prezentate în figura 4.48, indică faptul că modelul II.3 este mai rigid decât celelalte două modele. Și pentru acest tip de drum se observă că stratul de balast are influență în rigiditatea totală a structurii

rutiere. Deasemenea, se observă câte un salt de rigiditate în planul de separație al fiecărui strat component al structurii rutiere.

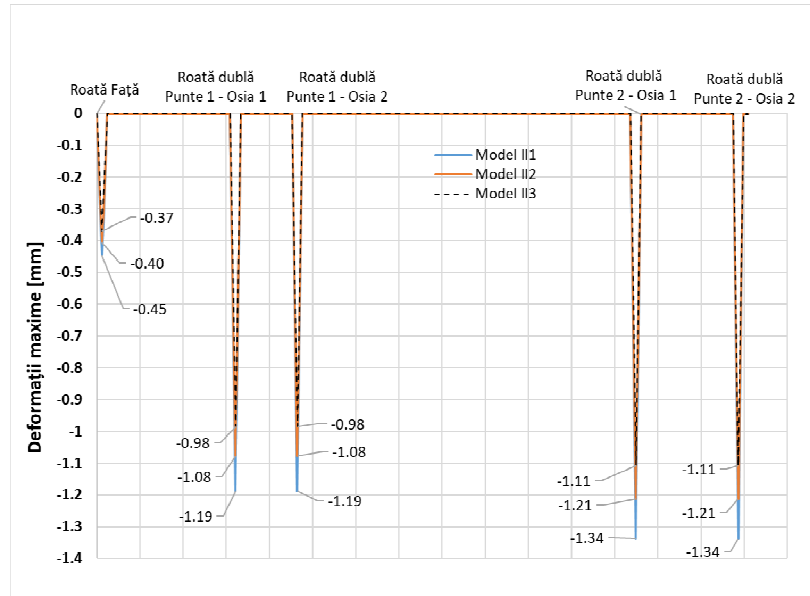


Figura 4.47. Deformații la nivelul structurii rutiere de tip II, solicitată la 45 tone

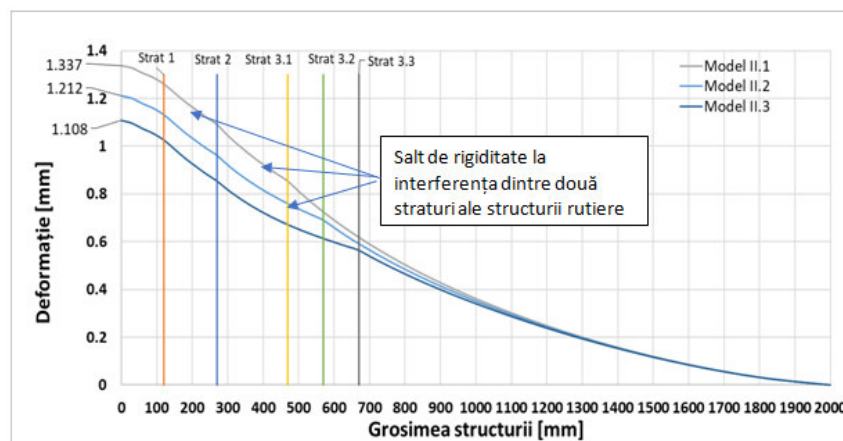


Figura 4.48. Deplasarea straturilor în adâncime pentru structura de tip II, solicitată la 45 tone

Deformațiile remanente pentru tipul II de structură sunt prezentate în figura 4.49, modelul II.1 având deformații remanente mai mari, ca și la tipul de drum I, datorită stratului mai subțire de balast existent pe patul drumului și, implicit, a elasticității mai mari a structurii rutiere. Pentru aceste deformații se observă salturi de rigiditate în secțiunea dintre două straturi din componența suprastructurii drumului.

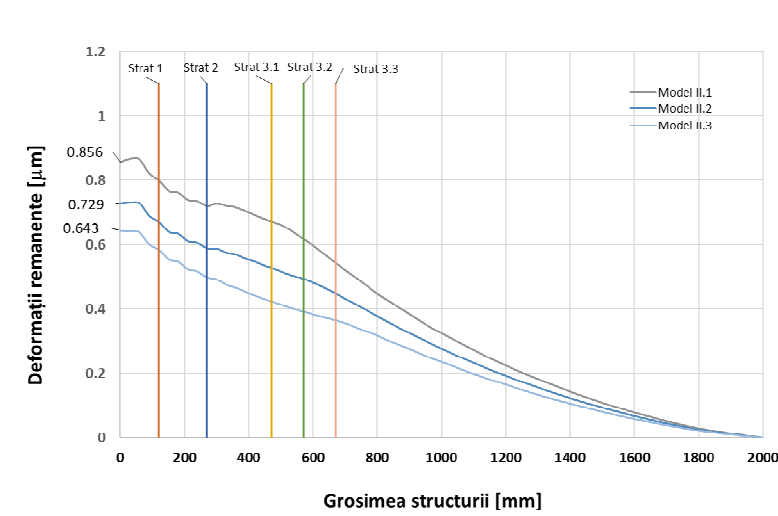


Figura 4.49. Deformațiile remanente ale straturilor în adâncimea structurii rutiere de tip II, solicitată la 45 tone

4.8.3.3. Structura rutieră de tip III

Deformațiile maxime, și în această situație, apar la mijlocul suprafeței de contact dintre roatăși drum și variază în funcție de roata care trece peste suprafața de apăsare (figura 4.50).

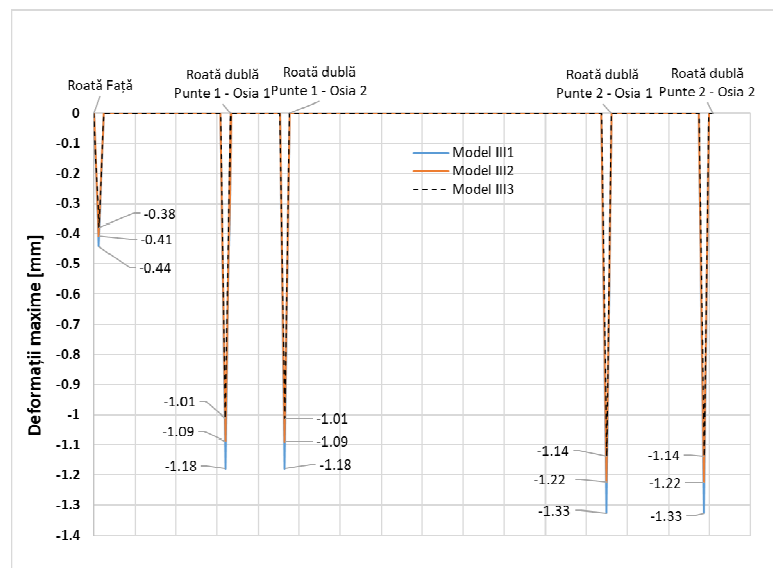


Figura 4.50. Deformații la nivelul structurii rutiere de tip III, solicitată la 45 tone

Se observă că tipul III.3 de structură este mai rigid comparativ cu celelalte două variante (III.1 și III.2), având deformația pe suprafața de contact mai mică. Rigiditatea mai mare a acestui tip de drum este dată, și în acest caz, de stratul de balast, existent pe patul drumului. Deformațiile în adâncime ale structurii de tip III, sunt prezentate în figura 4.51, unde modelul III.3 este mai rigid decât celelalte două. Saltul de rigiditate la schimbarea fiecărui strat component al drumului este vizibil și în acest caz.

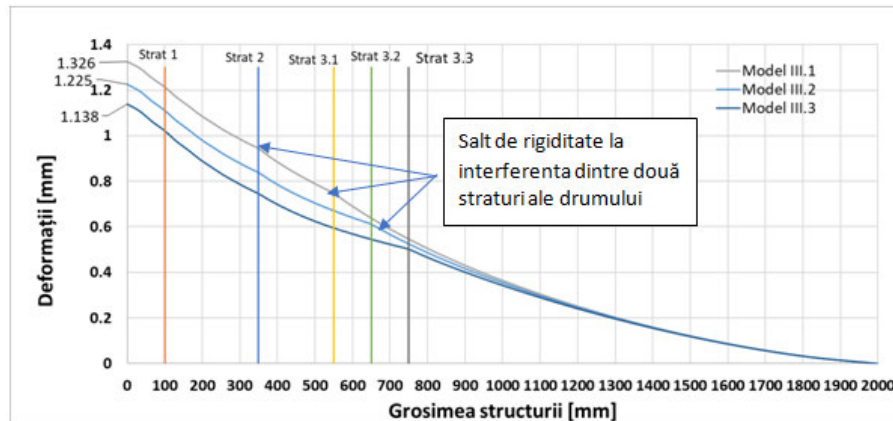


Figura 4.51. Deplasarea straturilor în adâncime pentru structura de tip III, solicitată la 45 tone

Deformațiile remanente pentru tipul III de structură sunt prezentate în figura 4.52, modelul III.1 având deformații remanente mai mari, datorită stratului mai subțire de balast existent pe patul drumului și, implicit, al elasticității mai mari ale suprastructurii drumului.

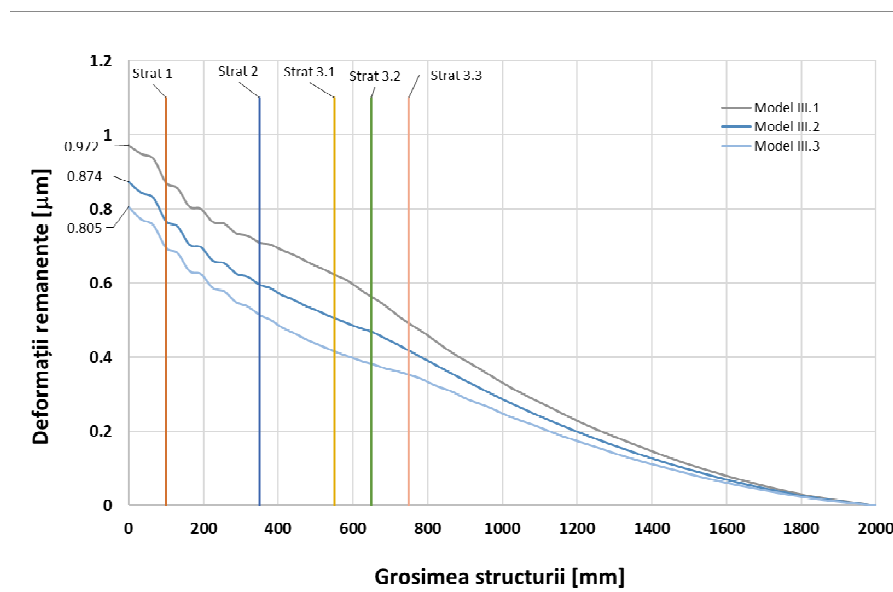


Figura 4.52. Deformațiile remanente ale straturilor în adâncimea structurii rutiere de tip III, solicitată la 45 tone

4.8.4. Rezultatele evaluării numerice a structurilor rutiere

Atât deplasările de la suprafața drumului, cât și deformațiile remanente ale acestuia depind de rigiditatea structurii rutiere care este dată de grosimea straturilor componente, dar și de modulul de elasticitate al materialelor folosite.

Din figurile 4.53 – 4.55 se observă că pentru toate cele trei modele tip, aferente suprastructurii drumului forestier, scenariul 3 (I.3, II.3, III.3) este cel mai rigid dintre toate variantele studiate, acesta având deformațiile cele mai mici de la nivelul suprafeței de contact, fapt datorat stratului existent de balast (mai gros – 400 mm). În ceea ce privește deformațiile maxime și deformațiile remanente, modelele de tip II și III de structură sunt aproximativ identice din punct de vedere al deformațiilor de

suprafață ale drumului, modelul tip de suprastructură I având deformațiile cele mai mici, fiind astfel cel mai corespunzător pentru cerințele actuale ale traficului.

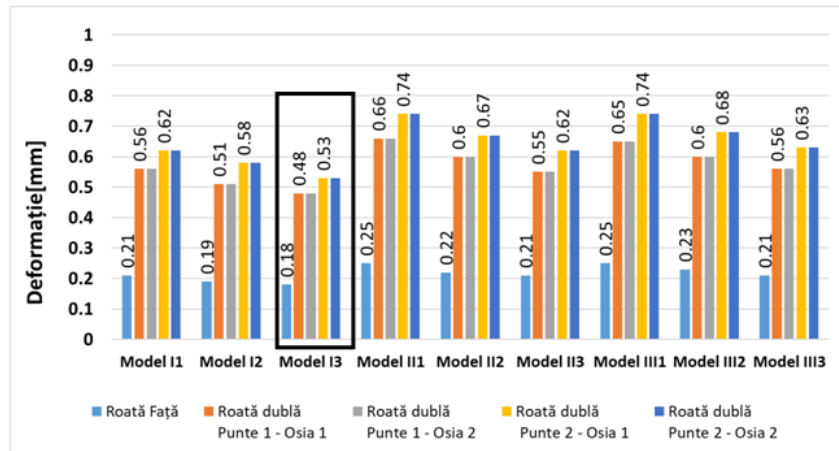


Figura 4.53. Deformațiile maxime pe suprafața de contact, pentru încărcarea de 25 tone

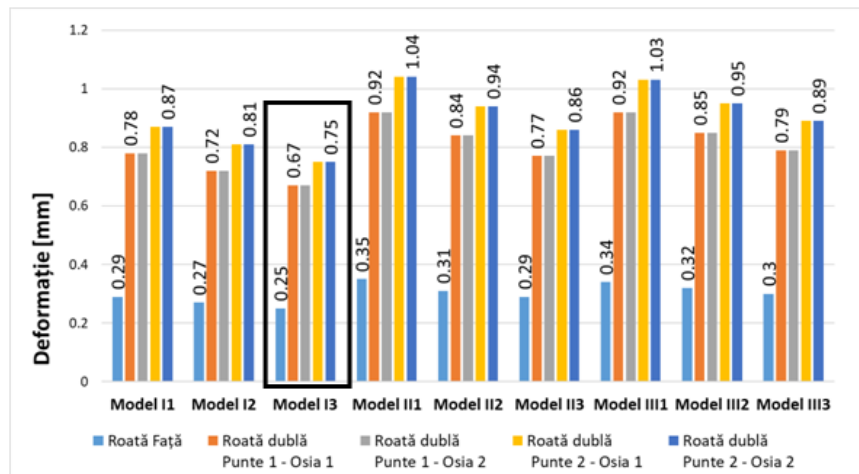


Figura 4.54. Deformațiile maxime pe suprafața de contact, pentru încărcarea de 35 tone

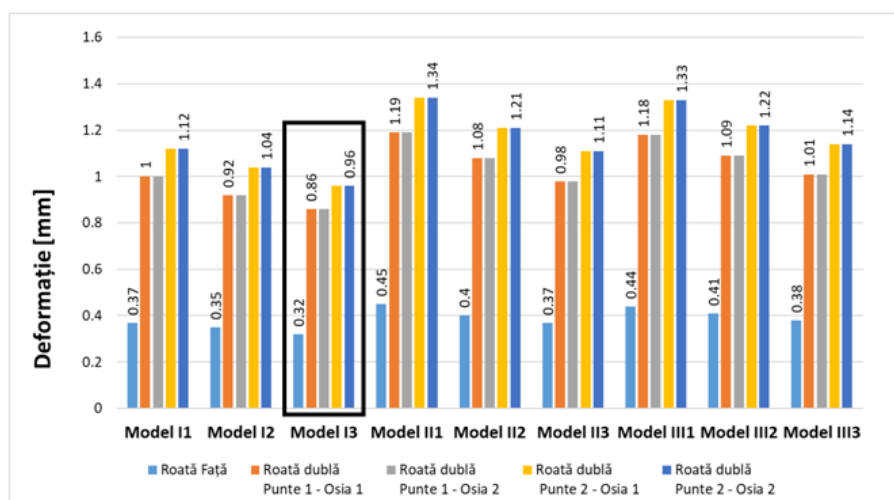


Figura 4.55. Deformațiile maxime pe suprafața de contact, pentru încărcarea de 45 tone

În figurile 4.56 – 4.58 sunt prezentate rezultatele comparative ale deplasărilor drumului la suprafață, la fiecare roată în parte, pentru cele trei încărcări (25, 35 și 45 de tone).

Datorită faptului că analiza cu elemente finite s-a făcut în domeniul liniar, proprietățile mecanice ale materialelor sunt în zona elastică de deformare, există o dependență lineară între sarcina aplicată în calcul și deplasările obținute în urma calculului. Astfel, pentru o diferență de sarcină de 10 tone (35-25=10 tone ori 45-35=10 tone) diferențele deplasărilor dintre modele sunt egale sau foarte apropiate valoric. De exemplu, pentru modelul I1 diferența deplasărilor dintre încărcarea de 25 de tone și cea de 35 de tone este 0,08 mm, identică cu diferența deplasării obținută dintre 35 de tone și 45 de tone (figura 4.56). Acest lucru înseamnă că rezultatele deplasărilor pot fi extrapolate la orice sarcină pentru care se dorește calcularea deplasărilor pe suprafața structurii rutiere.

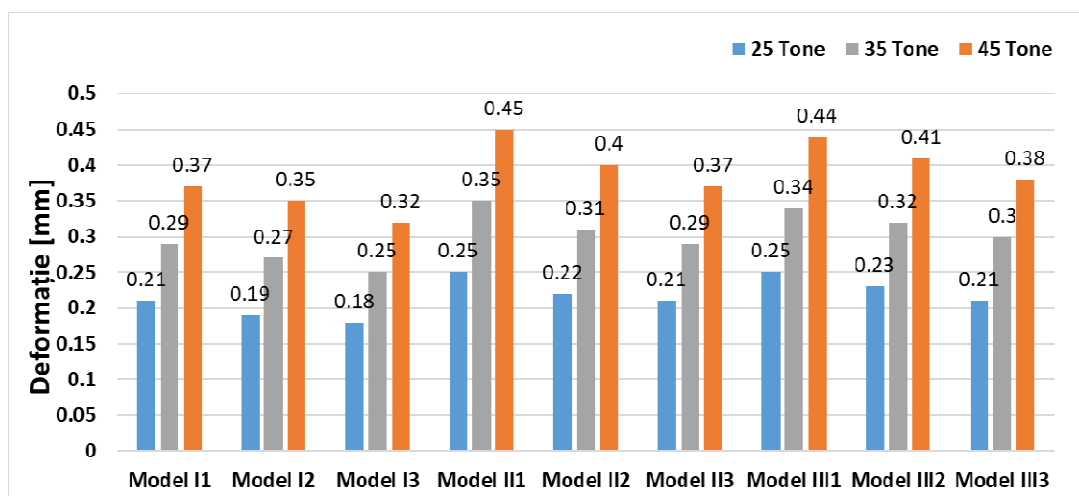


Figura 4.56. Deformațiile maxime pe suprafața de contact pentru roata față a ATF 25

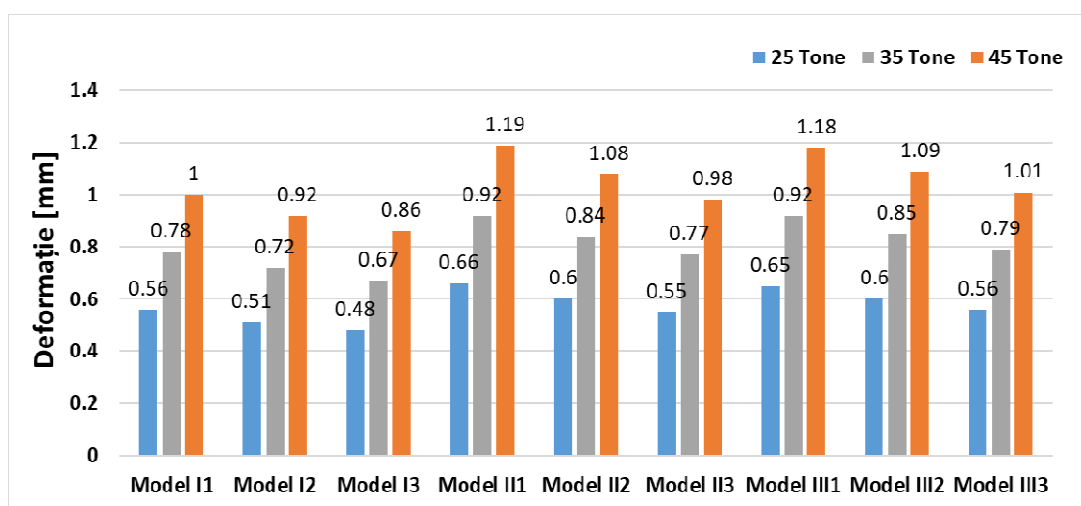


Figura 4.57. Deformațiile maxime pe suprafața de contact pentru roata dublă – puntea 1

Din analiza comparativă se observă că deplasările minime sunt pe modelul 3 (I3, II3, III3), pe roata față, iar deplasările maxime sunt pe modelul 1 (I1, II1, III1), roata dublă spate, osia 1 și 2. Deoarece deplasările pentru osia 1 și osia 2 după cele două punți sunt identice, în graficele din figurile 4.57 și 4.58 sunt prezentate doar valorile pentru o singură osie.

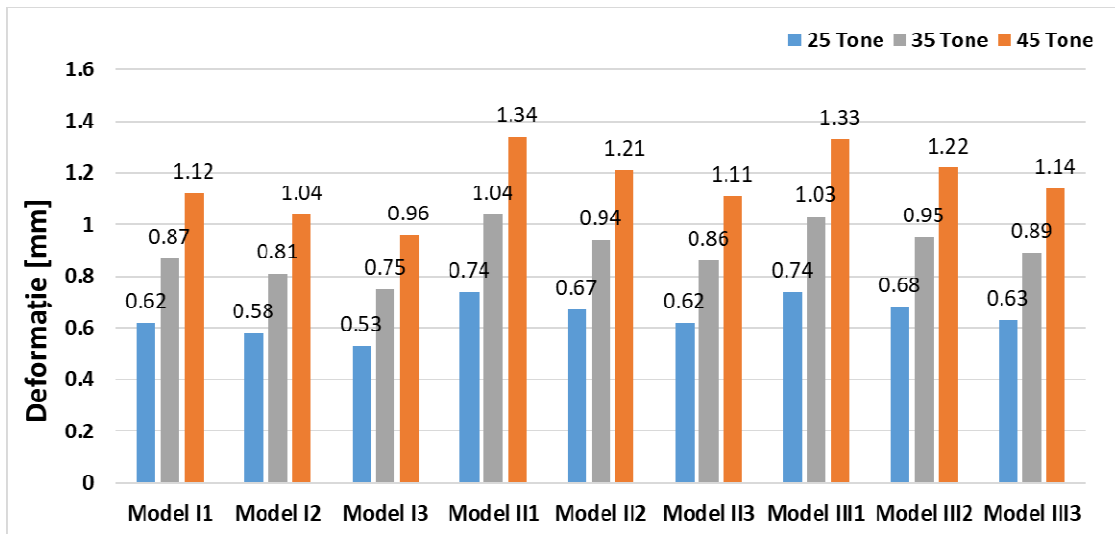


Figura 4.58. Deformațiile maxime pe suprafața de contact pentru roata dublă – puntea 2

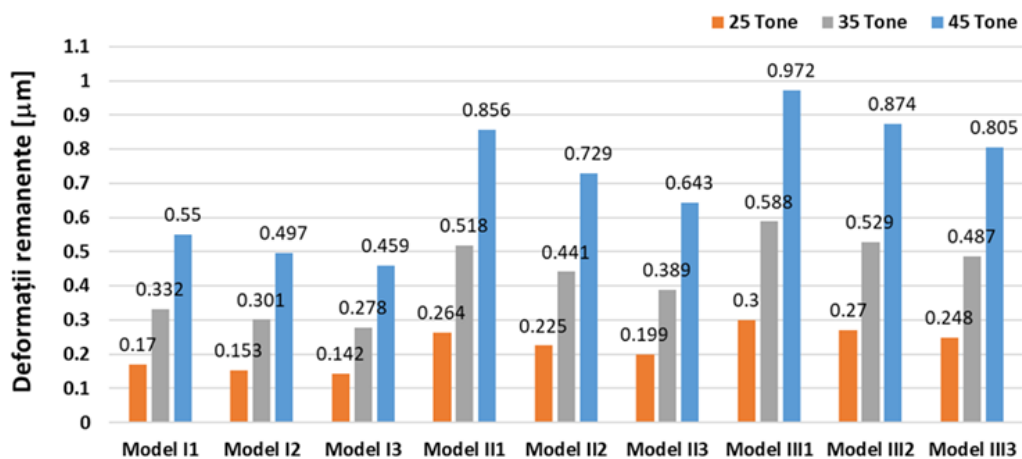


Figura 4.59. Deformații remanente maxime pe suprafața de contact

Ca și la deplasările maxime pe suprafața de contact, modelul 3 (I.3, II.3, III.3 – figurile 4.60 – 4.62) are deformațiile remanente cele mai mici, deci, rezultă că acest model este cel mai rigid. Acest lucru se datorează stratului mai gros de balast, existent pe patul drumului. În consecință, modelul 3 prezintă și o rigiditate mai mare a structurii rutiere comparativ cu modelele 1 și 2.

Grosimea stratului existent pe patul drumului are o influență semnificativă în rigiditatea drumului pentru toate cele trei tipuri de drum studiate. Însă, o rigiditate mai mare a drumului duce la o deformare remanentă mai mică a sistemului rutier și, implicit, la o durată mai mare de utilizare în timp (Kiss et al. 2015).

Diferența dintre deformațiile remanente, pentru cele 6 modele de structuri rutiere studiate, se poate consulta și în figurile 4.60 – 4.62, unde, folosind aceeași scară comparativă și aceeași distribuție de culori, se observă distribuția deformațiilor în adâncime și pe direcția de deplasare a autovehiculului. Dintre cele trei tipuri de structuri rutiere studiate, structura tip I este cea mai rigidă, urmată de structura de tip II, iar structura de tip III fiind cea mai elastică, poate conduce la o deformare permanentă mai rapidă a drumului, formându-se astfel făgașe pe calea de rulare.

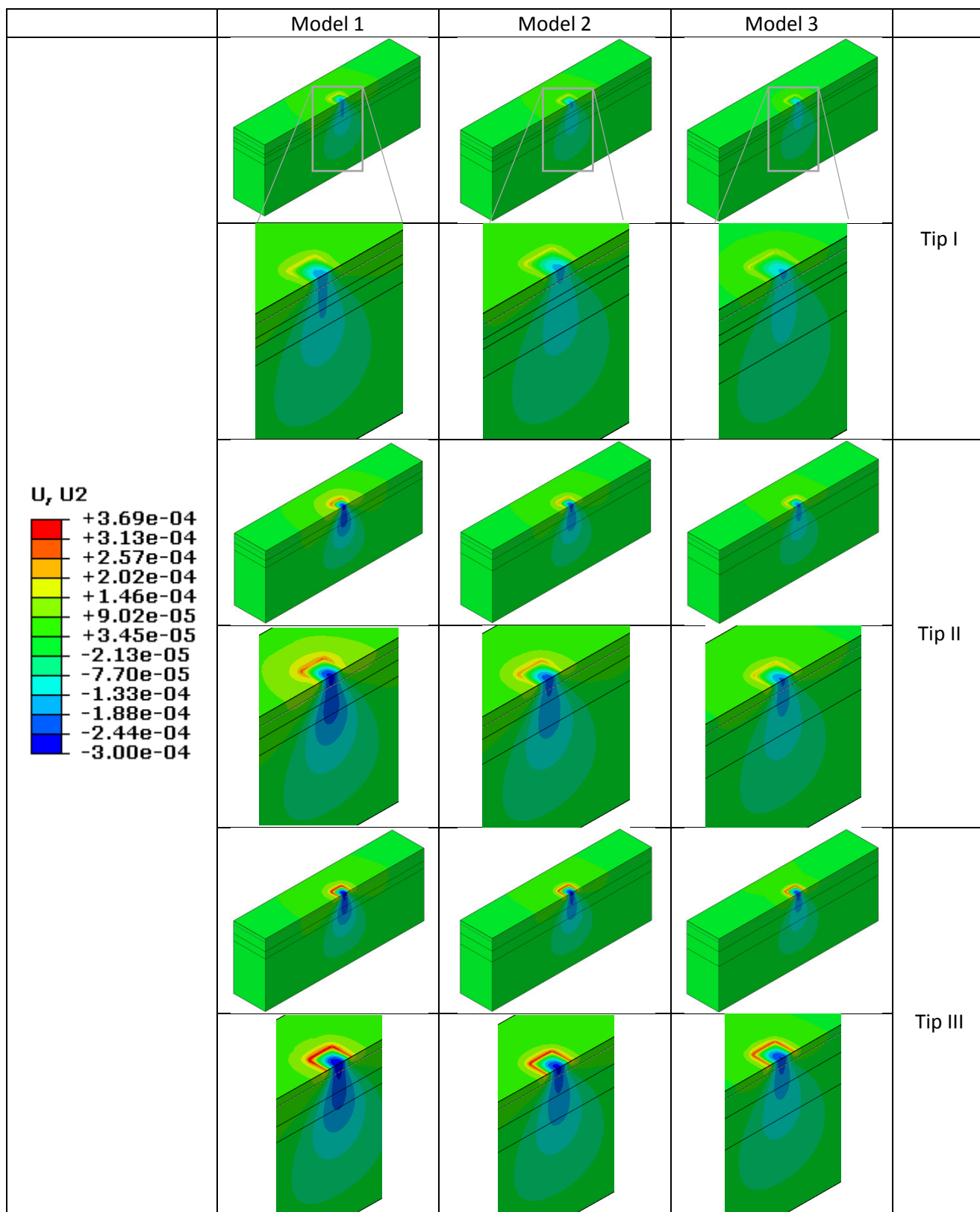


Figura 4.60. Studiul comparativ al deplasărilor remanente ale structurilor rutiere după trecerea autoplatfomei forestiere cu sarcina utilă de 25 tone

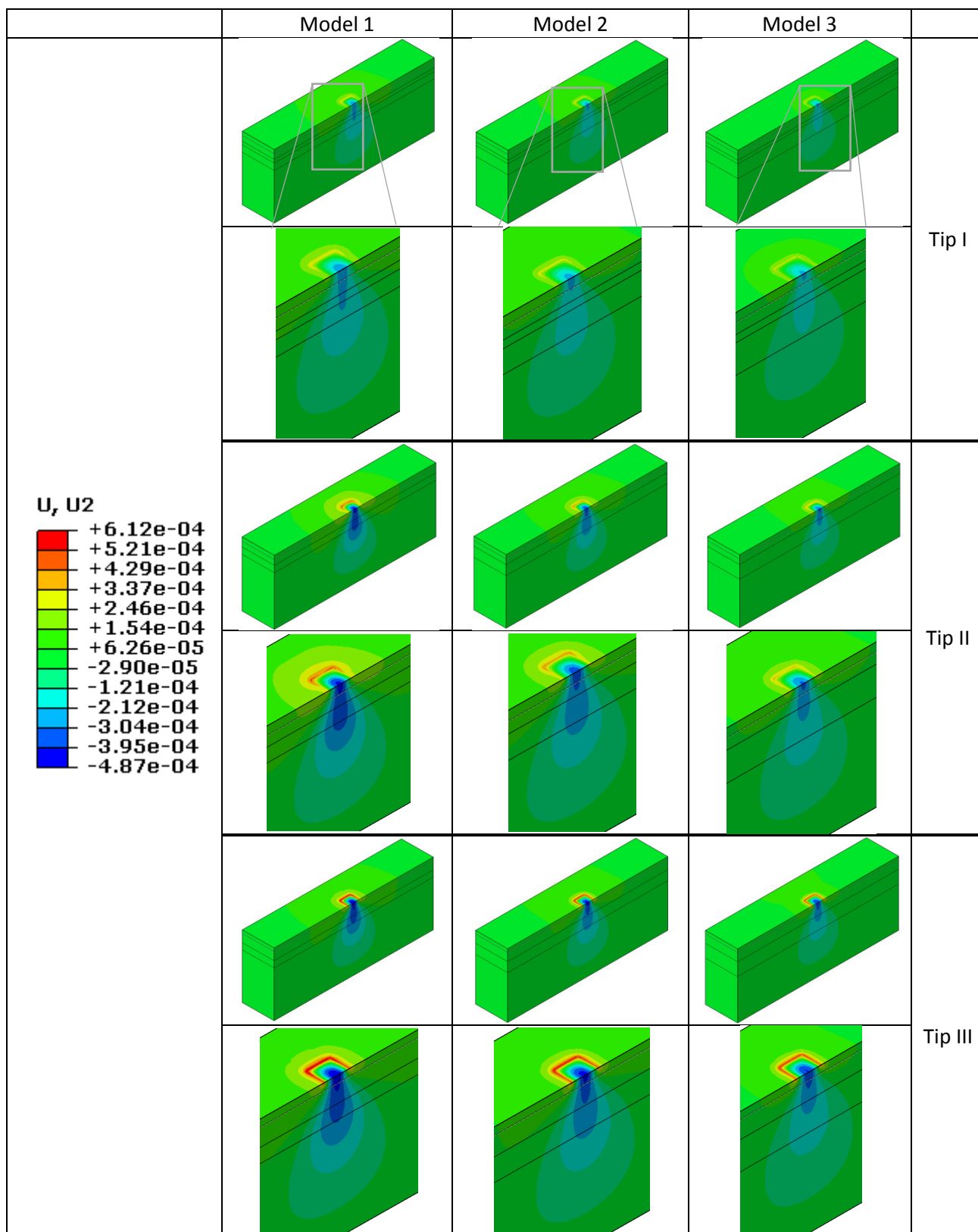


Figura 4.61. Studiul comparativ al deplasărilor remanente ale structurilor rutiere după trecerea autoplatfomei forestiere cu sarcină utilă de 35 tone

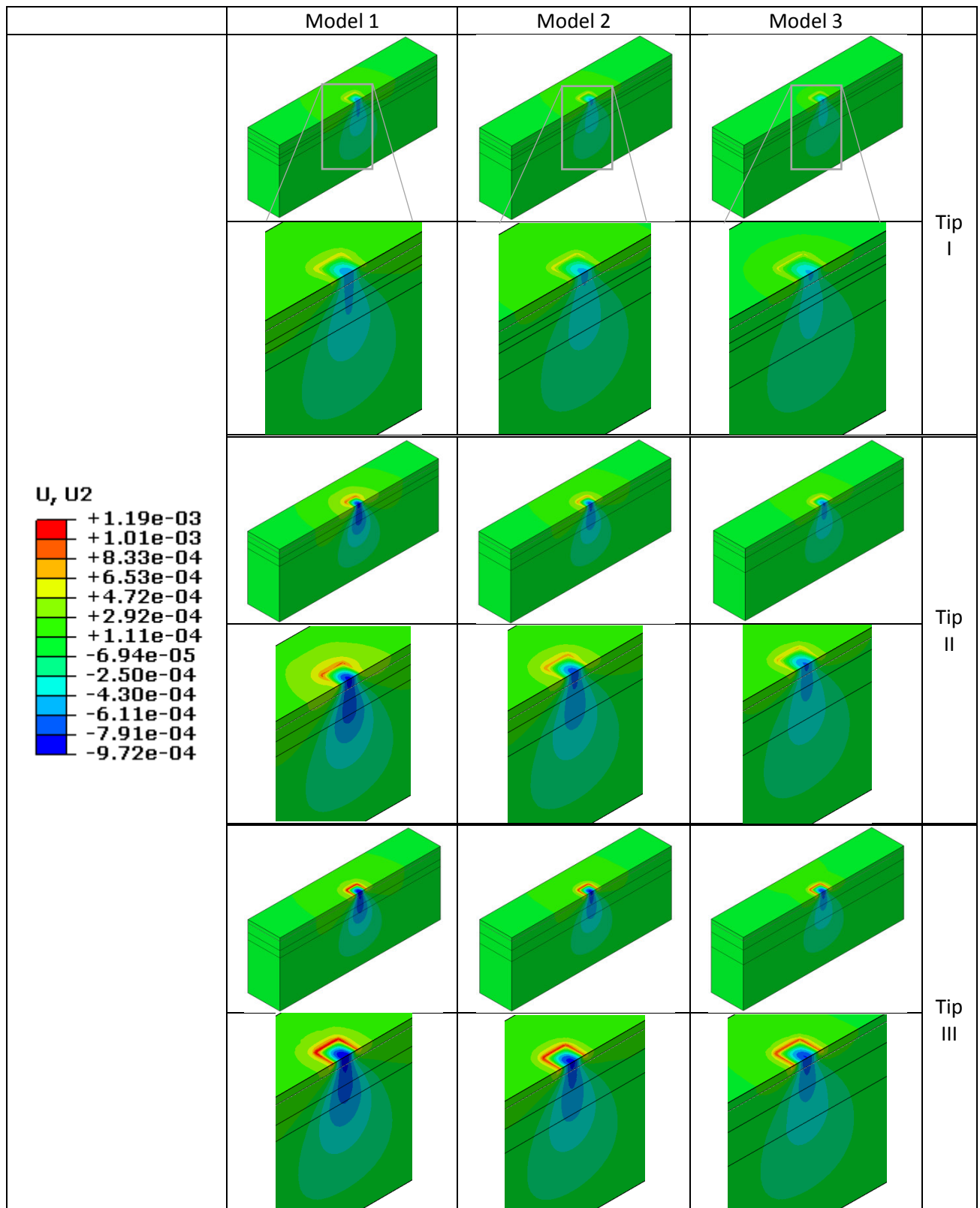


Figura 4.62. Studiul comparativ al deplasărilor remanente ale structurilor rutiere după trecerea autoplatformei forestiere cu sarcină utilă de 45 tone

Deformațiile în adâncime ale drumului sunt mai mari în stratul de suprafață al acestuia și scad odată cu adâncimea. Deformarea patului drumului depinde de structura straturilor componente, deformația acestuia fiind diferită pentru fiecare caz studiat.

Folosind programul Calderom 2000 s-au calculat deformațiile în patul drumului pentru sarcinile de 25 și 35 de tone (tabelul 4.39). Comparând rezultatele obținute cu metoda elementului finit, la nivelul patului căii, cu cele din Calderom 2000 se observă că există o diferență importantă dintre cele două moduri de calcul. Diferențele pot fi datorate ipotezelor de calcul proprii celor două metode. O comparație grafică între cele două structuri este prezentată în figura 4.63. Pentru acest model, deformațiile remanente sunt sub limita de acceptabilitate impusă. Pentru ca rezultatele obținute în urma analizei cu elemente finite să poată fi comparată cu calculul analitic din Calderom 2000, acestea au fost multiplicare cu 2 datorită folosirii simetriei modelului în calculul cu ajutorul metodei elementului finit.

Tabelul 4.39. Compararea rezultatelor obținute prin cele două metode pentru deformațiile de la nivelul patului drumului

Modelul încercat	Deformații remanente [μm]				
	MEF		CALDEROM 2000	Valori admisibile	
	25 tone	35 tone		25 tone	35 tone
I.1	250,426	490,804	606	1035	917
I.2	194,422		452		
I.3	149,828		345		
II.1	414,830	813,072	888		
II.2	305,192		632		
II.3	225,474		465		
III.1	384,762	754,008	720		
III.2	289,946		528		
III.3	218,006		397		

În cazul deformațiilor remanente nu se mai păstrează proporția de deformare pentru diferite sarcini de încărcare, așa cum este valabil în cazul calculului deplasărilor maxime, relaxarea drumului neavând un comportament liniar, ceea ce conduce la rezultate finale diferite prin aplicarea metodei elementului finit și a rulării programului CALDEROM 2000.

Deformațiile remanente obținute după multiple treceri pot duce la formarea de fâgașe pe calea de rulare, suprastructura tip cu cele mai mici deformații remanente fiind modelul I.

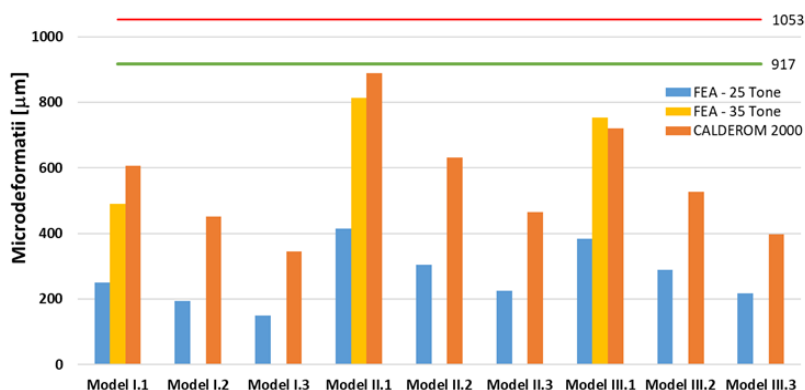


Figura 4.63. Compararea rezultatelor obținute prin cele două metode pentru deformațiile de la nivelul patului drumului

4.10. Dimensionarea sistemelor rutiere în condițiile actuale de trafic

4.10.1. Dimensionarea lucrărilor de întreținere

Astfel, în urma evaluării stării tehnice a drumului forestier Ciobănuș, s-a întocmit antemăsurătoarea lucrărilor, detaliată în tabelul 4.40. Lucrările propuse au constat în scarificarea suprastructurii drumului, reprofilarea, completarea cu balast și compactarea acestuia, precum și refacerea parțială sau integrală a șanțurilor.

Tabelul 4.40. Antemăsurătoarea lucrărilor de întreținere pe drumul forestier Ciobănuș

Nr. crt.	Indicativ	Denumire	U.M.	Cantitate
1.	DA04A1	Scarificarea mecanică a platformei drumului, executată cu autogrederul, pe o adâncime de cel puțin 5 cm împietruire, fără adunarea materialelor	100 m ³	60
2.	DH03A1	Reprofilarea părții carosabile a drumurilor împietruite, executată mecanic cu autogrederul	100 m ²	1800
3.	TSD 08A1	Compactarea cu umplutură, cu compactor pe pneuri, autopropulsat, de 10,1 ... 16 t, în strat de 15 ... 25 cm grosime, în pământ necompactat	100 m ³	60
4.	L9F	Curățarea manuală a șanțurilor și rigolelor de resturi lemnoase și pietre	100m	14
5.	TSC02D1	Săpătura cu excavatorul pe pneuri 0,21 ... 0,39 m ³ , pământ cu umiditate naturală, descărcare automată, teren de categoria a II-a	100 m ³	12,88
6.	TSA01C1	Săpătură manuală în spații întinse, în pământ cu umiditate naturală, aruncare în depozit a vehiculului, la H < 0,6 m, tare	m ³	592
7.	TSC02D1	Săpătura cu excavatorul pe pneuri, 0,21 ... 0,39 m ³ , pământ cu umiditate naturală, descărcare automată, teren de categoria a II-a	100 m ³	23.68
8.	DA06B1	Strat de agregate naturale, cilindrare cu funcție de rezistență, filtrantizolator, aerisire și anticapilar, cu așternere mecanică de balast	m ³	1440
9.	DA06A1	Strat de agregate naturale, cilindrare cu funcție de rezistență, filtrantizolator, aerisire și anticapilar, cu așternere manuală de balast	m ³	360
10.	TRA02A50	Transport rutier al materialelor, semifabricatelor cu autocamionul pe distanța de 50 km	tone	3878
11.	TRA02A20	Transport rutier al materialelor, semifabricatelor cu autocamionul pe distanța de 20 km	tone	3878
12.	TRA04A50	Transport rutier al materialelor, semifabricatelor cu autoremorcheră cu remorciteiler de 20 tone, pe distanța de 20 km	tone	80

În funcție de lucrările propuse în antemăsurătoare, s-a întocmit devizul de lucrări, acesta fiind întocmit în acord cu indicatoarele de norme de deviz – editia 1981 (***) 1981). În tabelul 4.41 sunt menționate indicativele de norme de deviz, cantitățile de lucrări rezultate din antemăsurători, precum și

descrierea fiecărui indicativ de normă. În descrierea (definirea) indicativelor de normă sunt descrise condițiile de execuție (categorie teren, adâncime de săpare etc.), tehnologiile utilizate, precum și cantitățile de resurse necesare edificării unei cantități de lucrări unitare (conform unităților de măsură aferente fiecărei categorii de lucrări).

În ceea ce privește categoriile de resurse necesare realizării lucrărilor propuse, acestea au fost împărțite în patru categorii, respective resurse materiale, resurse cu mâna de lucru, resurse aferente consumurilor de ore de funcționare a utilajelor de construcții și resurse privind consumurile privind transporturile. Astfel, în ceea ce urmează, se vor detalia resursele ce stau la baza devizului lucrărilor de întreținere al suprastructurii drumului forestier Ciobănuș (tabelul 4.41).

Tabelul 4.41. Listă de resurse aferentă devizului pentru întreținerea drumului forestier Ciobănuș

Nr. crt.	Denumirea resursei materiale	U.M.	Cantitatea
MATERIALE			
1.	balast nespălat de râu 0 ... 70 mm	m ³	2360
2.	apă industrială	m ³	417
MANOPERĂ			
1.	pavator	ora	946
2.	săpător	ora	859
3.	muncitor deservire construcții	ora	237
Total manoperă		ora	2042
UTILAJE			
1.	excavator	ora	175
2.	autogreder până la 175 CP	ora	309
3.	compactator static autopropulsat	ora	499
4.	autocisternă	ora	41
TRANSPORT			
1.	TRA02A50 Transport rutier pe distanța de 50 km	tone	3978
2.	TRA02A20 Transport rutier pe distanța de 20 km	tone	3978
3.	TRA04A50 Transport rutier cu autoremorchere cu remorci treiler de 20 t pe distanța de 20 km	tone	80

În normativul pentru întreținerea drumurilor forestiere (***) 2015a) sunt reglementate resursele alocate pe tipuri de lucrări (întrețineri, reparații curente și capitale) pe fiecare categorie de drum forestier (secundar, principal, magistral), dar și în funcție de tipul de îmbrăcăminte sau de traficul anual. În ceea ce urmează se va face o analiză comparativă între resursele alocate de normativ (***) 2015a) și cele necesare asigurării funcționalității drumului forestier Ciobănuș. Având în vedere că elementele geometrice actuale ale drumului forestier Ciobănuș corespund unui drum forestier secundar, chiar dacă raportat la trafic ar trebui încadrat ca drum principal, comparația se va face pe această categorie de drum, respectiv pentru drum secundar – tabelul 4.42.

Tabelul 4.42. Comparație între resursele reglementate de normativul de întreținere și cele necesare, rezultate din antemăsurătoare (întreținere drum forestier secundar)

Nr. crt.	Specificații	Necesar de resurse			U.M.	Realizat (U.M.)	Depășire procentuală [%]
		minim	mediu	maxim			
1.	autogreder	3,9	5,6	6,7	ore	20,6	307
2.	excavator	1,1	2,6	3,6	ore	11,6	322
3.	compactator	7,5	11,0	14,0	ore	33,0	236
4.	balast	17,8	24,0	34,7	m ³	157,0	452
5.	manoperă	61,0	120,0	179,0	ore	136,0	76
6.	transport	34,0	50,0	65,0	tona	265,0	408

Așa cum rezultă din tabelul 4.43, necesarul de resurse aferent devizului de întreținere al drumului forestier Ciobănuș este depășit cu procente cuprinse între 236% și 452% raportat la cele maxime prevăzute în normativ (***) 2015b), singura excepție fiind reprezentată de manoperă, care are o pondere nesemnificativă în valoarea devizului. Depășirile aferente fiecărei resurse sunt reprezentate grafic în figura 4.64 fiind relevant neîncadrarea în resursele alocate. În ceea ce privește cantitatea de material pietros (balast) necesară a se utiliza la întreținerea suprastructurii drumului forestier Ciobănuș, aceasta este mai mare cu 452% (tabelul 4.43) raportat la cantitatea maximă reglementată pentru întreținerea unui drum forestier secundar (***) 2015b) și cu 162% mai mare decât maximum reglementat pentru un drum forestier magistral cu două benzi. Dacă raportarea se face la cantitățile normate pentru reparații curente (tabelul 4.44), se remarcă faptul că materialul pietros rezultat din antemăsurare depășește cu 126% volumele maxime acordate pentru un drum secundar, cantitatea de balast necesară fiind cea reglementată pentru reparația curentă a unui drum forestier magistral.

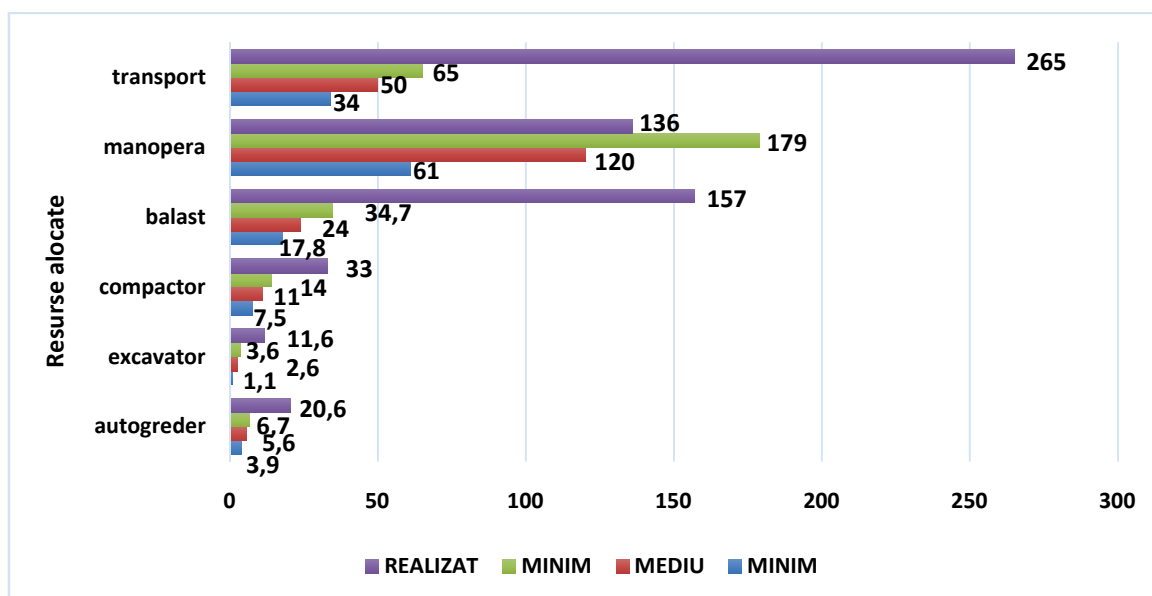


Figura 4.64. Resursele necesare lucrărilor de întreținere și cele reglementate prin normativul de întreținere (***) 2015b)

Tabelul 4.43. Comparație între resursele de material pietroase reglementate (***) 2015a) și cele necesare, rezultate din antemăsurătoare pentru lucrările de întreținere

Nr. crt.	Categorია drumului, felul îmbrăcămînții rutiere, traficul anual	Material pietros [m ³]		Valori obținute deviz [m ³]	Depășire procentuală [%]	
		minim	maxim		minim	maxim
1.	I, pietruit, cu două benzi	20,0	96,8	157	785	162
2.	I, pietruit, cu o bandă	37,4	72,7	157	420	216
3.	II, pietruit, 20 ... 50 mii t/an	29,9	58,1	157	525	270
4.	II, pietruit, sub 20 mii t/an	24,3	47,2	157	646	333
5.	III, pietruit, 1 ... 5 mii t/an	17,8	34,7	157	882	452

Tabelul 4.44. Comparație între sursele de materiale pietroase normate și cele necesare, rezultate din antemăsurătoarea pentru lucrările de reparații curente

Nr. crt.	Categorია drumului, felul îmbrăcămînții rutiere, traficul anual	Material pietros [m ³]		Valori obținute deviz [m ³]	Depășire procentuală [%]	
		minim	maxim		minim	maxim
1.	I, pietruit, cu două benzi	139,2	201,1	157	113	78
2.	I, pietruit, cu o bandă	116,9	168,9	157	134	93
3.	II, pietruit, cu o bandă	99,9	144,3	157	157	109
4.	III, pietruit, cu o bandă	86,0	124,3	157	183	126

Așa cum este reprezentat grafic în figura 4.65, cantitatea de balast necesară pentru întreținerea drumului forestier luat în studiu corespunde intervalului minim-maxim reglementat pentru o lucrare de reparație curentă pentru un drum forestier de categorie I cu minim o bandă pe sens.

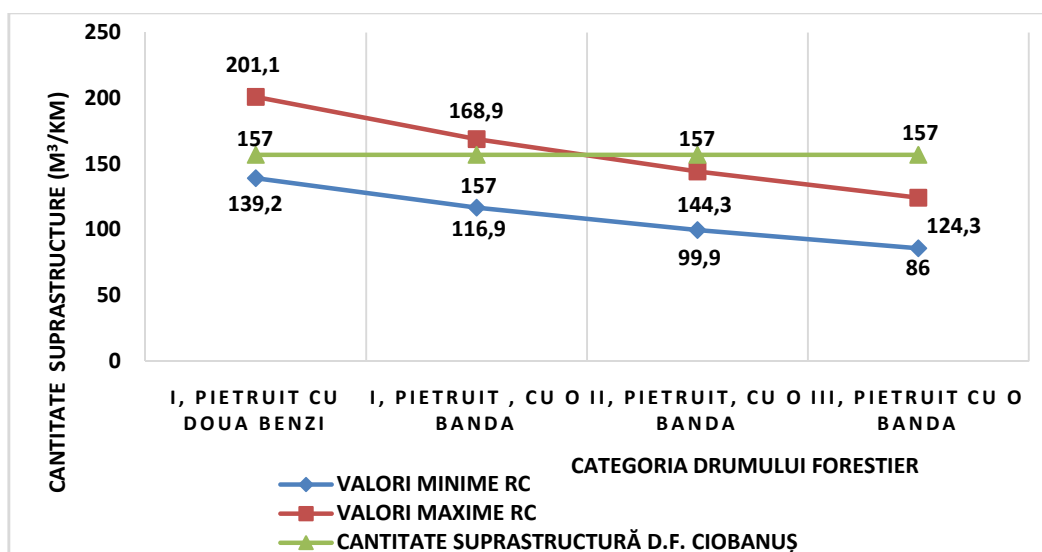


Figura 4.65. Necesarul de materiale pietroase pentru lucrări de întreținere și cantitățile reglementate pentru reparații curente

Conform datelor din tabelul 4.45, consumurile privind utilajele de construcții necesare lucrărilor de întreținere depășesc cu procente cuprinse între 236% (compactator) și 322% (excavator) resursele alocate în normativul de întreținere drumuri forestiere (** 2015a). Necesarul de utilaje rezultat în urma întocmirii devizului de lucrări de întreținere ar corespunde volumului de prestații utilaje normat pentru lucrările de reparații curente pentru drumuri forestiere principale.

Tabelul 4.45. Comparație între volumul de prestații utilaje normate și cele necesare, rezultate din antemăsurătoare pentru lucrările de reparații curente

Nr. crt.	Categorია drumului, felul îmbrăcămînții rutiere, traficul anual	Utilaje construcții [m ³]		Valori obținute deviz [m ³]	Depășire procentuală [%]	
		minim	maxim		minim	maxim
REPARAȚIE CURENTĂ (AUTOGREDER)						
1.	I, pietruit, cu două benzi	24,8	48,4	20,6	83	43
2.	I, pietruit, cu o bandă	20,9	40,9	20,6	99	50
3.	II, pietruit, cu o bandă de circulație	17,9	35,0	20,6	115	59
REPARAȚIE CURENTĂ (EXCAVATOR)						
1.	I, pietruit, cu două benzi, balast	2,5	8,0	11,6	464	145
2.	I, pietruit, cu o bandă	2,1	6,8	11,6	552	171
3.	II, pietruit, cu o bandă de circulație	1,8	5,9	11,6	644	197
REPARAȚIE CURENTĂ (EXCAVATOR)						
1.	I, pietruit, cu două benzi, balast	21,0	39,9	33,26	158	83
2.	I, pietruit, cu o bandă	17,7	33,6	33,26	188	99
3.	II, pietruit, cu o bandă de circulație	15,2	28,8	33,26	219	115

Necesarul de resurse aferente transportului de materiale reglemantat pentru întreținerea unui kilometru de drum forestier secundar este cuprins în intervalul 34...65tone/km, volumul necesar de transportat în cazul de față (265 tone/km) corespunzând lucrărilor de reparații curente pentru drumuri forestiere magistrale.

4.10.2. Dimensionarea structurilor rutiere necesare reabilitării drumului forestier

Așa cum a rezultat din determinările din laborator efectuate asupra materialului prelevat din suprastructura drumului forestier Ciobănuș, prin încercările nedestructive efectuate cu scopul determinării dimensionale a suprastructurii drumului, dar și din urmărirea vizuală a comportării în timp a obiectivului, se impune reabilitarea suprastructurii acestuia. Suprastructura actuala a drumului forestier Ciobănuș, structura traficului, dar și starea tehnică determinată nu mai permit circulația rutieră în condiții de siguranță. Aducerea stării suprastructurii drumului forestier la parametri funcționali prin lucrări de întreținere anuale este ineficientă tehnic și economic, resursele necesare a se angrena fiind specifice unei reparații curente, dar cu repetitivitate anuală. Cele trei structuri rutiere tip au fost calculate și verificate în funcție de grosimea actuală a suprastructurii, respectiv balast cu grosime variabilă de 20, 30 și 40 cm. Verificarea celor trei tipuri de suprastructură (tabelele 4.46 ... 4.48) presupune, în fapt, determinarea deformațiilor verticale specifice la nivelul patului căii, compararea acestora cu deformațiile maxime admisibile, precum și calcularea traficului maxim suportat (în m.o.s. vehicule ATF 25).

Tabelul 4.46. Verificarea și dimensionarea structurilor rutiere de tip I

Structura rutieră	Straturile rutiere	Grosimi și caracteristici de deformabilitate			Rezultate program Calderom ATF 25 (trafic calcul 0,13 m.o.s.)		
		h [cm]	E [MPa]	μ	ϵ_z	trafic suportat [m.o.s.]	ϵ_{adm}
I.1.	Piatră spartă amestec optimal	12	500	0,27	606	0.9	1053
	Piatră spartă sort 63/90	15	400	0,27			
	Balast amestec optimal	20	300	0,27			
	Pietruire existentă (balast)	20	152	0,27			
	Patul drumului (P5)		70	0,42			
I.2.	Piatră spartă amestec optimal	12	500	0,27	452	1	1053
	Piatră spartă sort 63/90	15	400	0,27			
	Balast amestec optimal	20	300	0,27			
	Pietruire existentă (balast)	30	182	0,27			
	Patul drumului (P5)		70	0,42			
I.3.	Piatră spartă amestec optimal	12	500	0,27	345	1	1053
	Piatră spartă sort 63/90	15	400	0,27			
	Balast amestec optimal	20	300	0,27			
	Pietruire existentă (balast)	40	208	0,27			
	Patul drumului (P5)		70	0,42			

Tabelul 4.47. Verificarea și dimensionarea structurilor rutiere de tip II

Structura rutieră	Straturile rutiere	Grosimi și caracteristici de deformabilitate			Rezultate program Calderom ATF 25 (trafic calcul 0,13 m.o.s.)		
		h [cm]	E [MPa]	μ	ϵ_z	trafic suportat [m.o.s.]	ϵ_{adm}
II.1.	Piatră spartă amestec optimal	12	500	0,27	888	0.24	1053
	Blocaj piatră brută	15	300	0,27			
	Pietruire existentă (balast)	20	152	0,27			
	Patul drumului (P5)		70	0,42			
II.2.	Piatră spartă amestec optimal	12	500	0,27	632	0.8	1053
	Blocaj piatră brută	15	300	0,27			
	Pietruire existentă (balast)	30	182	0,27			
	Patul drumului (P5)		70	0,42			
II.3.	Piatră spartă amestec optimal	12	500	0,27	465	1	1053
	Blocaj piatră brută	15	300	0,27			
	Pietruire existentă (balast)	40	208	0,27			
	Patul drumului (P5)		70	0,42			

Tabelul 4.48. Verificarea și dimensionarea structurilor rutiere de tip III

Structura rutieră	Straturile rutiere	Grosimi și caracteristici de deformabilitate			Rezultate program Calderom ATF 25 (trafic calcul 0,13 m.o.s.)		
		h [cm]	E [MPa]	μ	ϵ_z	trafic suportat [m.o.s.]	ϵ_{adm}
III.1.	Balast amestec optimal	10	300	0.27	720	0.5	1053
	Blocaj piatră brută	25	300	0.27			
	Pietruire existentă (balast)	20	152	0.27			
	Patul drumului (P5)		70	0.42			
III.2.	Balast amestec optimal	10	300	0.27	528	1	1053
	Blocaj piatră brută	25	300	0.27			
	Pietruire existentă (balast)	30	182	0.27			
	Patul drumului (P5)		70	0.42			
III.3.	Balast amestec optimal	10	300	0.27	397	1	1053
	Blocaj piatră brută	25	300	0.27			
	Pietruire existentă (balast)	40	208	0.27			
	Patul drumului (P5)		70	0.42			

Așa cum rezultă din tabelele 4.46 ... 4.48, în urma verificărilor realizate pentru cele trei suprastructuri tip, deformațiile specifice verticale la nivelul patului căii sunt inferioare deformației specifice verticale admisibile. Astfel, cele trei suprastructuri tip sunt conforme traficului de calcul determinat pentru vehiculele ATF 25 (sarcina utilă de 25 tone).

Tabelul 4.49. Datele de calcul pentru verificările pentru vehicule cu sarcini utile de 30, 35 și 40 tone

Caracteristici ATF 25	ATF 25		Sarcini utile modificate		
Masă proprie	14300	kg	14300	14300	14300
Sarcina utilă	25000	kg	30000	35000	40000
TOTAL	39300	kg	44300	49300	54300
Repartiția încărcărilor pe osii	6.2	t	6.2	6.2	6.2
	8.275	t	9.525	10.775	12.025
	8.275	t	9.525	10.775	12.025
	8.275	t	9.525	10.775	12.025
	8.275	t	9.525	10.775	12.025
Coeficientul de echivalare (f_{ck})	1.2		1.64	2.22	2.94
Perioada de serviciu (pp)	5	ani	5	5	5
Coeficientul de repartiție transversală	1		1	1	1
Intensitatea medie a traficului (n_{ki})	92	veh. ATF25/zi	92	92	92
Traficul de calcul (m.o.s de 115 kN)	0.2		0.28	0.37	0.49

Calculul, dimensionarea și verificarea la trafic a celor trei suprastructuri tip s-a realizat pentru vehiculul tip ATF 25 cu masă proprie de 14,3 tone și sarcina utilă maximă de 25 tone (tabelul 4.49). De asemenea, conform normativului de proiectare drumuri forestiere (***) 2011a), masa maximă totală

admisă pe drumurile forestiere pentru autocamioanele cu remorcă este de 38 tone. Această limită este reglementată și pe drumurile publice prin O.G. 43/1997 unde, de asemenea, pe drumurile pietruite masa totală maximă a vehiculelor este limitată la 38 de tone.

Așa cum rezultă din datele prezentate la subcapitolul legat de componența traficului pe drumul forestier Ciobănuș, 76% din volumul de masă lemnoasă transportată pe drumul forestier Ciobănuș se realizează cu vehicule cu masa totală peste 38 de tone, transport cu autocamioane ce nu respectă limitarea impusă prin lege fiind o regulă și nu o excepție (sarcina utilă variază între 30 și 40 tone, chiar și peste). Din acest motiv, cele trei structuri rutiere tip vor fi verificate și pentru vehicule cu sarcina utilă de 30, 35 și 40 de tone.

În urma efectuării calculelor au reieșit datele prezentate în tabelul 4.50, de unde rezultă că structura rutieră de tip II nu se verifică la traficul generat de autoplatfoamele de transport material lemnos cu sarcina utilă de 40 de tone, aceasta neasigurând portanța drumului în condiții de siguranță. Pentru a se asigura verificarea structurilor rutiere se impune modificarea grosimii straturilor, în cazul de față creșterea grosimii stratului de piatră spartă de la 12 cm la 15 cm. Astfel, deformația specific verticală la nivelul patului căii devine $\epsilon_z = 785$ microdeformații, mai mică decât valoarea deformației maxime admisibile ($\epsilon_{adm} = 857$ microdeformații).

Tabelul 4.50. Verificarea și dimensionarea structurilor rutiere pentru vehicule cu sarcina utilă de 30, 35 și 40 tone

Nr. crt.	Alcătuirea structurii rutiere	h [cm]	E [MPa]	μ	Valoarea deformației specifice verticale (ϵ_z) și admisibile (ϵ_{adm}) pentru traficul de calcul (m.o.s. 115kN)							
					0,13		0,17		0,22		0,28	
					25 tone		30 tone		35 tone		40 tone	
					ϵ_z	ϵ_{adm}	ϵ_z	ϵ_{adm}	ϵ_z	ϵ_{adm}	ϵ_z	ϵ_{adm}
Structura rutieră tip I												
1.	Piatra spartă amestec optimal	12	500	0,27	672	1062	672	985	672	917	672	857
2.	Piatră spartă sort 63/90	15	400	0,27	$\epsilon_z < \epsilon_{adm}$		$\epsilon_z < \epsilon_{adm}$		$\epsilon_z < \epsilon_{adm}$		$\epsilon_z < \epsilon_{adm}$	
3.	Balast amestec optimal	10	300	0,27								
4.	Pietruire existentă (balast)	20	152	0,27	VERIFICAT	VERIFICAT	VERIFICAT	VERIFICAT	VERIFICAT	VERIFICAT	VERIFICAT	VERIFICAT
5.	Patul drumului (P5) argilă		70	0,42								
Structura rutieră tip II												
1.	Piatra spartă amestec optimal	12	500	0,27	888	1062	888	985	888	917	888	857
2.	Blocaj piatră brută	15	300	0,27	$\epsilon_z < \epsilon_{adm}$		$\epsilon_z < \epsilon_{adm}$		$\epsilon_z < \epsilon_{adm}$		$\epsilon_z > \epsilon_{adm}$	
3.	Pietruire existentă (balast)	20	152	0,27	VERIFICAT	VERIFICAT	VERIFICAT	VERIFICAT	VERIFICAT	VERIFICAT	NEVERIFICAT	NEVERIFICAT
4.	Patul drumului (P5)		70	0,42								
Structura rutieră tip III												
1.	Balast amestec optimal	10	300	0,27	720	1062	720	985	720	917	720	857
2.	Blocaj piatră brută	25	300	0,27	$\epsilon_z < \epsilon_{adm}$		$\epsilon_z < \epsilon_{adm}$		$\epsilon_z < \epsilon_{adm}$		$\epsilon_z < \epsilon_{adm}$	
3.	Pietruire existentă (balast)	20	152	0,27	VERIFICAT	VERIFICAT	VERIFICAT	VERIFICAT	VERIFICAT	VERIFICAT	VERIFICAT	VERIFICAT
4.	Patul drumului (P5)		70	0,42								

În urma centralizării calculelor efectuate, au rezultat coeficienți de echivalare din tabelul 4.49, pentru vehiculele cu sarcina utilă de 25, 30, 35 și 40 de tone. În urma verificărilor efectuate cu programul Calderom 2000, au rezultat datele sintetizate în tabelul 4.51 După cum se observă în tabelul 4.51, structura rutieră de tip II nu se verifică la traficul provenit din vehicule speciale cu sarcina utilă de 30, 35 și 40 de tone. Pentru a se asigura verificarea structurii, se impune modificarea grosimilor straturilor rutiere. Astfel, prin modificarea grosimii stratului din piatră spartă, de la 12 cm la 15 cm, pentru încărcările provenite din vehiculele cu sarcina utilă de 30 și 35 tone se respectă condiția ϵ_z (785

microdeformații) $< \epsilon_{zadm}$ (793 microdeformații). De asemenea, prin modificarea grosimii stratului din piatră spartă, de la 12 cm la 15 cm, și a grosimii blocajului din piatră brută, de la 15 cm la 20 cm sau modificarea grosimii blocajului din piatră brută, de la 15 cm la 25 cm, pentru încărcările provenite din vehiculele cu sarcina utilă de 40 tone se respectă condiția ϵ_z (662 microdeformații) $< \epsilon_{zadm}$ (733 microdeformații), în primul caz, și ϵ_z (628 microdeformații) $< \epsilon_{zadm}$ (733 microdeformații), în cel de-al doilea caz. Așa cum a reieșit din simulările efectuate, nu toate structurile rutiere asigură portanța necesară pentru traficul efectuat cu autoplatforme și/sau vehicule speciale cu sarcini utile de 30, 35 și 40 de tone.

Tabelul 4.51. Verificarea și dimensionarea structurilor rutiere pentru vehicule speciale cu sarcina utilă de 25, 30, 35 și 40 tone

Nr. crt.	Alcătuirea structurii rutiere	h [cm]	E [MPa]	μ	Valoarea deformației specifice verticale (ϵ_z) și admisibile (ϵ_{adm}) pentru traficul de calcul (m.o.s. 115kN)							
					0,20		0,28		0,37		0,49	
					25 tone		30 tone		35 tone		40 tone	
					ϵ_z	ϵ_{adm}	ϵ_z	ϵ_{adm}	ϵ_z	ϵ_{adm}	ϵ_z	ϵ_{adm}
Structura rutieră tip I												
1.	Piatra spartă amestec optimal	12	500	0,27	672	942	672	857	672	793	672	733
2.	Piatră spartă sort 63/90	15	400	0,27	$\epsilon_z < \epsilon_{adm}$		$\epsilon_z < \epsilon_{adm}$		$\epsilon_z < \epsilon_{adm}$		$\epsilon_z < \epsilon_{adm}$	
3.	Balast amestec optimal	10	300	0,27								
4.	Pietruire existentă (balast)	20	152	0,27	VERIFICAT		VERIFICAT		VERIFICAT		VERIFICAT	
5.	Patul drumului (P5) argilă		70	0,42								
Structura rutieră tip II												
1.	Piatra spartă amestec optimal	12	500	0,27	888	942	888	857	888	793	888	733
2.	Blocaj piatră brută	15	300	0,27	$\epsilon_z > \epsilon_{adm}$		$\epsilon_z > \epsilon_{adm}$		$\epsilon_z > \epsilon_{adm}$		$\epsilon_z > \epsilon_{adm}$	
3.	Pietruire existentă (balast)	20	152	0,27	VERIFICAT		NEVERIFICAT		NEVERIFICAT		NEVERIFICAT	
4.	Patul drumului (P5)		70	0,42								
Structura rutieră tip III												
1.	Balast amestec optimal	10	300	0,27	720	942	720	857	720	793	720	733
2.	Blocaj piatră brută	25	300	0,27	$\epsilon_z < \epsilon_{adm}$		$\epsilon_z < \epsilon_{adm}$		$\epsilon_z < \epsilon_{adm}$		$\epsilon_z < \epsilon_{adm}$	
3.	Pietruire existentă (balast)	20	152	0,27	VERIFICAT		VERIFICAT		VERIFICAT		VERIFICAT	
4.	Patul drumului (P5)		70	0,42								

5. Analiza economică și financiară a soluțiilor tehnice utilizate în reabilitarea/modernizarea suprastructurii drumurilor forestiere

5.1. Estimarea costurilor lucrărilor de întreținere și reabilitare/modernizare

În urma evaluării valorice a lucrărilor de întreținere, au rezultat valorile din tabelul 5.1. Estimarea valorică a celor trei suprastructuri tip s-a realizat pe baza antemăsurătorilor operațiunilor necesare punerii în operă a celor trei tipuri de structuri rutiere.

Cele trei antemăsuratori, aferente celor trei suprastructuri tip, au fost estimate, din punct de vedere valoric, prin aplicarea bazei de prețuri aferente anului 2020, costurile lucrărilor fiind cele redată în tabelul 5.2.

Ulterior întocmirii devizelor financiare corespunzătoare componenței lucrărilor de bază (capitol 4 din devizul general), s-au întocmit devizele generale, aferente fiecărei suprastructuri tip, celelalte cheltuieli fiind determinate procentual, în raport cu lucrările de bază sau prin alocarea de sume fixe (tabelul 5.3).

Tabelul 5.1. Valoarea lucrărilor de întreținere în două variante (cu și fără reabilitare)

Nr. crt.	Variante	Lungime drum [km]	Valoare [lei]	Prețunitar [lei/km]
1.	Varianta 1 – fără reabilitarea suprastructurii drumului forestier	15	649.280,05	43.285,34
2.	Varianta 2 – cu reabilitarea drumului forestier	15	156.843,00	10.456,20

Tabelul 5.2. Valorile lucrărilor aferente celor trei tipuri de suprastructură

Tipul de suprastructură	Straturi de materiale pietroase	Valori [lei]	Lungime drum [km]	Preț unitar [lei/km]
Tip I	piatră spartă amestec optimal	11.146.974,26	15	743.131,62
	piatră spartă 63...90 mm			
	balast optimal (10cm)			
Tip II	piatră spartă amestec optimal	8.928.914,09	15	595.260,94
	blocaj piatră brută			
	pregătirea platformei			
Tip III	balast amestec optimal (10 cm)	7.937.277,97	15	529.151,86
	blocaj piatră brută (25 cm)			
	pregătirea platformei			

Tabelul 5.3. Subcapitolele de deviz, ca valori și cote procentuale

Subcapitol deviz general	Valoare [lei]	Cotă procentuală [%]
3.1. Studii	5000 lei	
3.2. Cheltuieli avize, acorduri, autorizații	3000 lei	
3.3. Expertiză tehnică	2.000 lei	
3.5. Proiectare		2,5%
3.7. Consultanță		0,5%
3.8. Asistență tehnică		1,5%
5.1. Organizare de șantier		2,5%
5.2.. Comisioane, cote, taxe		1,2%
5.3. Cheltuieli diverse și neprevăzute		2,5% din capitolele 3.5, 3.8 și 4

5.2.Sustenabilitatea investiției – discuții

Pentru cele trei structuri rutiere tip, individualizate ca și proiecte de investiții distincte, au rezultat o serie de informații, sintetizate în tabelul 5.4.

Tabelul 5.4. Calcul pentru estimarea efectului economic al obiectivului

Parametri	Structura rutieră		
	tip I	tip II	tip III
Lungime drum [km]	15	15	15
Suprafață de fond forestier deservită [ha]	10.068	10.068	10.068
Volumul total de masă lemnoasă pe picior [m ³]	2.421.430	2.421.430	2.421.430
din care exploatabil și preexploatabil [m ³]	432.166	431.266	432.166
Cota anuală totală posibil de recoltat [m ³]	18.750	18.750	18.750
Valoarea medie a producției [lei/m ³]	200	200	200
Valoarea totală a producției [lei]	3.750.000	3.750.000	3.750.000
Valoarea medie a profitului anual din masă lemnoasă (cota profit minimă - 9%)	337.500	337.500	337.500
Venituri din alte surse	326.020	326.020	326.020
produse accesorii (15 lei/ha)	151.020	151.020	151,020
taxa peiaj	175.000	175.000	175,000
Venit anual total	663.520	663.520	663.520
Cheltuieli de întreținere anuale	156.000	156.000	156.000
Profit anual (venituri minus cheltuieli)	507.520	507.520	507.520
Valoarea totală a investiției (cu TVA) [lei]			
TOTAL cu TVA	14.670.278	11.753.416	10.921.633
TOTAL fără TVA	12.349.801	9.894.407	9.193.529
C+M cu TVA	13.596.523	10.891.042	9.917.628
C+M fără TVA	11.425.649	9.152.136	8.334.141
Valoarea unitară a investiției [lei/km]			
Total (fără TVA)	823.320,09	659.627,11	612.901,97
C+M (fără TVA)	761.709,96	610.142,39	555.609,39
Investiția specifică (valoare totală fără TVA/volum total)	0,34	0,27	0,25
Durata de realizare a investiției[luni]	36	36	36

Investițiile în infrastructura de transport rutier, indiferent de categoria de importanță, nu asigură profitabilitate financiară, deoarece nu generează venituri directe suficiente. După cum reiese și din tabelul 5.5, indicatorii de performanță ai capitalului propriu investit au valori necorespunzătoare pentru toți indicatorii determinați. Astfel, rata internă de rentabilitate a investiției are valori cuprinse în intervalul - 0,46% ... 1,95%, valori mai mici de 5%, care reprezintă rata de actualizare, proiectul nefiind rentabil financiar, însă, din considerente sociale și de mediu, realizarea investiției devine oportună și necesară. În toate cele trei scenariile analizate, valoarea actualizată netă prezintă valori negative, aspect determinat de faptul că veniturile nete nu au capacitatea de a acoperi valorile investiției. Implicit, raportul beneficii/costuri este zero, lucru normal pentru o investiție unde veniturile directe sunt limitate. Acest aspect este exemplificat și în Anexa 13, unde sunt determinați indicatorii financiari ai capitalului pentru proiectul aferent tipului I de suprastructură.

Tabelul 5.5. Indicatorii de performanță financiară ai capitalului propriu investit

Indicator al proiectului	Valori obținute	Concluzii
Structura rutieră tip I		
Rata de rentabilitate financiară a investiției totale (RIRF/C)	-0,46%	RIRF/C < 5% (rata de actualizare) Rezultă că proiectul nu este rentabil financiar
Valoarea actualizată netă financiară a investiției totale (VANF/C)	-7,793	VANF/C < 0 Rezultă că veniturile nete nu au capacitatea de a acoperi costurile de investiție
Raportul beneficiu/cost al capitalului (B/C)	0,42	B/C < 1 Veniturile nete nu au capacitatea de a acoperi costurile de investiție
Structura rutieră tip II		
Rata de rentabilitate financiară a investiției totale (RIRF/C)	1,09%	RIRF/C < 5% (rata de actualizare) Rezultă că proiectul nu este rentabil financiar
Valoarea actualizată netă financiară a investiției totale (VANF/C)	-5,358	VANF/C < 0 Rezultă că veniturile nete nu au capacitatea de a acoperi costurile de investiție
Raportul beneficiu/cost al capitalului (B/C)	0,52	B/C < 1 Veniturile nete nu au capacitatea de a acoperi costurile de investiție
Structura rutieră tip III		
Rata de rentabilitate financiară a investiției totale (RIRF/C)	1,95%	RIRF/C < 5% (rata de actualizare) Rezultă că proiectul nu este rentabil financiar
Valoarea actualizată netă financiară a investiției totale (VANF/C)	-4,283	VANF/C < 0 Rezultă că veniturile nete nu au capacitatea de a acoperi costurile de investiție
Raportul beneficiu/cost al capitalului (B/C)	0,57	B/C < 1 Veniturile nete nu au capacitatea de a acoperi costurile de investiție

În ceea ce privește durabilitatea financiară a proiectului, în ipoteza susținerii financiare a investiției din alte surse (buget de stat, credite externe, fond de accesibilizare, fonduri structurale etc.), se constată că aceasta este pozitivă pe orizontul de timp luat în calcul. Acest lucru este determinat de cash-flow-ul generat de proiect, care acoperă toate fluxurile financiare de ieșire, fluxul net cumulat nefiind niciodată negativ. Acest lucru este exemplificat în Anexa 14, unde se prezintă durabilitatea financiară aferentă tipului I de suprastructură.

5.3. Analiza economică a proiectelor de investiții

Pentru un orizont de timp de 30 de ani (Anexa 15 - 3 ani implementare proiect și 27 de ani exploatarea obiectivului) a rezultat o valoare actualizată netă a proiectului (VAN) de 6627,96 mii lei și o rată internă a rentabilității proiectului de -0,46%, mai mică decât rata de actualizare a proiectului (de 5%).

Valorile rezultate pentru valoarea actualizată a proiectului (VAN), precum și pentru rata internă a rentabilității proiectului (RIR) sunt specifice proiectelor de investiții unde este necesară alocarea de fonduri publice sau din alte surse de finanțare, extrabugetare administratorului. Deși aceste proiecte nu au indicatori financiari favorabili, aceștia sunt compensați prin efectele sociale, economice și de mediu pe care le oferă proiectul în urma dezvoltării lui.

În tabelul 5.6 se prezintă, analiza cost-eficacitate pentru cele trei soluții tehnice adoptate (cele trei structuri rutiere tip).

Tabelul 5.6. Analiza cost-eficacitate pentru cele trei structuri rutiere tip

Structura a rutieră tip	VAN – NPV [mii lei]	RIR - IRR [%]	Cost investiție [mii lei]	Beneficii (lungime reabilitată) [km]	Raport A.C.E. [mii lei/km]	Verificare Caldeom la ATF 40 (vehicule speciale)		
						ATF 25	ATF 30	ATF 40
I	6627.96	-0.46	14,670	15	978	verificat	verificat	verificat
II	4024.42	1,09	11,753	15	784	verificat	neverificat	neverificat
III	2874	1.95	10,922	15	728	verificat	verificat	verificat

Astfel, având datele centralizate în analiza cost-eficacitate (tabelul 5.6), pentru cele trei structuri rutiere tip, coroborate cu datele obținute în urma verificărilor succesive cu programul Calderom, se poate adopta cea mai bună decizie privind soluția tehnică aleasă. Analiza cost-eficacitate este utilă în selectarea celei mai eficiente soluții pentru modernizarea/reabilitarea drumurilor forestiere, fiind ușor de aplicat. În fapt, costul pe kilometrul de drum forestier reabilitat este un indicator util în optimizarea soluțiilor adoptate în proiecte, acest lucru fiind coroborat și cu traficul de calcul (sarcina utilă maximă adoptată).

6. Concluzii. Contribuții personale și recomandări pentru producție

6.1. Concluzii

1. Distribuția anuală a volumelor transportate este aproximativ egală și nu s-au constatat variații semnificative în intervalul 2014 – 2018, însă numărul de curse ce au tranzitat drumul forestier Ciobănuș a cunoscut o scădere lentă, dar continuă; scăderea volumului transportat a fost mult mai mică, ceea ce a determinat o creștere a volumului mediu transportat pe cursă și, implicit, a tonajului mediu;
2. Coroborând distribuția lunară a transportului de masă lemnoasă de pe drumul forestier Ciobănuș, în anul 2017, cu datele principalelor elemente climatice înregistrate în decursul aceluiași an se poate afirma că transportul cu cea mai mare intensitate se desfășoară în perioada octombrie-martie, caracterizată, din punct de vedere climatic, de temperaturi scăzute, umiditate relativ ridicată, zile cu nebulozitate și viteze mari ale vântului. De asemenea, spre finalul acestui interval, drumul forestier este afectat de fenomenul de îngheț - dezgheț.
3. Anual, pe drumul forestier Ciobănuș, tranzitează un tonaj specific drumurilor forestiere principale, ceea ce susține, o dată în plus, gradul accentuat de degradare și rapiditatea de apariție a degradărilor pe acest drum, datorită unei suprastructuri insuficient dimensionată, care nu poate susține volumele anuale tranzitate;
4. Nu toate structurile rutiere asigură portanța necesară pentru traficul efectuat cu autoplatforme și/sau vehicule speciale cu sarcini utile de 30, 35 și 40 de tone, astfel că, dintre cele trei modele tip de structuri rutiere studiate, s-a observat că structurile rutiere de tip 3 (I.3, II.3, III.3), adică cel cu grosimea de 40 cm a stratului de bază, este cel mai rigid, acesta având deformațiile cele mai mici de la nivelul suprafeței de contact, fapt datorat stratului existent de balast;
5. Atât deplasările de la suprafața drumului, cât și deformațiile remanente ale acestuia depind de rigiditatea structurii rutiere care este dată de grosimea straturilor componente, dar și de modulul de elasticitate al materialelor folosite;
6. În ceea ce privește deformațiile maxime și deformațiile remanente, modelele de tip II și III de structură sunt aproximativ identice din punct de vedere al deformațiilor de suprafață ale drumului, modelul tip de suprastructură I având deformațiile cele mai mici, fiind astfel cel mai corespunzător pentru cerințele actuale ale traficului;
7. În cazul deformațiilor remanente nu se mai păstrează proporția de deformare pentru diferite sarcini de încărcare, așa cum este valabil în cazul calculului deformațiilor maxime, relaxarea drumului neavând un comportament liniar, ceea ce conduce la rezultate finale diferite prin aplicarea metodei elementului finit și a rulării programului CALDEROM 2000;
8. Grosimea stratului existent pe patul drumului are o influență semnificativă în rigiditatea drumului pentru toate cele trei tipuri de structuri rutiere studiate, însă o rigiditate mai mare a drumului duce la o deformație remanentă mai mică a structurii rutiere și, implicit, la o durată mai mare de utilizare în timp;
9. Traficul cu autovehicule/autotrenuri care depășesc masa totală maximă admisă este o problemă de actualitate, existentă atât pe rețeaua de drumuri publice, cât și pe cea de drumuri forestiere, acest lucru fiind generat, în principal de dorința de optimizare excesivă a costurilor de transport, dar și din practicile concurențiale incorecte existente în sectorul transporturilor;

10. Analiza cost-eficacitate este oportună în adoptarea celor mai economice soluții, verificate din punct de vedere tehnic, investițiile în infrastructura de transport nefiind aducătoare de beneficii financiare directe, finanțarea acestora fiind condiționată de accesarea de diverse fonduri de investiții (bugetul de stat, fond de accesibilizare, P.N.D.R., credite externe B.D.C.E., B.E.I., Banca Mondială etc.);
11. Așa cum a rezultat din determinările din laborator efectuate asupra materialului prelevat din suprastructura drumului forestier Ciobănuș, dar și din urmărirea vizuală a comportării în timp a obiectivului, se impune reabilitarea suprastructurii acestuia.

6.2. Contribuții originale

1. Au fost efectuate determinări nedistructive pentru identificarea suprastructurii litologice a corpului drumului, tipul suprastructurii, precum și grosimea acesteia.
2. Au fost realizate analize, pe o perioadă lungă de timp, privind comportarea drumurilor forestiere în timp, în acord cu traficul desfășurat pe drumurile respective și volumele transportate.
3. Au fost cuantificate degradările identificate pe drumul forestier luat în studiu.
4. Au fost determinate caracteristicile fizico-mecanice ale pământurilor și materialelor pietroase.
5. S-au verificat soluțiile tehnice pentru suprastructura drumurilor supuse diverselor încărcări (25, 35 și 45 tone), astfel încât să se asigure portanța necesară traficului actual desfășurat pe drumul forestier.
6. A fost aplicată metoda elementului finit pentru a determina deformațiile maxime și remanente a trei structuri rutiere tip întâlnite pe drumurile forestiere, comparând rezultatele pentru solicitări de 25, 35 și 45 tone.
7. S-au comparat rezultatele cu datele furnizate prin programul CALDEROM 2000.
8. S-au analizat soluțiile tehnice pentru reabilitarea/modernizarea drumurilor forestiere din perspectiva economică și financiară.
9. S-au stabilit coeficienții de pondere și de multiplicare pentru autovehiculele utilizate în transportul forestier.

6.3. Recomandări pentru producție

Aplicarea unor criterii unice pentru evaluarea stării tehnice a drumurilor forestiere care se referă la:

- portanța structurii rutiere:
 - coeficientul de portanță a drumului;
 - coeficientul de uzură;
 - deformațiile elastice medii;
- uniformitatea suprafeței de rulare - frecvența și mărimea degradărilor;
- suprafața însumată a degradărilor pe kilometru.

Utilizarea unui mod unitar de aplicare a încadrării drumurilor forestiere în vederea stabilirii parcursului echivalent (prevăzute în Normativul de întreținere, indicativ ID-001-15).

Materialele pietroase pentru drumurile forestiere se vor procura de la furnizori sau se vor realiza în regie proprie din balastiere și cariere locale, respectându-se reglementările oficiale cu privire la elaborarea unei documentații tehnice pentru deschiderea și exploatarea acestora.

Prioritate se va acorda achiziționării de utilaje multifuncționale și cu echipamente auxiliare. Acestea vor include atât utilaje specializate în tehnica rutieră, cât și utilaje de uz general în construcții.

Cuantificarea impactului asupra mediului la execuția, întreținerea și repararea drumurilor forestiere se va realiza în conformitate cu Normele Agenției de Protecția Mediului.

Având în vedere lipsa cărților tehnice la majoritatea drumurilor forestiere aflate în administrarea Regiei Naționale a Pădurilor RNP-Romsilva, se impune întocmirea unor proiecte de urmărire a comportării în timp a drumurilor forestiere (manuale de exploatare și urmărire a comportării în timp) prin determinarea, periodică sau ori de câte ori se consideră necesar, a unor parametri tehnici (grad de compactare, plasticitate, granulometrie etc.). Din aceleași considerente se recomandă și urmărire vizuală a drumurilor forestiere la intervale regulate de timp. Informațiile obținute vor fi utilizate atât la stabilirea celor mai bune soluții tehnice și economice, necesare reabilitării sau modernizării drumurilor forestiere, dar și pentru stabilirea necesității și oportunității promovării lucrărilor de întreținere, reparații curente și reparații capitale.

Revizuirea normativului pentru întreținerea și repararea drumurilor forestiere, prin introducerea în tehnologiile de execuție a utilajelor moderne existente atât în dotarea administratorilor de drumuri forestiere, precum și pe piața utilajelor de construcții (excavatoare, buldoexcavatoare, vibrocompactoare etc.) și revizuirea resurselor (manoperă, materiale, utilaj, transport) pentru fiecare categorie de lucrare (întreținere, reparații curente și reparații capitale).

Revizuirea normativului se impune și datorită modului diferit de calcul și de încasare a taxei de utilizare a drumurilor forestiere (taxa/tariful de peiaj), pentru a surprinde degradările generate de traficul în supratonaj.

Bibliografie selectivă

1. Ackerman P., Belbo H., Eliasson L., de Jong A., Lazdins A., Lyons J., 2014. The COST model for calculation of forest operation costs. *International Journal of Forest Engineering*, 25(1), pp. 75-81. DOI: 10.1080/14942119.2014.903711.
2. Acuna M., 2017. Timber and biomass transport optimization: a review of planning issue, solution techniques and decision support tools. În: *Croatian Journal of Forest Engineering*, vol. 38(2), pp. 279-290.
3. Akay A.E., 2006. Minimizing total costs of forest roads with computer-aided design model. În: *Asdhana*, vol. 31(5), pp. 621-633. DOI: 10.1007/BF02715918.
4. Akay A.E., Wing M.G., Zengin M., Kose O., 2016. Determination of fire-access zones along road networks in fire-sensitive forest. In: *Journal of Forest Research*, vol. 28(3), pp. 557-564.
5. Akgul M., Yurtseven H., Akburak S., Demir M., Cigizoglu K., Ozturk T., Eksi M., 2016. Terrestrial laser scanning based pavement degradation monitoring in the winter season. În: *International Symposium of Forest Engineering and Technologies (FETEC 2016)*, Bursa, p. 21.
6. Akgul M., Akburak S., Yurtseven H., Akay A.O., Cigizoglu H.K., Demir M., Ozturk T., Eksi M., 2019. Potential impacts of weather and traffic conditions on road surface performance in terms of forest operations continuity. În: *Applied Ecology and Environmental Research*, vol. 17(2), pp. 2533-2550.
7. Alexandru V.M., 2000. *Construcția și întreținerea drumurilor forestiere*. Editura Infomarket, Braşov, 397 p.
8. Ambassa Z., Allou F., Petit C., Eko R., 2013. Fatigue life prediction of an asphalt pavement subjected to multiple axle loadings with viscoelastic FEM. *Materials Science*.
9. Andrei R., 1990. *Variable road pavement structures*. Spirit of Enterprise, Rolex Awards, Burry Editors.
10. Andrei R., Tudor B., Capra M., 2002. Aspecte privind dezvoltarea și managementul programului național de urmărire, pe termen lung, a performanțelor îmbrăcăminților rutiere Ro-LTPP. Rapoarte naționale. Al XI-lea Congres Național de Drumuri și Poduri din România, Timișoara, 11-14 septembrie.
11. Antoniadă C., 2015. Contribuții privind majorarea capacității portante a drumurilor forestiere, în vederea extinderii transportului lemnului cu autovehicule de tonaj sporit. Teză de doctorat. Universitatea Transilvania din Braşov, 144 p.
12. Attoh-Okine N., Adarkwa O., 2013. *Pavement condition surveys-overview of current practices*. Delaware Center for Transportation, Universitatea din Delaware, Newark, U.S.A..
13. Bereziuc R., Alexandru V., Ciobanu V., Ignea Gh., 2008. Elemente de fundamentare a normativului de proiectare a drumurilor forestiere. Editura Universității Transilvania din Braşov.
14. Bereziuc, R., Alexandru, V., Ciobanu, V., 2013. Accesibilizarea pădurilor în condiții ecologice, în vederea valorificării masei lemnoase. În: *Revista Pădurilor*, anul 128, nr. 6, pp. 28-34.
15. Bereziuc, R., Alexandru, V., Ciobanu, V., Muşat, E.C., Dumitraşcu, A.-E., Antoniadă, C., Vişan, J., 2015. The density index of the forest road network managed by the National Forest Administration (R.N.P.). În: *Proceedings of the International Conference "Forest and Sustainable Development"*, Braşov, 25 – 26 octombrie 2014, pp. 196 – 203.
16. Beskou N.D., Hatzigeorgiou G. Theodorakopoulos D., 2015. Finite element inelastic analysis of 3-D flexible pavements under moving loads. În: *COMPDYN 2015 – 5th ECCOMAS Thematic Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering - Crete Island, Greece, 25-27 May 2015*, pp. 4584-4595.

17. **Bitir I.**, Muşat E.C., Lunguleasa A., Ciobanu V.D., 2021. Monitoring the transport on the Ciobănuş forest road within the Bacău Forestry Department. În: Recent Journal, nr. 1(63), pp. 10-16.
18. **Bitir I.**, Muşat E.C., Derczeni R.A., Ciobanu V.D., 2019. The influence of the increased tonnage upon the superstructure of forest roads. In: Conference Proceedings of the 19th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2019, vol. 19 – Water Resources. Forest, Marine and Ocean Ecosystems, issue 3.2, pp. 853-860.
19. Cebon D., 1993. Interaction between heavy vehicles and roads. SA Technical Paper no. 930001, 81 p.
20. Chen Y., Zhang H., Zhu X., Liu D.W., 2015. The response of pavement to the multi-axle vehicle dynamic load. În: International Conference of Electrical, Automation and Mechanical Engineering – EAME 2015, pp. 238-241.
21. Ciobanu V.D., 1998. Cercetări privind utilizarea geogrilelor la consolidarea părţii carosabile a drumurilor forestiere amplasate în terenuri argiloase. Teză de doctorat. Universitatea Transilvania din Braşov.
22. Contreras M.A., Aracena P., Chung W., 2012. Improving accuracy in earthworks volume estimation for proposed forest roads using a high-resolution digital elevation model. In: Croatian Journal of Forest Engineering, vol. 33(1), pp. 125-142.
23. Croney D., Croney P., 1997. Design and performance of road pavements. 3rd Edition. New York, United States.
24. Derczeni R.A., Salcă E.A., Ciobanu D.V., **Bitir I.**, Muşat E.C., Liampas S.A., 2019. Establishing criteria for calculating the tax/road tolling for vehicles used for timber transport on forest roads. In: Proceedings of the Biennial International Symposium "Forest and Sustainable Development", The 8th Edition, pp. 161-170.
25. Elliot W.J., Page-Dumroase D., Robichaud P.R., 1996. The effect of forest management on erosion and soil productivity. In: Symposium on Soil Quality and Erosion Interaction, 7th July, 1996, Keystone, Colorado, 18 p.
26. Enache A., Stampfer K., Ciobanu V., Brânzea O., Duţă C., 2011. Forest road network planning with state of the art tools in a private forest district from Lower Austria. Bulletin of the Transilvania University of Braşov. Series II - Forestry. Wood Industry. Agricultural Food Engineering, 4(53)2, 33-40.
27. Firoiu E., 2017. Metode de verificare, cu placa dinamică, a capacităţii portante a terenului. Revista Construcţiilor, nr. 4, 6p.
28. Ghajar I., Nakafi A., Karimimajid A.M., Boston K., Torabi S.A., 2013. A program for cost estimation of forest road construction using engineer's method. Forest Science and Technology, 9(3), 1-7. DOI: 10.1080/21580103.2012.759163.
29. Gugiuman Gh., Găluşcă I., 2009. Dimensionarea structurilor rutiere. Elemente de calcul. Editura Societăţii Academice „Matei Teiu Botez”, Iaşi, 160 p.
30. Kaakkurivaara T., Vuorimies N., Kilisoja P., Uusitalo J., 2015. Applicability of portable tools in assessing the bearing capacity of forest roads. În: Silva Fenica, vol. 49(2), pp. 1-26.
31. Kharavassefat P., Jelagin D., Birgisson B., 2015. Dynamic response of flexible pavements at vehicle-road interaction. În: Road Materials and Pavement Design, vol. 16(2), pp. 256-276.
32. Kharavassefat P., Jelagin D., Birgisson B., 2016. The non-stationary response of flexible pavements to moving loads. În: International Journal of Pavement Engineering, vol. 17(5), pp. 458-470.
33. Kiss K., Malinen J., Tokola T., 2015. Forest road quality control using ALS data. În: Canadian Journal of Forest Research, vol. 45(11), pp. 1836-1642.
34. Kochenderfer J.N., Wendel G.W., Clay Smith H., 1984. Cost of and soil loss on "Minimum-Standard" forest truck road constructed in the Central Appalachians. Research paper NE-544, United State Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station, 12 p.

35. Kosztka M., Markó G., Péterfalvi J., Primusz P., Tóth C., 2008. Measuring bearing capacity on forest roads in Hungary. În: A magyar Tudományos Akadémia Agrártudományok Osztálya, vol. XXXII – Gödöllő, Ungary.
36. Lachini E., Fiedler N., Silva G., PinheiroCh., Carmo F., 2018. Operational analysis of forestry transportation using self-loading truck in a mountainous region. În: Foresta e Ambiente, vol. 25(4), nr. articol e20150060.
37. Layton D.A., LeDoux C.B., Hassler C.C., 1992. Cost estimators for construction of forest roads in Central Appalachians. Research paper NE-665, United State Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station, 8 p.
38. Leonardi G., Lo Bosco D., Palamara R., Suraci F., 2020. Finite element analysis of geogrid-stabilized unpaved roads. În: Sustainability, vol. 12, 1929. Doi: 10.3390/su12051929.
39. Li L., Sandu C., 2007. On the impact of cargo weight, vehicle parameters, and terrain characteristics on the prediction of traction for off-road vehicles. În: Journal of Terramechanics, vol. 44, pp. 221-238.
40. Lucaci G., Costescu I., Belc F., 2000. Construcția drumurilor. Editura Tehnică, București.
41. Markó G., Primusz P., Péterfalvi J., 2013. Measuring the bearing capacity of forest roads with an improved Benkelman beam apparatus. În: Acta Silvatica et Lignaria Hungarica, vol. 9, pp. 97-110.
42. Murgeanu G., Dumitrescu I., Mirăuță O., Săndulescu M., Ștefănescu M., Bandrabur T., 1970. Harta geologică 21. Bacău. Comitetul de Stat al Geologiei, Institutul Geologic, București.
43. Mușat E.C., Alexandru V.M., Ciobanu V.D., Săceanu S.C., Antoniadă C., Vișan J., 2014. The type and the extension of degradations caused by the introduction in the timber transportation of the increased weight vehicles. În: Revista Pădurilor, vol. 5-6, pp. 38-43.
44. Mușat E.C., Derczeni R.A., **Bitir I.**, Liampas S.A., Ciobanu V.D., 2019. Analiza costurilor în cazul lucrărilor de drumuri executate în regie proprie sau cu terți. In: Revista Pădurilor, anul 134, nr. 1, pp. 37-50.
45. Nasiri M., Hosseini S.A., Lotfalian M., Kavian A., 2012. Comparison between the accuracy of RoadEng and Arcinfo softwares in designing forest roads. În: African Journal of Agricultural Research, vol. 7(33), pp. 4640-4647.
46. Navarro Maroto P.J., Rodrigues Bayo J., Codina i Palou M., Dominquez i Tores G., Lopes Vicens Y., 2010. Prospects for the market supply of wood and other forest products from areas with fragmented forest ownership structure. Task II. Case study: Catalonia, Spain. Centre Tecnologic Forestal de Catalunya, 93 p.
47. Nevacerel H., Lepoglavec K., Papa I., Picman D., Pentek T., 2011. Development of a new computer program for designing forest roads. În: Formec 2011, 9 – 13 Octombrie 2011, Graz.
48. Olsson L., Lohmander P., 2005: Optimal forest transportation with respect to road investments. Forest Policy and Economics, 7, 369-379. DOI: 10.1016/j.forpol.2003.07.004.
49. Olteanu N., 2003. Rețele de drumuri forestiere. Editura Universității Transilvania din Braşov.
50. Papa I., Pentek T., Lepoglavec K., Nevercel H., Porsinski T., Tomasic Z., 2015. Methodology of development of detailed primary forest traffic infrastructure register as the basis for forest road maintenance planning and optimization. În: Croatian Journal of Forest Research, vo. 7-8, pp. 311-328.
51. Parsakhoo A., Jajouzadeh M., 2016. Determining an optimal path for forest road construction using Dijkstra's algorithm. În: Journal of Forest Science, vol. 62(6), pp. 264-268.
52. Pentek T., Porsinsky T., Duka A., Tomasic Z., 2016. Planning of primary forest road network on strategic and tactical level – from idea to implementation in operational forestry. În: From Theory to Practice: Challenges for Forest Engineers, 49th Symposium of Mechanization, Varşovia, Polonia.
53. Pereira R.S., Emmert F., Miucl E.P., Mota F.C.M., Rezende A.V., Lean F.A., 2017. Mechanical stabilization of soils as alternative for construction of low cost forest road. În: Nativa: Resquisas Agrarias e Ambientais, vol. 5(3), pp. 212-217.

54. Potočnik I., Pentek T., Pičman D., 2005. Impact of traffic characteristics on forest roads due to forest management. În: Croatian Journal of Forest Engineering, vol. 26(1), pp. 51-57.
55. Rahmani M., Kim Y.R., Park Y.B., Jung J.S., 2020. Mechanistic analysis of pavement damage and performance prediction based on finite element modeling with viscoelasticity and fracture of mixtures. În: LHI Journal of Land, Housing and Urban Affairs, vol. 11(2), pp. 95-104.
56. Rhee H., Fridley J., Pge-Dumroese D., 2018. Traffic-induced changes and processes in forest road aggregate particle-size distribution. În: Forest, vol. 9, pp. 1-16.
57. Rodgers M., Hayes G., Healy M.G., 2009. Cyclic loading tests on sandstone and limestone shale aggregates used in unbound forest roads. În: Construction and Building Materials, vol. 23, pp. 2421-2427.
58. Ryan T., Phillips H., Ramsay J., Dempsey J., 2004. Forest Road Manual – Guidelines for the design, construction and management of forest roads. COFORD – National Council for Forest Research and Development, Dublin, Irlanda, 170 p.
59. Serin H., Akay A.E., 2010. Noise level analysis of bulldozer used in constructing a forest road in Mediterranean region of Turkey. În: African Journal of Agricultural Research, vol. 5(19), pp. 2624-2628.
60. Southworth J., Tucker C., 2001. The influence of accessibility, local institution and socio-economic factors on forest cover change in the mountains of Western Honduras. În: Mountain Research and Development, vol. 21(3), pp. 276-283.
61. Spinelli R., Marchi E., Visser R., Harrill H., Grallo R., Cambi M., Neri F., Lombardini C., Magagnotti N., 2017. The effect of carriage type on yarding productivity and costs. În: International Journal of Forest Engineering, vol. 28(1), pp. 34-41.
62. Thompson M., Sessions J., Boston K., Skaugset A., Tomberlin D., 2010. Forest roads erosion control using multi objective optimization. În: JAWRA – Journal of the American Water Resources Association, vol. 46(4), pp. 712-723.
63. Trzcinski G., Kaczmarzyk S., 2006. Estimation of carrying capacity of slag and gravel forest road pavements. În: Croatian Journal of Forest Engineering, vol. 27(1), pp. 27-36.
64. Uusitalo J., 2010. Introduction to forest operations and technology. JVP Forest Systems, 287 p.
65. Vicoleanu Şt., 2004. Controlul calităţii proceselor de execuţie la lucrările de drumuri. Editura Matrix Rom, Bucureşti.
66. Vişan J., Alexandru V.M., Ciobanu D.V., Muşat E.C., 2017. The impact of forest roads on the environment: A short review. Proceedings of the International Symposium "Forest and Sustainable Development", 7th - 8th October, Braşov, 133-138.
67. Vuorimies N., Kolisoja P., Kaakkurivaara T., Uusitalo J., 2015. Estimation of the risk of rutting on forest roads during the springthaw. In: Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board, vol. 2474(1), pp. 143-148.
68. Yorulmaz A., Sivrikaya O., Uysal F., 2021. Evaluation of the bearing capacity of poor subgrade soils stabilized with waste marble powder according to curing time and freeze-thaw cycles. In: Arabian Journal of Geosciences, vol. 14, pp. 360.
69. Zaharescu E., 1961. Contribuţii la studiul capacităţii portante a pământurilor. Editura Academiei, Bucureşti.
70. Zarojanu H., 1977. Consideraţii asupra unei metode de dimensionare a sistemelor rutiere nerigide bazată pe indicele de structură la deflexiune. Revista Transporturilor şi Telecomunicaţiilor, nr. 2.
71. Zarojanu, D., 2007. Drumuri forestiere. Editura Universităţii „Ştefan cel Mare” din Suceava.
72. Zhu X.Q., Law S.S., 2016: Recent development in inverse problems of vehicle-bridge interaction dynamics. Journal of Civil Structural Health Monitoring, 6, 107-128.

Anexa 18 –Listă lucrări elaborate

Lucrări publicate

ISI:

1. **Bitir I.**, Derczeni R., Lunguleasa A., Spirchez C., Ciobanu V., 2022. *Research on tracking the behavior of the Ciobanus forest road over a season time through specific tests and analysis*. In: Applied Sciences, vol. 12, 459. Doi: [10.3390/app12010459](https://doi.org/10.3390/app12010459). WOS: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000752314900001>.

BDI:

2. **Bitir I.**, Muşat E.C., Ciobanu V.D., 2021. *Analiza economică și financiară a soluțiilor tehnice utilizate în reabilitarea suprastructurii drumurilor forestiere*. În: *Revista Pădurilor*, anul 136, nr. 3, pp. 41-60. <http://revistapadurilor.com/revista-padurilor-la-zi/>.
3. **Bitir I.**, Muşat E.C., Derczeni R.A., Ciobanu V.D., 2019. *The influence of the increased tonnage upon the superstructure of forest roads*. In: *Conference Proceedings of the 19th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2019, vol. 19 – Water Resources. Forest, Marine and Ocean Ecosystems*, issue 3.2, pp. 853-860. <https://www.proquest.com/docview/2326856646?pq-origsite=gscholar&fromopenview=true>.
4. Derczeni R.A., Salcă E.A., Ciobanu D.V., **Bitir I.**, Muşat E.C., Liampas S.A., 2019. *Establishing criteria for calculating the tax/road tolling for vehicles used for timber transport on forest roads*. In: *Proceedings of the Biennial International Symposium "Forest and Sustainable Development"*, The 8th Edition, pp. 161-170. CABI: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20193382878>.
5. Muşat E.C., Derczeni R.A., **Bitir I.**, Liampas S.A., Ciobanu V.D., 2019. *Analiza costurilor în cazul lucrărilor de drumuri executate în regie proprie sau cu terți*. În: *Revista Pădurilor*, anul 134, nr. 1, pp. 37-50.

B+:

6. **Bitir I.**, Muşat E.C., Lunguleasa A., Ciobanu V.D., 2021. *Monitoring the transport on the Ciobănuş forest road within the Bacău Forestry Department*. În: *Recent Journal*, vol. 63, pp. 10-16. https://www.recentonline.ro/no_063.html.

Lucrări susținute la conferințe internaționale

1. Derczeni R.A., Salca E.A., Ciobanu V.D., **Bitir I.**, Muşat E.C., 2018. *Research on establishing criteria for calculating the tax/roadtolling for vehicles used for timber transport on forest roads*. Articol susținut la: *International Symposium "Forest and Sustainable Development"*, 25-26 October, 2018, Braşov, Romania. <https://silvic.unitbv.ro/ro/cercetare/conferin%C8%9Be/international-symposium-forest-and-sustainable-development.html>.
2. **Bitir I.**, Muşat E.C., Derczeni R.A., Ciobanu V.D., 2019. *The influence of the increased tonnage upon the superstructure of forest roads*. Articol susținut la: *19th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2019*. Section 14 – Forest Ecosystems, 28 June – 7 July, 2019, Albena, Bulgaria. https://www.sgem.org/index.php/elibrary?view=publication&filter_year=2019.

Lucrări trimise la jurnale ISI spre publicare

7. **Bitir I.**, Muşat E.C., Derczeni R.A., Ciobanu V.D., 2021. *Analysis of deformations and displacements identified at the non-rigid road structures requested at different tonnages*. Land. (trimis la revista ISI).

Anexa 19 – Rezumat scurt (română – engleză)

CERCETĂRI PRIVIND COMPORTAREA DRUMURILOR FORESTIERE ADMINISTRATE DE DIRECȚIA SILVICĂ BACĂU ÎN CONDIȚIILE ACTUALE DE TRAFIC

Doctorand
Ing. Ioan BITIR

Conducător de doctorat
Prof. univ. dr. ing. Valentina Doina CIOBANU

Rețeaua de transport forestier a reprezentat întotdeauna un subiect de interes pentru specialiști, întrucât o dezvoltare uniformă a acesteia poate asigura desfășurarea facilă a lucrărilor silviculturale și valorificarea superioară a lemnului. Interpretată în sens larg, rețeaua forestieră de transport cuprinde totalitatea căilor special amenajate pentru transportul materialului lemnos. Între o cale permanentă de transport și vehiculele care se deplasează pe aceasta vor exista întotdeauna interacțiuni, motiv pentru care înțelegerea influenței solicitărilor din trafic asupra suprafețelor suport este esențială pentru proiectarea unor căi de transport rezistente, care să se comporte corepunzător în exploatare.

Cercetările s-au desfășurat pe drumul forestier Ciobănuș, administrat de Direcția Silvică Bacău - Regia Națională a Pădurilor RNP-Romsilva, drum de vale dat în folosință în anul 1973. Alegerea acestui drum pentru lucrările de teren are la bază starea tehnică a drumului, ce poate fi caracterizată succint printr-o capacitate portantă necorespunzătoare actualelor condiții de trafic.

Pentru a identifica problemele care stau la baza degradărilor apărute pe drumul forestier au fost realizate analize în ceea ce privește tonajul transportat într-o perioadă mai lungă de timp, au fost realizate analize asupra materialelor din structura drumului, dar au fost realizate și simulări, cu ajutorul metodei elementului finit, cu privire la solicitările la care pot rezista structurile rutiere nerigide.

Interpretarea rezultatelor a evidențiat că anual, pe drumul forestier Ciobănuș, tranzitează un tonaj specific drumurilor forestiere principale, ceea ce susține gradul accentuat de degradare și rapiditatea de apariție a degradărilor pe acest drum, datorite unei suprastructuri insuficient dimensionată, care nu poate susține volumele anuale tranzitate. În plus, s-a constatat că nu toate structurile rutiere asigură portanța necesară pentru traficul efectuat cu autoplatforme și/sau vehicule speciale cu sarcini utile de 35 și 40 de tone, degradările depinzând de rigiditatea structurii rutiere. Grosimea stratului existent pe terasamentul drumului are o influență semnificativă în rigiditatea drumului pentru toate cele trei tipuri de structuri rutiere studiate, însă o rigiditate mai mare a drumului duce la o deformare remanentă mai mică a structurii rutiere și, implicit, la o durată mai mare de utilizare în timp.



**RESEARCH ON THE BEHAVIOR OF FOREST ROADS MANAGED BY THE BACĂU COUNTY FOREST
ADMINISTRATION IN CURRENT TRAFFIC CONDITIONS**

PhD Student
Eng. Ioan BITIR

PhD Supervisor
Prof. dr. eng. Valentina Doina CIOBANU

The forest transport network has always been a topic of interest for specialists, as its uniform development can ensure the easy development of forestry work and the superior use of wood. Interpreted in a broad sense, the forest transport network comprises all the routes specially designed for the transport of timber. There will always be interactions between a permanent way of transport and vehicles moving on it, which is why understanding the influence of traffic demands on support surfaces is essential for the design of resistant transport routes that behave properly in operation.

The researches were carried out on the Ciobanus forest road, managed by the Bacău County Forest Administration - RNP-Romsilva National Forest Administration, a valley road put into use in 1973. The choice of this road for field works is based on the technical condition of the road, which can be briefly characterized by a load-bearing capacity unsuitable for the current traffic conditions. In order to identify the problems underlying the degradation on the forest road, there were performed analyzes for the tonnage transported over a period of time, on the materials from the road structure, and also were made simulations, with the help of the finite element method, regarding the stresses that non-rigid road structures can withstand.

The interpretation of the results showed that annually, on the Ciobanus forest road, a tonnage specific to the main forest roads transits, which supports the accentuated degree of degradation and the rapidity of degradations on this road, due to an insufficiently dimensioned superstructure, which cannot support those loadings. In addition, it was found that not all road structures provide the necessary capacity for traffic with self-platforms and / or special vehicles with payloads of 35 and 40 tons, the degradations depending on the rigidity of the road structure. The thickness of the existing layer on the road embankment has a significant influence on the road stiffness for all three types of road structures studied, but a higher road stiffness leads to a smaller residual deformation of the road structure and, implicitly, to a longer duration of use over time.