

Универзитет у Београду
Шумарски факултет

**Дефинисање граничних вредности динамичког
модула деформације на шумским путевима**

КОНАЧНИ ИЗВЕШТАЈ

Припремљен за
Министарство пољопривреде, шумарства и водопривреде
Управа за шуме

Др Милорад Даниловић, ред. проф.

Катедра Коришћења шумских ресурса

новембар, 2021. године

ЗАХВАЛНИЦА ФИНАНСИЈЕРУ

Овај пројекат је финансиран од стране Министарства пољопривреде, шумарства и водопривреде - Управе за шуме, средствима из годишњег програма коришћења средстава за одрживи развој и унапређење шумарства Републике Србије за 2020. и 2021. годину за финансирање пројеката у области шумарства.

ИСТРАЖИВАЧИ И ИНСТИТУЦИЈЕ

Универзитет у Београду, Шумарски факултет

др Милорад Даниловић, редовни професор

др Душан Стојнић, асистент са докторатом

маст. инж. Славица Антонић, сарадник у високом образовању

маст. инж. Владимир Ћировић, асистент

маст. инж. Владимир Пуђа, сарадник у високом образовању

**РУКОВОДИЛАЦ
ПРОЈЕКТА**

**В.Д. ДЕКАНА
ШУМАРСКОГ ФАКУЛТЕТА**

М.П.

Проф. др Милорад Даниловић

Проф. др Ратко Ристић

САДРЖАЈ:

ПОПИС ТАБЕЛА:	6
ПОПИС СЛИКА:	7
ПОПИС ГРАФИКОНА:	9
ПОПИС ПРИЛОГА:	9
ПРЕДГОВОР	10
1. УВОД	12
1.1. Коловозне конструкције шумских путева	14
1.2. Камени агрегати за коловозне конструкције шумских путева	16
1.3. Испитивање збијености уграђених материјала	18
2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА	20
2.1. Лабораторијско испитивање каменог агрегата	20
2.1.1. Минералошко-петрографски састав	21
2.1.2. Гранулометријски састав	21
2.1.3. Садржај органских честица	22
2.1.4. Калифорнијски индекс носивости CBR	22
2.1.5. Отпорност на дробљење и хабање методом „Los Angeles“	23
2.1.6. Постојаност агрегата на мраз	23
2.1.7. Упијање воде	24
2.2. Испитивање динамичког модула деформација	24
2.2.1. Уређај за испитивање динамичког модула деформације	26
2.2.2. Техничке карактеристике уређаја ZORN ZFG 3.0 GPS	27
2.2.3. Принцип рада	28
2.3. Одређивање влажности постељице и насутих материјала	30
3. РЕЗУЛТАТИ ИСПИТИВАЊА	32
3.1. Локално доступан камени агрегат	32
3.1.1. Позајмиште 1 – Дебели Луг, Пустинац	36
3.1.2. Позајмиште 3 – Јагодина, Беочић, Бела Грача	38
3.1.3. Позајмиште 4 – Дебели Луг, Бреза	39
3.1.4. Позајмиште 5 – Гоч, Гвоздац	40
3.1.5. Позајмиште 6 – Гоч, Бела река	41
3.1.6. Позајмиште 7 – Плавчево	42
3.1.7. Позајмиште 8 – Лесково	43
3.1.8. Позајмиште 9 – Тара, Милошевац	45
3.1.9. Позајмиште 10 – Дебело брдо	46
3.1.10. Позајмиште 11 – Везичево	47
3.1.11. Позајмиште 12 – Ковиљарац	49
3.1.12. Позајмиште 13 – Јездиновац	50
3.1.13. Позајмиште 14 – Костојевићи	51
3.1.14. Позајмиште 15 – Врање, Девотин	52
3.1.15. Позајмиште 16 – Нересница	53
3.1.16. Позајмиште 17 – Гоч, Ћелави поток	54
3.1.17. Позајмиште 18 – Топли До	56
3.1.18. Позајмиште 19 – Студеница, Црепуљник	57
3.1.19. Позајмиште 20 – Бела Паланка, Бежиште	58
3.1.20. Позајмиште 21 – Параћин, Јаворак	59
3.2. Анализа резултата лабораторијских испитивања	61
3.3. Испитивање динамичког модула деформације	62

3.3.1.	Шумски пут „Крак фунзар – Јеленов поток“	66
3.3.2.	Шумски пут „Пилана – Врба“	68
3.3.3.	Шумски пут „Врба – Поток Алмари“	70
3.3.4.	Шумски пут „Фељешана – Поток Бреза“	71
3.3.5.	Шумски пут „Беочић – Бела Грача – Змајевица“	73
3.3.6.	Шумски пут „Ваља реа“	75
3.3.7.	Шумски пут „Равна река – Огашу скорца“	76
3.3.8.	Шумски пут „Ловачки дом – Милојковача“	77
3.3.9.	Шумски пут „Кружни пут – Бела река“	79
3.3.10.	Шумски пут „Плавчево – Штубеј“	81
3.3.11.	Шумски пут „Рудноглавски крак“	83
3.3.12.	Шумски пут „Чутурска ливада – Милошевац“	84
3.3.13.	Шумски пут „Дебело брдо – Маџарија“	87
3.3.14.	Шумски пут „Везичево – Дрењар“	89
3.3.15.	Шумски пут „Ђовдин - Дрењар“	91
3.3.16.	Шумски пут „Биљићи – Доњи Јездиновац“	93
3.3.17.	Шумски пут „Новаковићи – Костојевећи“	95
3.3.18.	Шумски пут „Девотин – Стамболка – Китке“	96
3.3.19.	Шумски пут „Долина Селиште“	98
3.3.20.	Шумски пут „Бурмански поток – Ћелавуша“	99
3.3.21.	Шумски пут „Топли до – Селиште“	102
3.3.22.	Шумски пут „Црвене клеке (Растовница) – Каменито брдо“	104
3.3.23.	Шумски пут „Бежиште – Три локве“	106
3.3.24.	Шумски пут „Торовиште – Копривино брдо“	108
3.3.25.	Шумски пут „Пољана – Ловачко имање“	110
3.3.26.	Шумски пут „Орашће – Пољанско“	115
3.3.27.	Шумски пут „Гвоздац – Бела река“	117
3.3.28.	Шумски пут „Бистрица – Подоштрик“	117
3.4.	Анализа резултата мерења динамичког модула деформације	118
3.4.1.	Утицаји на величину параметара E_{vd} и s/v по слојевима	121
3.4.1.1	Утицаји на величину параметара E_{vd} и s/v код постељице	122
3.4.1.2.	Утицаји на величину параметара E_{vd} и s/v код носећег слоја	123
3.4.1.3.	Утицаји на величину параметара E_{vd} и s/v код свеже изграђеног хабајућег слоја	124
3.4.1.4.	Утицаји на величину параметара E_{vd} и s/v код раније изграђеног хабајућег слоја	126
3.4.1.5.	Корелација Лос Анђелес коефицијента и E_{vd}	128
3.4.1.6.	Утврђивања промене параметара E_{vd} и s/v током времена	128
4.	ДИСКУСИЈА	130
5.	ЗАКЉУЧЦИ И ПРЕПОРУКЕ	135
	ЛИТЕРАТУРА	137
	ПРИЛОЗИ	139

ПОПИС ТАБЕЛА:

Табела 1: Захтеване вредности деформационих модула на плану неvezаног носећег слоја.....	19
Табела 2: Захтеване вредности деформационих модула на плану неvezаног хабајућег слоја.....	19
Табела 3: Корелације вредности носивости подлоге (извор: Приручник за пројектовање путева у Републици Србији).....	22
Табела 4: Процена вредности CBR (извор: Приручник за пројектовање путева у Републици Србији).....	23
Табела 5: Формулар за унос података о извршеном мерењу (пример).....	25
Табела 6: Резултати испитивања каменог агрегата у позајмишту 1.....	36
Табела 7: Резултати испитивања каменог агрегата у позајмишту 2.....	37
Табела 8: Резултати испитивања каменог агрегата у позајмишту 3.....	38
Табела 9: Резултати испитивања каменог агрегата у позајмишту 4.....	39
Табела 10: Резултати испитивања каменог агрегата у позајмишту 5.....	40
Табела 11: Резултати испитивања каменог агрегата у позајмишту 6.....	41
Табела 12: Резултати испитивања каменог агрегата у позајмишту 7.....	43
Табела 13: Резултати испитивања каменог агрегата у позајмишту 8.....	44
Табела 14: Резултати испитивања каменог агрегата у позајмишту 9.....	46
Табела 15: Резултати испитивања каменог агрегата у позајмишту 10.....	46
Табела 16: Резултати испитивања каменог агрегата у позајмишту 11.....	48
Табела 17: Резултати испитивања каменог агрегата у позајмишту 12.....	50
Табела 18: Резултати испитивања каменог агрегата у позајмишту 13.....	50
Табела 19: Резултати испитивања каменог агрегата у позајмишту 14.....	52
Табела 20: Резултати испитивања каменог агрегата у позајмишту 15.....	52
Табела 21: Резултати испитивања каменог агрегата у позајмишту 15.....	54
Табела 22: Резултати испитивања каменог агрегата у позајмишту 17.....	55
Табела 23: Резултати испитивања каменог агрегата у позајмишту 18.....	56
Табела 24: Резултати испитивања каменог агрегата у позајмишту 19.....	57
Табела 25: Резултати испитивања каменог агрегата у позајмишту 20.....	59
Табела 26: Резултати испитивања каменог агрегата у позајмишту 21.....	60
Табела 27: Приказ лабораторијских анализа каменог агрегата.....	61
Табела 28: Списак шумских путева на којима је спроведено истраживање.....	63
Табела 29: E_{vd} и степен збијености на постељици шумског пута „Крак фунзар – Јеленов поток“.....	66
Табела 30: E_{vd} и степен збијености на шумском путу „Пилана - Врба“.....	69
Табела 31: E_{vd} и степен збијености на шумском путу „Врба – Поток Алмари“.....	71
Табела 32: E_{vd} и степен збијености на шумском путу „Фељешана - Поток Бреза“.....	72
Табела 33: E_{vd} и степен збијености на шумском путу „Беочић-Бела Грача-Змајевица“.....	74
Табела 34: E_{vd} и степен збијености након више пролазака ваљка.....	74
Табела 35: E_{vd} и степен збијености на шумском путу „Ваља реа“.....	76
Табела 36: E_{vd} и степен збијености на шумском путу „Равна река - Огашу скорца“.....	77
Табела 37: E_{vd} и степен збијености на шумском путу „Ловачки дом – Милојковача“.....	78
Табела 38: E_{vd} и степен збијености након више пролазака ваљка.....	79
Табела 39: E_{vd} и степен збијености на постељици шумског пута „Кружни пут – Бела река“.....	80
Табела 40: E_{vd} и степен збијености на хабајућем слоју шумског пута „Кружни пут – Бела река“.....	80
Табела 41: E_{vd} и степен збијености на шумском путу „Плавчево – Штубеј“.....	82
Табела 42: E_{vd} и степен збијености на шумском путу „Рудноглавски крак“.....	84
Табела 43: E_{vd} и степен збијености на шумском путу „Чутурска ливада - Милошевац“.....	85
Табела 44: E_{vd} и степен збијености на делу шумског пута „Дебело брдо – Маџарија, изграђеном од црвеног пешчара.....	87
Табела 45: E_{vd} и степен збијености на делу шумског пута „Дебело брдо – Маџарија, изграђеном од кречњака.....	87
Табела 46: E_{vd} и степен збијености на новоизграђеном делу шумског пута „Везичево – Дрењар“.....	89
Табела 47: E_{vd} и степен збијености на реконструисаном делу шумског пута „Везичево – Дрењар“.....	90
Табела 48: E_{vd} и s/v на новоизграђеном делу шумског пута „Ђовдин – Дрењар“.....	92
Табела 49: E_{vd} и s/v на шумском путу "Ђовдин - Дрењар" у 2021. години.....	93
Табела 50: E_{vd} и s/v на шумском путу "Биљићи - Доњи Јездиновац" у 2021. години.....	94
Табела 51: E_{vd} и s/v на шумском путу "Новковићи - Костијевићи" у 2021. години.....	96
Табела 52: E_{vd} и s/v на шумском путу "Девотин - Стамболка - Китке" у 2021. години.....	97
Табела 53: E_{vd} и s/v на шумском путу "Долина Селиште" у 2021. години.....	98
Табела 54: E_{vd} и s/v на шумском путу "Бурмански поток - Ћелавуша" у 2020. години.....	100
Табела 55: E_{vd} и s/v на шумском путу "Бурмански поток - Ћелавуша" у 2021. години.....	101

Табела 56: E_{vd} и степен збијености на постељици шумског пута „Топли до – Селиште“	102
Табела 57: E_{vd} и степен збијености на носећем слоју коловоза шумског пута „Топли до – Селиште“	102
Табела 58: E_{vd} и s/v на шумском путу "Топли до - Селиште" у 2021. години.....	103
Табела 59: E_{vd} и s/v на шумском путу "Црвене клеке – Каменито брдо" у 2021. години.....	104
Табела 60: E_{vd} и степен збијености на носећем слоју кол. конструкције шумског пута „Бежиште – Три локве“	106
Табела 61: E_{vd} и степен збијености на хабајућем слоју кол. конструкције шумског пута „Бежиште – Три локве“	106
Табела 62: E_{vd} и s/v на шумском путу "Бежиште – Три локве" у 2021. години.....	107
Табела 63: E_{vd} и степен збијености на носећем слоју коловозне конструкције шумског пута „Торовиште – Копривино брдо“	108
Табела 64: E_{vd} и s/v на шумском путу "Торовиште – Копривино брдо" у 2021. години	110
Табела 65: E_{vd} и s/v на постељици шумског пута "Пољана – Ловачко имање" у 2020. години.....	111
Табела 66: E_{vd} и s/v на носећем слоју шумског пута "Пољана – Ловачко имање" у 2020. години.....	112
Табела 67: E_{vd} и s/v на хабајућем слоју шумског пута "Пољана – Ловачко имање" у 2020. години.....	113
Табела 68: E_{vd} и s/v на хабајућем слоју шумског пута "Пољана – Ловачко имање" у 2021. години.....	114
Табела 69: E_{vd} и s/v на постељици шумског пута "Орашће - Пољанско" у 2021. години.....	116
Табела 70: E_{vd} и s/v на хабајућем слоју шумског пута "Гвоздац – Бела река" у 2021. години.....	117
Табела 71: E_{vd} и s/v на хабајућем слоју шумског пута "Бистрица - Подоштрик" у 2021. години	118
Табела 72: Резултати мерења E_{vd} на постељици шумских путева	119
Табела 73: Вредности E_{vd} на носећем слоју коловозне конструкције.....	120
Табела 74: Вредности E_{vd} на хабајућем слоју коловозне конструкције.....	121
Табела 75: Утврђивање утицаја категорије терена на величину параметара E_{vd} и s/v	122
Табела 76: Утврђивање утицаја носећег слоја на величини параметара E_{vd} и s/v	123
Табела 77: Утврђивање утицаја посматраних фактора на величину параметара E_{vd} и s/v свеже изграђеног хабајућег слоја	124
Табела 78: Утврђивање утицаја посматраних фактора на величину параметара E_{vd} и s/v раније изграђеног хабајућег слоја.....	127
Табела 79: Утврђивање везе између Лос Анђелес коефицијента и E_{vd}	128
Табела 80: Испитивање утицаја времена на промену вредности параметара E_{vd} и s/v	129

ПОПИС СЛИКА:

Слика 1: Делови уређаја ZORN ZFG 3.0 GPS	29
Слика 2: Мерење бруто масе узорка.....	31
Слика 3: Сушење узорка	31
Слика 4: Позајмиште 1 - Дебели Луг - Пустинац.....	34
Слика 5: Позајмиште 3 - Бела Грача.....	34
Слика 6: Прикупљени узорци каменог агрегата пре испоруке у лабораторију.....	34
Слика 7: Пример Извештаја о испитивању агрегата.....	35
Слика 8: Камени агрегат из позајмишта Пустинац у Дебелом Лугу	36
Слика 9: Камени агрегат из позајмишта Равна река у близини Мајданпека.....	37
Слика 10: Камени агрегат из позајмишта Бела Грача у близини Јагодине	38
Слика 11: Камени агрегат из позајмишта Бреза у Дебелом Лугу	39
Слика 12: Камени агрегат из позајмишта Гвоздац на Гочу	40
Слика 13: Камени агрегат из позајмишта Бела река на Гочу	42
Слика 14: Камени агрегат из позајмишта Плавчевп у близини Кучева.....	43
Слика 15: Камени агрегат из позајмишта Лесково у општини Мајданпек.....	44
Слика 16: Камени агрегат из позајмишта Милошевац на Тари.....	45
Слика 17: Камени агрегат из позајмишта Дебело брдо на Повлену.....	47
Слика 18: Камени агрегат из позајмишта Везичево.....	48
Слика 19: Камени агрегат из позајмишта Ковиљарац.....	49
Слика 20: Позајмиште Јездиновац	51
Слика 21: Камени агрегат из позајмишта Девотин, Врање	53
Слика 22: Камени агрегат из позајмишта Нересница	54
Слика 23: Камени агрегат из позајмишта Гоч, Ђелави поток	55
Слика 24: Камени агрегат из позајмишта Топли До.....	56
Слика 25: Камени агрегат из позајмишта Студеница, Црепуљник.....	58
Слика 26: Камени агрегат из позајмишта Бела Паланка, Бежиште.....	59
Слика 27: Камени агрегат из позајмишта Параћин, Јаворак	60
Слика 28: Испитивање динамичког модула збијености пре ваљања	67
Слика 29: Испитивање динамичког модула збијености након првог преласка ваљка	67
Слика 30: Шумски пут "Крак фунзар - Јеленов поток" 2020. год.....	67

Слика 31: Шумски пут "Крак фунзар - Јеленов поток" 2020. год.	67
Слика 32: Испитивање динамичког модула деформације на шумском путу "Пилана - Врба" 2019. год.	69
Слика 33: Шумски пут "Пилана - Врба" 2021. год.	69
Слика 34: Шумски пут "Врба - Поток Алмари" 2019. год.	71
Слика 35: Шумски пут "Врба - Поток Алмари" 2021. год.	71
Слика 36: Шумски пут "Фељешана - Поток Бреза" 2019. год.	72
Слика 37: Шумски пут "Фељешана - Поток Бреза" 2021. год.	72
Слика 38: Испитивање на шумском путу „Беочић-Бела Грача-Змајевица" уређајем ZFG 3.0 GPS.	73
Слика 39: Испитивање након више пролазака ваљка.	73
Слика 40: Мерење збијености на шумском путу „Ваља реа“.....	75
Слика 41: Шумски пут „Ваља реа“ у тренутку мерења	75
Слика 42: Припрема за мерење на шумском путу Ловачки дом-Милојковача.....	78
Слика 43: Мерење након више пролазака ваљка	78
Слика 44: Позајмиште Бела река.....	80
Слика 45: Припремљена постељица на шумском путу "Кружни пут – Бела река".....	81
Слика 46: Израда коловозне конструкције на шумском путу „Кружни пут – Бела река“	81
Слика 47: Шумски пут "Плавчево - Штубеј" након изградње 2020. год.	83
Слика 48: Шумски пут "Плавчево - Штубеј" након изградње 2020. год.	83
Слика 49: Шумски пут "Плавчево - Штубеј" 2021. год.	83
Слика 50: Мерење Evd на шумском путу "Плавчево - Штубеј" 2021. год.	83
Слика 51: Позајмиште Лесково.....	84
Слика 52: Мерење Evd на шумском путу "Чутурска ливада - Милошевац" 2020. год.	85
Слика 53: Шумски пут "Чутурска ливада - Милошевац" 2020. год.	85
Слика 54: Испитивање Evd на шумском путу "Чутурска ливада - Милошевац" 2021. год.	86
Слика 55: Шумски пут "Читирска ливада - Милошевац" 2021. год.	86
Слика 56: Шумски пут "Дебело брдо - Маџарија" 2020. год.	88
Слика 57: Испитивање Evd на шумском путу "Дебело брдо - Маџарија" 2021. год.	89
Слика 58: Шумски пут "Дебело брдо - Маџарија" 2021. год.	89
Слика 59: Мерење збијености на шумском путу „Везичево - Дрењар“.....	90
Слика 60: Позајмиште Везичево	90
Слика 61: Траса шумског пута "Ђовдин - Дрењар"	92
Слика 62: Мерење ДМД на шумском путу "Ђовдин - Дрењар".....	92
Слика 63: Испитивање Evd на шумском путу "Новаковићи - Костојевићи" 2021. год.	95
Слика 64: Шумски пут "Новаковићи - Костојевићи" 2021. год.	95
Слика 65: Шумски пут „Девотин – Стамболка – Китке“ у изградњи.....	97
Слика 66: Шумски пут „Девотин – Стамболка – Китке“ у изградњи.....	97
Слика 67: Мерење Evd на шумском путу "Девотин - Стамболка - Китке" 2021. год.	98
Слика 68: Шумски пут "Девотин - Стамболка - Китке" 2021. год.	98
Слика 69: Шумски пут "Долина Селиште" након изградње 2021. год.	99
Слика 70: Испитивање Evd на шумском путу "Долина Селиште".....	99
Слика 71: Шумски пут "Бурмански поток - Ђелавуша" - припремљена постељица.....	100
Слика 72: Шумски пут "Бурмански поток - Ђелавуша" – израђена коловозна конструкција.....	100
Слика 73: Позајмиште Ђелави поток након минирања.....	101
Слика 74: Позајмиште на траси шумског пута „Топли До – Селиште“.....	103
Слика 75: Мерење ДМД на постељици шумског пута „Топли До – Селиште“.....	103
Слика 76: Позајмиште Црепуљник.....	105
Слика 77: Шумски пут "Црвене клеке - Каменито брдо" након реконструкције 2021. год.	105
Слика 78: Испитивање Evd на шумском путу "Црвене клеке - Каменито брдо".....	105
Слика 79: Испитивање Evd на шумском путу "Бежиште - Три локве" 2021. год.	107
Слика 80: Испитивање Evd на шумском путу "Бежиште - Три локве" 2021. год.	107
Слика 81: Шумски пут „Торовиште – Копривино брдо“ након израђеног носећег слоја коловозне конструкције.	109
Слика 82: Мерење ДМД на шумском путу „Торовиште – Копривино брдо“	109
Слика 83: Мерење Evd на шумском путу "Торовиште - Копривино брдо" 2021. год.	109
Слика 84: Шумски пут "Торовиште - Копривино брдо" 2021. год.	109
Слика 85: Ваљање постељице на шумском путу "Пољана - Ловачко имање"	111
Слика 86: Испитивање Evd на постељици шумског пута "Пољана - Ловачко имање"	111
Слика 87: Шумски пут „Пољана – Ловачко имање“ – упоредни тест ZORN ZGF 3.0 GPS и TERRATEST 5000 BT	114
Слика 88: Шумски пут „Пољана – Ловачко имање“.....	114
Слика 89: Мерење Evd на шумском путу "Пољана - Ловачко имање" 2021. год.	115
Слика 90: Шумски пут "Пољана - Ловачко имање" 2021. год.	115
Слика 91: Шумски пут „Орашће – Пољанско“ пред почетак радова.....	116

ПОПИС ГРАФИКОНА:

Графикон 1: Промена вредности E_{vd} са бројем преласка ваљка.....	66
Графикон 2: Промена вредности s/v са бројем преласка ваљка.....	66
Графикон 3: Промена вредности E_{vd} са бројем преласка ваљка	74
Графикон 4: Промена вредности s/v са бројем преласка ваљка	74

ПОПИС ПРИЛОГА:

Прилог 1: Извештај о испитивању каменог агрегата из позајмишта 1.....	140
Прилог 2: Извештај о испитивању каменог агрегата из позајмишта 2	142
Прилог 3: Извештај о испитивању каменог агрегата из позајмишта 3	144
Прилог 4: Извештај о испитивању каменог агрегата из позајмишта 4.....	146
Прилог 5: Извештај о испитивању каменог агрегата из позајмишта 5.....	148
Прилог 6: Извештај о испитивању каменог агрегата из позајмишта 6	150
Прилог 8: Извештај о испитивању каменог агрегата из позајмишта 7.....	152
Прилог 8: Извештај о испитивању каменог агрегата из позајмишта 8	154
Прилог 9: Извештај о испитивању каменог агрегата из позајмишта 9	156
Прилог 10: Извештај о испитивању каменог агрегата из позајмишта 10.....	158
Прилог 11: Извештај о испитивању каменог агрегата из позајмишта 11	160
Прилог 12: Извештај о испитивању каменог агрегата из позајмишта 12	162
Прилог 13: Извештај о испитивању каменог агрегата из позајмишта 13	164
Прилог 14: Извештај о испитивању каменог агрегата из позајмишта 14.....	166
Прилог 15: Извештај о испитивању каменог агрегата из позајмишта 15	168
Прилог 16: Извештај о испитивању каменог агрегата из позајмишта 16.....	170
Прилог 17: Извештај о испитивању каменог агрегата из позајмишта 17	172
Прилог 18: Извештај о испитивању каменог агрегата из позајмишта 18.....	174
Прилог 19: Извештај о испитивању каменог агрегата из позајмишта 19.....	176
Прилог 20: Извештај о испитивању каменог агрегата из позајмишта 20.....	178
Прилог 21: Извештај о испитивању каменог агрегата из позајмишта 21	180
Прилог 22: Извештај о испитивању каменог агрегата из старог водотока реке Нере	182

ПРЕДГОВОР

Пројекат „Дефинисање граничних вредности динамичког модула деформација на шумским путевима“ представља наставак реализованог пројекта из 2019. године „Дефинисање методологије за утврђивањем граничних вредности динамичког модула деформација на шумским путевима“, који је финансиран од стране Министарства пољопривреде, шумарства и водопривреде – Управе за шуме, средствима из годишњег програма коришћења средстава за одрживи развој и унапређење шумарства Републике Србије за 2019. годину за финансирање пројекта у области шумарства.

Као резултат прелиминарног пројекта потврђен је значај ових истраживања, дефинисана је методологија истраживања и донесени су одређени закључци:

1. На степен збијености коловозне конструкције у великој мери утиче грађевинска категорија на којој се коловозна конструкција темељи,
2. Збијеност насипа и постељице значајно утиче на вредности динамичког модула деформације у слојевима коловозне конструкције,
3. Влажност доњих слојева (насипа и постељице) један је од кључних фактора који утичу на збијеност коловозне конструкције,
4. Врста и порекло каменог агрегата од којег се израђује коловозна конструкција утиче како на динамички модул деформације, тако и на трајност шумског пута.

Прелиминарна истраживања која су спроведена 2019. године показала су појаву велике хетерогености измерених вредности динамичког модула деформације, често и одређене нелогичности, што је оправдало потребу за даљим, детаљнијим и обимнијим истраживањима.

Неповољна епидемиолошка ситуације у земљи током пролећа 2020. године, која је утицала на одлагање многих активности, неповољно се одразила и на динамику радова на овом пројекту. Уговор о реализацији пројекта закључен је тек у августу 2020.

године, а са реализацијом пројектних активности започело се у септембру 2020. године, након колективног годишњег одмора истраживача. За реализацију пројекта на располагању су остала само 2,5 месеца, буџет пројекта је готово преполовљен у односу на планирани (све на рачун зарада истраживача), а планирани обим радова остао је исти. За ово кратко време, уз максимално ангажовање свих истраживача, извршени су припремни радови (спроведена набавка услуге лабораторијског испитивања каменог агрегата, изабране локације на којима ће се вршити истраживања, дефинисана позајмишта каменог агрегата и сл.), затим су прикупљени узорци каменог агрегата, исти транспортовани у „Централну путну лабораторију“ у Ветерник (Нови Сад), испитана је збијеност постељице и насутих материјала на великом броју узорака, спроведене су прелиминарне анализе добијених резултата и израђен годишњи извештај.

Иако је рок за реализацију пројекта у 2020. години био знатно мањи од планираног, истраживања су спроведена на 17 нових локалитета (у пријави пројекта предвиђено је 15 локалитета), што са локалитетима из прелиминарног пројекта чини укупно 22 локалитета. Поједина, врло обимна истраживања обављена су и пре уговарања пројекта, јер се радило о изузетно битним локалитетима и видовима радова, а резултати са тих локалитета представљају изузетно вредне резултате.

Током 2021. године испитивања су спроведена на шумским путевима на којима су обављана и у претходним годинама (контролна мерења), али и на новим трасама, како би се обухватио већи број различитих ситуација и донео адекватан закључак. Нова испитивања изведена су на три путна правца, и то у Мачви (равничарски услови), и на Гочу и у Прибоју (планински услови).

1. УВОД

Путеви мале носивости, у које спадају и шумски путеви, чине око 70% светских путева, што значи да ових путева има око 26 милиона километара (González et al. 2018). Посебна специфичност путева мале носивости је њихова коловозна конструкција, која се израђује из невезаних слојева каменог агрегата, а који дају структурну чврстоћу путу. С обзиром на мањи обим саобраћаја, ови путеви се граде са нижим стандардима, али и поред тога, они морају да задовоље услове безбедности и трајности.

Убрзан развој шумске путне инфраструктуре кроз изградњу нових и реконструкцију постојећих шумских путева, захтева брзе и квалитетне методе за оцену квалитета изведених радова. Да би шумски пут могао дугорочно да функционише, његова постељица и агрегати морају обезбедити чврсту и стабилну подлогу. Током изградње шумских путева неопходно је стално спровођење контроле изведених радова како би се осигурало да су материјали за израду коловоза довољно сабијени да се осигура ово стање.

Коловозна конструкција шумског пута мора бити у могућности да издржи оптерећења која настају од саобраћаја. На ову носивост често утиче степен сабијености, садржај влаге и тип тла на коме се пут гради. Коловозна конструкција која може да издржи велика оптерећења без прекомерне деформације сматра се добром.

Материјали за израду коловозне конструкције обично се карактеришу својом отпорношћу на деформације под оптерећењем, или другим речима, својом крутошћу или својом носивошћу, односно, својом чврстоћом. Што је коловозна конструкција отпорнија на деформације, то је веће оптерећење које може поднети пре достизања критичне вредности деформације.

Последњих година евидентна су значајна улагања из Буџетског фонда за шуме Републике Србије, као и јавних предузећа и других корисника и сопственика шума у изградњу нових и побољшање квалитативног стања постојећих шумских путева. И поред тога, отвореност шума још увек није на задовољавајућем нивоу, а за постизање оптималног стања биће потребно још много година рада и улагања. Познато је да су шумски путеви најскупљи инфраструктурни објекти у шумама, због чега је квалитету њихове изградње потребно посветити посебну пажњу.

Градња шумских путева изводи се на основу израђеног Пројекта за извођење радова (Главног пројекта), а квалитет изведених радова контролише надзорни орган кога именује наручилац радова (инвеститор). Главним пројектом потребно је дефинисати све конструктивне елементе, техничке стандарде, детаље и количине, како би извођач радова могао да формира и понуди адекватну цену за извођење радова, а надзорни орган да спроведе контролу сваке фазе рада. У случају када поједини елементи пројекта нису јасно дефинисани, отвара се простор за конфликте између наручиоца и извођача радова. Овакви случајеви посебно су чести код оних позиција које до сада у пројектима шумских путева нису биле прописане ни мерљиве, а то су сабијеност подтла, насипа, постељице и коловозне конструкције. Од квалитета извођења ових радова директно зависи квалитет и трајност шумског пута.

Због непостојања референтних вредности, као ни опреме за мерење, утврђивање степена збијености на шумским путевима до сада није спровођено као редовна и обавезна мера, као што је случај приликом градње путева виших категорија. Самим тим, примедбе надзорног органа на квалитет изведених радова и захтев за извођење додатних радова на сабијању нису имали адекватан основ, што је извођачима радова омогућавало да остваре значајне уштеде на рачун квалитета изведених радова. Поред тога, у фази техничког прегледа шумских путева, комисија одлуку доноси на основу затеченог стања и извештаја надзорног органа, при чему нема доказ о испитивању степена збијености, нити има могућност да самостално изврши проверу.

Неквалитетно изведени радови на сабијању подтла, насипа, постељице и/или коловозне конструкције, за последицу имају појаву разних деформација доњег и горњег строја шумског пута, што захтева већа улагања у фази одржавања шумских путева.

Минималне вредности динамичког модула деформације у стручној литератури могу се разликовати од случаја до случаја. Прихватањем минималних вредности које су прописане за јавне путеве са савременим коловозима на шумским путевима, на којима се носећи невезани слојеви изводе од лабораторијски испитаног каменог агрегата који испуњава стандарде квалитета, могло би да представља недостижан циљ уколико се за израду коловозне конструкције користи локално доступан

материјал. Са друге стране, недопустива је употреба локално доступног материјала за израду коловозне конструкције по сваку цену. Из тог разлога, спроведена су истраживања како би се утврдиле минималне вредности динамичког модула деформације за различите врсте камених агрегата које се користе на шумским путевима, а затим те минималне вредности прописати као обавезне елементе свих пројеката шумских путева, што ће бити и предмет контроле надзорног органа.

1.1. Коловозне конструкције шумских путева

Према типу коловозне конструкције шумске путеве најчешће делимо на:

1. путеве без коловозне конструкције (углавном земљани, чија је употреба ограничена на суви период године или коловоз на чврстој подлози, који обезбеђује проходност, али не и сигурност и удобност),
2. путеве са коловозом од каменог агрегата (код којих је коловозна конструкција израђена од неког каменог агрегата, најчешће туцаника или шљунка, а којима је кретање камиона могуће у свим временским условима),
3. путеве са хемијски стабилованим коловозом (углавном без туцаничког застора, код којих се природни коловоз стабилизује кречом, цементом, пепелом или неким другим хемијским средством) и
4. путеве са савременим коловозом (флексибилни (асфалтни) и крути (бетонски) коловози, којима је омогућено кретање свих типова возила током целе године).

Шумски пут, као и сваки други, изграђен је од већег броја техничких елемената различите функције, који на непосредан или посредан начин доприносе остварењу основне намене шумског пута – безбедном и несметаном одвијању саобраћаја у свим временским условима.

Шумски путеви састоје се из две посебне конструкционе целине познате као доњи и горњи строј пута. Доњи строј пута је онај део конструкције који има задатак да, преко оформљене равне површине, преноси саобраћајно оптерећење на тло. Најчешће се гради у природном тлу и од природних материјала, па се радови на његовој изградњи сврставају у групу земљаних или такозваних геотехничких радова.

Овим појмом обухваћени су радови на ископу, транспорту и уградњи земљаног и другог материјала ради стварања стабилне носеће конструкције. Под горњим стројем подразумева се коловозна конструкција са банкинама, односно све оно што се налази изнад површине постељице (планума).

Коловозна конструкција је део пута по коме се одвија саобраћај, а служи да омогући безбедно, удобно и економично кретање возила у пројектованом периоду експлоатације. У техничком смислу, основни задатак коловозне конструкције на шумском путу је да прими оптерећења од саобраћаја који се по њему одвија и пренесе их на доњи строј пута. Осим услова безбедности и удобности, један од најважнијих услова које треба да задовољи коловозна конструкција шумског пута јесте да обезбеди пројектовани век трајања, односно да је трајна и отпорна на дејство саобраћаја у предвиђеном року, уз једноставно одржавање и прихватљиве трошкове.

Радови на изградњи коловозне конструкције шумског пута представљају најзахтевније радове, који морају да се одвијају у одговарајућим временским условима и применом одговарајуће механизације и технологије грађења. Коловозна конструкција представља специјално изграђено тело по коме се крећу транспортна средства. Њен задатак је да прими оптерећење од саобраћаја који се по њему одвија и пренесе га на доњи строј пута. Коловозна конструкција мора бити отпорна на атмосферске утицаје (киша, снег, мраз, сунце...), али и да издржи предвиђено оптерећење и интензитет саобраћаја.

У укупним трошковима изградње шумског пута, коловозна конструкција учествује са 40-70%, у зависности од услова средине и удаљености места набавке каменог агрегата, док у трошковима одржавања учествује и до 90%. Да би се задовољили сви услови трајности, коловозна конструкција мора бити изграђена од материјала одговарајућег квалитета, на добро припремљеној подлози (постељици), поштујући принципе и технологију градње. Употребом дробљеног каменог агрегата за израду коловозне конструкције, који поседује сертификат (потврду) о извршеном испитивању квалитета у акредитованим лабораторијама, без сумње ће се изградити коловозна конструкција добре носивости и трајности. Међутим, употреба оваквих материјала значајно утиче на повећање укупних трошкова изградње шумских путева, не само због високе набавне цене дробљеног каменог агрегата, већ и због често

велике транспортне дистанце између каменолома и шумског пута. Из тог разлога, градња коловозне конструкције на шумским путевима најчешће се изводи од каменог материјала који се налази у близини трасе шумског пута, а његова припрема врши се багерима са дубинском кашиком, хидрауличним чекићем или минирањем и дробљењем на одговарајуће фракције.

Димензионисање коловозних конструкција на шумским путевима, на начин како се то изводи за путеве виших категорија, зависно од осетљивости тла, дејству мраза и промени влажности, најчешће се не спроводи у пракси. Одређивање дебљине коловозне конструкције значајно је упрошћено, а базира се на грађевинској категорији терена. Поједина упутства намећу следеће дебљине коловозне конструкције, што се усталило у пракси пројектовања и изградње шумских путева, не само у Србији, него и у земљама региона:

- за шумске путеве на 3. категорији земљишта – 0,50 m;
- за шумске путеве на 4. категорији земљишта – 0,30 m; и
- за шумске путеве на 5. и 6. категорији земљишта – 0,10 m.

Поређења ради, у наставку су дате пројектоване дебљине коловозне конструкције шумских путева у зависности од носивости подлоге у америчкој држави Колорадо:

- за шумске путеве на влажним стаништима – 0,9 m;
- за шумске путеве на влажним глиновитим земљиштима – 0,6 m;
- за шумске путеве на оцедитим глиновитим земљиштима – 0,35 m;
- за шумске путеве на оцедитим шумским земљиштима – 0,25 m; и
- за шумске путеве на стеновитим теренима – 0,15 m.

1.2. Камени агрегати за коловозне конструкције шумских путева

Коловозне конструкције израђене из камених агрегата без везива примењују се на путевима нижег саобраћајног разреда, какви су шумски путеви. Израђују се најчешће од шљунка или дробљеног каменог агрегата. За израду коловозних конструкција на шумским путевима користе се камени материјали, који се према

начину настанка разврставају на природно невезане стене, ломљене, дробљене и мленене.

Природно уситњени материјали (невезане стене) најчешће воде порекло из речних корита, спрудишта, наноса и сл., и за израду коловозних конструкција користе се у изворном облику или се врши њихово просејавање на фракције жељене величине, што је ређи случај на шумским путевима. Зрна су најчешће са заобљеним ивицама. Ова врста каменог агрегата често се употребљава за изградњу коловозне конструкције на шумским путевима у долинама река и равничарским подручјима.

Међу природно невезане стене спада и камена дробина (сипар) – природно уситњена стенска маса са зрном оштрих ивица, угластог облика, некласификована по крупноћи. Камена дробина јавља се најчешће на стрмим падинама, а налазишта дробине одговарајућег квалитета у близини градилишта веома су драгоцене, јер могу значајно да сниже трошкове изградње коловозне конструкције шумског пута.

Ломљени камен за коловозне конструкције шумских путева припрема се из растресите стенске масе, код којих припрема каменог агрегата не захтева пропуштање кроз дробилична постројења. Овакви типови камених агрегата могу се пронаћи на усецима путева током извођења земљаних радова или у непосредној близини градилишта, због чега се врло често употребљавају при изради коловозних конструкција шумских путева. Недостатак ломљеног камена је често присуство зрна великог пречника, од кога зависи дебљина слоја у који се материјал може уградити и већи степен опасности од сегрегације.

Дробљени материјали добијају се од материјала насталог просејавањем (оног материјала из кога су претходним просејавањем одвојене ситне фракције) или крупног каменог материјала из каменолома пропуштањем кроз дробилична постројења. На овај начин производи се туцаник, који се најчешће израђује од кречњачких стена. Од истих стена производи се и груба и фина камена ситнеж (ризла), која служи за испуну шупљина између зрна туцаника.

Млевени материјали добијају се млевењем или ситњењем дробљеног каменог агрегата у тзв. млиновима.

1.3. Испитивање збијености уграђених материјала

Контрола збијања и постигнуте збијености материјала у слојевима коловозне конструкције и у доњем строју, обавља се у току израде и пријема изведених радова, затим у току експлоатације, или приликом испитивања за потребе појачања односно реконструкције. Пракса испитивања степена збијености одавно је присутна у грађевинарству, али сем појединачних случајева, није нашла ширу примену код градње шумских путева. Испитивање збијености различитих слојева и провера квалитета изведених радова може се извести преко метода деформабилности и метода дефлексије.

Методe испитивања деформабилности су засноване на опитима стишљивости или слегања испитиваног слоја под оптерећењем плочом кружног пресека. Опити плочом су најраспрострањенији поступци испитивања квалитета и носивости коловозних конструкција, односно контроле квалитета израде појединих њених слојева. Овај поступак заснива се на оптерећењу материјала у испитиваном слоју извесном силом, помоћу кружне плоче одређеног пречника и у мерењу величине деформације, односно утискивања плоче у испитивани материјал.

Неке од традиционалних метода које се користе у Србији за испитивање модула деформабилности су:

1. Опит плочом према швајцарској методи – модул стишљивости (M_s), и
2. Опит плочом према немачкој методи – модул деформације (E_{v1} и E_{v2}).

Методe испитивања дефлексије могу бити статичке или динамичке. Последњих година динамички поступак све више добија на значају, пре свега због брзине и једноставности при мерењу, с тим да добијени подаци ипак мање тога казују. Носивост постојеће коловозне конструкције одређује се мерењем дефлексије, односно угиба њене површине. У зависности од поступка мерења добијају се различите вредности угиба, које нису међусобно директно упоредиве.

У Техничким условима за грађење путева у Републици Србији дате су захтеване вредности деформационих модула на плану неvezаног носећег слоја, што је представљено у табели која следи:

Табела 1: Захтеване вредности деформационих модула на плану неvezаног носећег слоја

Врста агрегата	Саобраћајно оптерећење					
	врло тешко или тешко			средње тешко или лако		
	E_{v2} [MN/m ²]	E_{v2}/E_{v1}	E_{vd} [MN/m ²]	E_{v2} [MN/m ²]	E_{v2}/E_{v1}	E_{vd} [MN/m ²]
природни	≥ 100	≤ 2,2	≥ 45	≥ 90	≤ 2,4	≥ 40
дробљени или мешани	≥ 120	≤ 2,0	≥ 55	≥ 100	≤ 2,2	≥ 45

Техничким условима за грађење путева у Републици Србији дате су захтеване вредности и за неvezане хабајуће слојеве, који се дозвољавају на путевима са малим саобраћајним оптерећењем. Захтевани статички (E_{v2}) и динамички (E_{vd}) деформациони модули дати су у наредној табели:

Табела 2: Захтеване вредности деформационих модула на плану неvezаног хабајућег слоја

Мешавина камених зрна	Захтевана вредност		
	E_{v2} [MN/m ²]	E_{v2}/E_{v1}	E_{vd} [MN/m ²]
дробљена, природна дробљена	≥ 100	≤ 1,8	≥ 45
мешана, из секундарних сировина	≥ 90	≤ 2,0	≥ 40

2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

2.1. Лабораторијско испитивање каменог агрегата

Камени агрегати који се користе за израду коловозне конструкције путева морају да поседују одређени квалитет који је најчешће прописан стандардима или техничким условима. Оцена квалитета утврђује се лабораторијским испитивањима, која су такође регулисана стандардима. Стандарди су утврђени консензусом и одобрени од признатог тела, којим се утврђују, за општу и виšekратну употребу, правила, смернице или карактеристике за активности или њихове резултате, ради постизања оптималног нивоа уређености у датом контексту. Како се ни један производ не може наћи на тржишту, а да претходно није прошао низ лабораторијских испитивања, тако и камени агрегати из каменолома пролазе претходне и редовне лабораторијске анализе.

Носивост и трајност носећих слојева коловозне конструкције у великој мери зависи од минералoшко-петрографског састава и врсте каменог агрегата од кога се израђују. Поред петрогених минерала који учествују у грађи стенских маса, појављују се и минерали који нису петрогени и који се најчешће сматрају штетним минералима када се говори о стенском материјалу за потребе нискоградње. Најзначајније карактеристике минерала који утичу на квалитет коловозне конструкције су чврстоћа, тврдоћа и цепљивост. Услови које би требало да испуњава природни камени агрегат за израду неvezаних носећих слојева коловозне конструкције дати су у *Техничким условима за грађење путева у Републици Србији*, чији је издавач ЈП „Путеви Србије“.

Познато је да различити слојеви коловозне конструкције захтевају и различите услове квалитета. Генерално посматрано, захтевани квалитет агрегата расте од доњих ка горњим слојевима, па се по правилу, у хабајуће слојеве флексибилних коловоза уграђују само најквалитетнији материјали одређеног порекла и састава.

За потребе ових истраживања обављена су следећа лабораторијска испитивања камених агрегата:

1. Минералошко-петрографски састав,
2. Гранулометријски састав,
3. Садржај органских честица,
4. Отпорност на дробљење и хабање (коефицијент Los Angeles),
5. Индекс носивости CBR,
6. Постојаност агрегата на мраз, и
7. Упијање воде.

2.1.1. Минералошко-петрографски састав

Минералошко-петрографски састав одређује се на бази макроскопске и микроскопске анализе узорка. Макроскопском анализом (употребом лупе и разређене хлороводоничне киселине) одређују се текстура, свежина узорка, боја, пукотине, релативна тврдоћа, мирис и сл. Микроскопске анализом описују се структура и минерални састав узорка.

За потребе ових истраживања минералошко-петрографски састав испитиван је у Институту за рударство и металургију Бор. Извештај је дат у обиму петрографског назива камена.

2.1.2. Гранулометријски састав

Присуство зрна одређених величина, тј. фракција у маси одређује се лабораторијским опитом одређивања гранулометријског састава тла. Узорак се сипа на сито са највећим отвором у низу, а затим се сита тресу. Након што се узорак просеје на свим ситима, важе се и одређује се постотак масе. Гранулометријски састав је дефинисан кривом која описује величину зрна различите величине изражену у процентима тежине. Иако се на гранулометријском дијаграму поред величина зрна крупнозрног тла приказују и величине зрна ситнозрног тла, он се искључиво користи за класификацију крупнозрног тла.

За испитивање гранулометријског састава примењена је метода мокрог сејања, која се користи за узорке састављене углавном од крупнозрних честица, а испитивање је спроведено по стандарду SRPS B.B1.018:2005.

2.1.3. Садржај органских честица

За утврђивање садржаја органских честица коришћен је метод загађености органским материјама – колориметрија, по стандарду SRPS.B.B8.039:1982. Овим стандардом утврђује се поступак за приближно одређивање присуства штодљивих органских састојака у каменом агрегату величине зрна до 8 mm ради оцене да ли је потребно даље испитивање пре давања дозволе за употребу. Дефинише се начин припремања раствора стандардне боје за упоређење и поступак испитивања.

2.1.4. Калифорнијски индекс носивости CBR

Калифорнијски индекс носивости (*CBR – California Bearing Ratio*) је карактеристична вредност деформабилности материјала при угибу притиснутог цилиндра. Коефицијент носивости агрегата, одређен у лабораторији калифорнијским поступком CBR, за природне агрегате у којима се налази мање од 50 m.-% дробљених зрна најмање 40%, а за дробљене агрегате у којима се налази више од 50 m.-% дробљених зрна најмање 80%.

Вредност CBR може се одредити:

- непосредно, мерењем у лабораторији или на терену, и
- посредно, помоћу корелације са вредностима мерења деформационог модула.

Табела 3: Корелације вредности носивости подлоге (извор: Приручник за пројектовање путева у Републици Србији)

Калифорнијски индекс носивости CBR [%]	Динамички модул деформације E_{vd} [MN/m ²]	Модул стишљивости M_s [MN/m ²]
3	-	4
5	10	8
7	20	13
10	25	20
15	35	35
20	45	50

За информативну оцену CBR-а могу се употребити уважене вредности за карактеристичне материјале.

Табела 4: Процена вредности CBR (извор: Приручник за пројектовање путева у Републици Србији)

Класификација материјала	Опис материјала	Запреминска маса [t/m ³]	Вредност CBR [%] Хидролошки услови:	
			повољни	неповољни
GW	добро гранулиран шљунак	2,00 – 2,25	30	30
GP	слабо гранулиран шљунак	1,75 – 2,10	20	20
SW	добро гранулиран песак	1,75 – 2,10	15	15
SP	слабо гранулиран песак	1,65 – 1,90	10	10
GM	прашинасти шљунак	2,10 – 2,30	20	15
GC	глиновити шљунак	1,90 – 2,25	7	5
SM	прашинасти песак	1,90 – 2,15	10	7
SC	глиновити песак	1,70 – 2,10	5	3
CL	прашинаста глина	1,60 – 1,80	5	3
ML	прашина	1,60 – 1,80	3	2

2.1.5. Отпорност на дробљење и хабање методом „Los Angeles“

Механичка својства агрегата оцењују се кроз неколико веома битних параметара, а један од најважнијих јесте коефицијент отпорности агрегата на дробљење одређен поступком Los Angeles. По Техничким условима за грађење путева у Републици Србији, на путевима са малим саобраћајним оптерећењем овај коефицијент треба да износи највише 35%, а на путевима са средњим и тешким саобраћајним оптерећењем највише 30%.

Испитивање методом Los Angeles обавља се у челичном бубњу. Отпорност на дробљење испитује се на узорцима величине 10-14 mm. Узорак масе 5 kg ставља се у уређај за дробљење заједно са 12 челичних кугли. Узорак се у уређају врти 500 пута након чега се вади и просејава на сити 1,6 mm. Узорак који се користи претходно мора бити опран и осушен у сушници. Los Angeles коефицијент се изражава као процентни однос између масе агрегата који је прошао кроз сито отвора 1,6 mm и почетне масе узорка.

Испитивање отпорности на дробљење и хабање спроведено је по стандарду SRPS B.B8.045:1978.

2.1.6. Постојаност агрегата на мраз

Мраз може имати разарајуће дејство на камене агрегате због појаве смрзавања и одмрзавања, при којима се формирају унутрашње силе у материјалу, што даље доводи до појаве оштећења. У зависности од минералошко-петрографског састава

агрегата, они на различите начине упијају воду и задржавају је у себи. Познато је да се вода при смрзавању шири и има отприлике 3% већу запремину него што је то случај у течном стању. Управо ова појава ширења запремине смрзнуте воде (леда) доводи до формирања унутрашњих сила. Уколико те силе постану веће од чврстоће материјала, долази до оштећења.

Испитивање постојаности каменог агрегата на дејство мраза испитано је према стандарду SRPS B.В044:1982. Овим стандардом утврђује се метода за испитивање постојаности каменог агрегата (зрна пречника преко 2 mm, природни и дробљени) према дејству мраза употребом засићеног раствора натријум-сулфата, а као реагенси служе: хлороводонична киселина, баријум-хлорид, натријум-сулфат и др.

Отпорност камених зрна на смрзавање изражава се уделом огуљених делова у односу на првобитну мешавину узорка. Уколико се примењује поступак помоћу магнезијум-сулфата, за невезане носеће слојеве ове вредности не би требале да буду веће од 25 m.-%, односно 5 m.-% уколико се испитивање врши помоћу натријум-сулфата. Међутим, Техничким условима за грађење путева у Републици Србији за невезане хабајуће слојеве дозвољава се отпорност на мраз до 25 m.-% на основу испитивања магнезијум-сулфатом, односно до 10 m.-% на основу испитивања натријум-сулфатом.

2.1.7. Упијање воде

Упијање воде и отпорност на мраз су у последње време карактеристике каменог агрегата које имају пресудан утицај на његову употребљивост, јер у случају повећаног упијања воде каменог агрегата, што је веома чест случај на нашем тржишту, неопходно је да камени агрегат испуњава захтеве у погледу отпорности на мраз.

Поступак испитивања каменог агрегата на упијање воде изведен је према стандарду SRPS B.В8.031:1982.

2.2. Испитивање динамичког модула деформација

Испитивања динамичког деформационог модула уз помоћ лаког дефлектометра може се обављати током градње шумског пута на различитим слојевима и након окончања радова на површинском слоју коловозне конструкције.

Редовном контролом збијености на постељици и носећим слојевима коловозне конструкције, обезбедиће се и боља збијеност завршног, хабајућег слоја, а самим тим и већа отпорност коловозне конструкције на негативне утицаје средине и већа трајност шумског пута.

Учесталост мерења и избор места на коме ће се мерења обавити највише зависе од искуства стручног лица које врши контролу. Редовне контроле збијености посебно је важно спроводити на деловима трасе пута на слабоносивој подлози, забареним земљиштима, депресијама и високим насипима.

Табела која следи представља теренски мануал (формулар) у који су, у оквиру ових истраживања, уписивани подаци добијени приликом мерења динамичког модула деформације. У формулар се уноси ближа локација шумског пута, назив објекта (шумског пута), опис радова (градња, реконструкција или санација), метеоролошки услови и датум.

Табела 5: Формулар за унос података о извршеном мерењу (пример)

ИСПИТИВАЊЕ ДИНАМИЧКОГ МОДУЛА ДЕФОРМАЦИЈЕ Evd								
Локација: Гоч, ГЈ „Гоч-Гвоздац А“				Метеор. услови: Сунчано, 24° С				
Објект: Ш.П. „Бурмански поток – Ћелавуша“				Датум:				
Опис радова: реконструкција								
Мерење	Време	Подлога	Слој	Дебљина слоја	Влажност	Позиција (Л, С, Д)	Evd	s/v
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	10:43	III	постељица	-	просушено	Л	28,6	0,336
2	10:44	III	постељица	-	просушено	С	23,5	0,369
3	10:47	III	постељица	-	просушено	Д	24,6	0,351
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								

У колони Подлога уписани су подаци о грађевинској категорији земљишта на којој се пут гради, односно на којој се спроводе мерења. Утврђивање грађевинске категорије земљишта обављало се на основу процене, а у зависности од ручног алата којим се може вршити ископ.

На шумским путевима где није било могуће пратити ток градње, дебљина слојева у коловозној конструкцији утврђена је на основу грађевинске категорије земљишта и претпоставке да је коловозна конструкција израђена у прописаној дебљини. На шумским путевима на којима је контролисани градња, контролисана је и дебљина коловозне конструкције, што је наведено у формуларима.

Влажност слоја на ком је вршено мерење углавном је утврђена грубом проценом и категоризована у суво, просушено и влажно. Приликом мањег броја мерења узимани су узорци тла или коловозне конструкције, а затим је њихова влажност одређена на основу разлике у сировом и апсолутно сувом стању, након сушења у пећници на 105 °C у трајању од 5 часова.

У колони Позиција детаљније је описано место где је вршено мерење, тј. наглашено је да ли је у питању лева или десна страна (најчешће колотрази) или средина пута.

2.2.1. Уређај за испитивање динамичког модула деформације

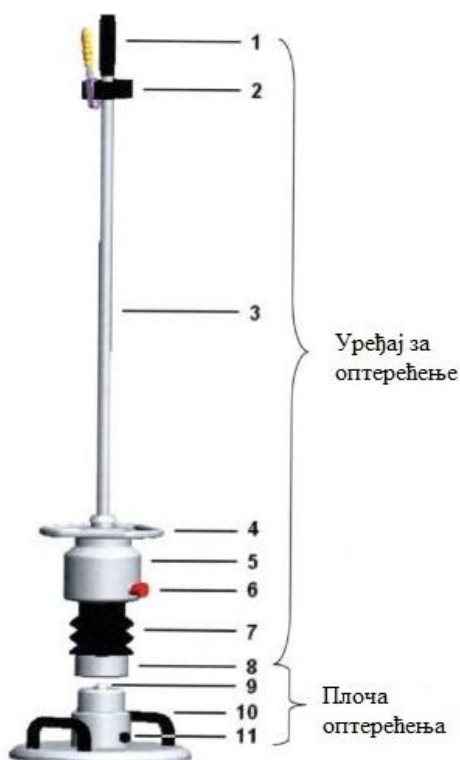
Инструменти за испитивање динамичког модула деформације припадају групи лаких дефлектометара – мерача деформација услед сила. Основни елементи су уређај за оптерећење (лаки тег) и плоча оптерећења. Лаки тег пада са стандардне висине клижући низ штап до дела уређаја који силу удара преноси у средиште кружне плоче. Механички утицај кружне челичне плоче ствара деформације на површини тла. Кружна плоча садржи акцелерометар који мери кретање и шаље сигнал контролној јединици. Принцип рада лаког дефлектометра базиран је на принципу кретања камиона оптерећеног са 10 t и који брзином од 80 km/h прелази 1 m².

На тржишту је доступан већи број различитих типова лаких дефлектометара, с тим да углавном сви раде на истом принципу. Неки од најпознатијих произвођача су: ZORN, TERRATEST, HMP, CONTROLS, WEBER и други.

За потребе ових истраживања коришћен је уређај марке ZORN, тип ZFG 3.0 GPS.

2.2.2. Техничке карактеристике уређаја ZORN ZFG 3.0 GPS

Уређај марке ZORN, тип ZFG 3.0 GPS представља инструмент за брзо одређивање динамичког модула деформације E_{vd} [MN/m^2]. На скици која следи дати су основни делови уређаја са лаким падајућим тегом за мерење динамичког модула деформације.



1. Рукохват;
2. Горњи граничник са уређајем за отпуштање тега;
3. Осовина;
4. Рукохват падајућег тега;
5. Падајући тег;
6. Транспортна кочница;
7. Опруге плоче оптерећења;
8. Уређај против искакања;
9. Кугла за центрирање;
10. Рукохвати за ношење плоче оптерећења;
11. Утичница за сензор на плочи оптерећења.

Осовина са падајућим тегом преко плоче повезује се са мерним инструментом, који садржи меморијску картицу за чување података. Мерни инструмент повезује се са термоштампачем, тако да се резултати мерења директно штампају на месту мерења. Мерни уређај и термоштампач налазе се у алуминијумском коферу, што олакшава њихов транспорт и штити од оштећења.

2.2.3. Принцип рада

Динамичка плоча са падајућим тегом користи се као алтернатива за статичку плочу за одређивање носивости и има следеће предности:

- није неопходно имати пун камион као оптерећење, као код статичког теста плочом или треножац потребан за мерење слегања;
- тестови се могу вршити у скученом простору, на пример при изградњи железничких конструкција, ископу канала, насипању, у бушотинама или осталим локацијама са отежаним приступом;
- потребан је мали радни простор;
- мала тежина испитне опреме;
- тест се обавља у кратком временском периоду.

За мерење збијености земљаних материјала у насипу и постељици, као и растреситих камених материјала до 70 MN/m^2 примењује се верзија уређаја са тегом од 10 kg . За мерење сабијености врло набијених материјала препоручује се верзија која има уређај за оптерећење са тегом од 15 kg . Са његовим, за 50% већим, падајућим тегом граница мерења помера се до 105 MN/m^2 .

Падајући тег, који се налази у склопу уређаја за оптерећење, треба подићи дуж осовине и забравити га у бравици која се налази одмах испод рукохвата. Једном руком држи се рукохват, а другом се подиже падајући тег, држећи га за ручку, до крајњег горњег положаја, док механизам на рукохвату не кликне. Проверити да ли је кочница добро постављена у прорез падајућег тега.

Припрема за мерење се обавља тако што се поставља плоча оптерећења на површину која се испитује. Плочу је потребно ухватити за обе ручке и утиснути је на место мерења благим притискањем и окретањем. Ако су у материјалу испод плоче остале шупљине и неравнине потребно их је поравнати средње зрнастим песком. Након тога поставља се цео уређај за оптерећење на плочу оптерећења и прикључује се кабл за везу између плоче оптерећења и испитног уређаја ZFG 3.0. Из падајућег тега потребно је извући сигурносну транспортну кочницу.



Слика 1: Делови уређаја ZORN ZFG 3.0 GPS

Површина која се испитује мора се претходно оптеретити и стабилизовати са 3 ударца. Падајући тег на уређају подиже се дуж осовине и потребно га је забравити у бравицу на рукохвату. Држећи за рукохват, осовина се поставља у вертикалан положај чак и ако испитна површина није хоризонтална, а затим се ослобађа падајући тег. Након што се он одбије од подлоге, другом руком се прихвата за рукохват, подиже и

поново забравља у бравицу. Овај поступак понавља се 3 пута. Резултат мерења не треба усвојити уколико се уочи бочно померање плоче, које се обично јавља као резултат утицаја пада тега услед превеликог нагиба површине на којој се мерење обавља.

Након мерења, на екрану се појављују следећи резултати:

No: 21 16.11.19 12:36
s_m: 0.281 mm
s/v: #2.561
E_{vd}: #62.4 MN/m²

Значење резултата (по редовима):

1. Редни број теста (само ако је убачена SD картица), датум и време;
2. s_m – просечна вредност слегања у mm;
3. s/v – степен збијености, даје информацију о томе да ли се конкретна подлога може даље сабијати или не (уопште: s/v < 3,5 тло се не може даље сабијати; s/v > 3,5 тло се може даље сабијати);
4. E_{vd} – динамички модул деформације у MN/m².

Ако су добијени резултати мерења необични (нпр. ако постоји утицај нагиба, или се плоча урања много дубље у тло него што се очекује, или се добијене вредности разликују више од једне четвртине у односу на оближња мерења), тада је неопходно уклонити део земље испод плоче и поновити мерење или мерење поновити на другом месту.

2.3. Одређивање влажности постељице и насутих материјала

Један од утицајних фактора на збијеност постељице и насутих материјала јесте влажност слоја на коме се спроводе мерења. На највећем броју узорака влажност је процењена методом визуалног одређивања влаге на површини постељице или коловоза, при чему је влажност класификована на суво, просушено и влажно. Ова

метода није поуздана, а резултати процене су субјективни. Ипак, ово је најчешћи, скоро и једини начин процене влажности који се користи током грађења шумских путева.

На мањем броју узорка примењена је гравиметријска метода или метода сушења, а заснива се сушењу узорка и мерењу разлике између масе влажног и сувог узорка. Влажност се одређује тако да се одређена количина узорка стави у ватросталну посуду, затим се на прецизној ваги измери бруто маса узорка, а онда се узорак заједно са посудом ставља у сушницу и загрева на $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ у тајању од 5 часова, односно док вода не испари. Након тога поново се мери бруто маса узорка, а разлика између масе у влажном и сувом стању представља воду која је испарила. Метода је прецизна и поуздана, па се углавном препоручује за експериментални рад, али због своје сложености није практична за свакодневно коришћење.



Слика 2: Мерење бруто масе узорка



Слика 3: Сушење узорка

3. РЕЗУЛТАТИ ИСПИТИВАЊА

3.1. Локално доступан камени агрегат

Минималне вредности збијености коловозне конструкције, које су прописане постојећим стандардима и техничким условима и које се примењују на путевима виших категорија, могу се постићи применом сертификованих материјала одговарајуће фракције. Међутим, поставља се питање да ли је могуће постићи те минималне захтеве када се користе локално доступни материјали за градњу шумских путева, а ако не могу, онда треба утврдити које су то редуковане вредности испод којих шумски пут не би смео да буде технички примљен.

Чињеница је да се коловозна конструкција на многим шумским путевима у брдско-планинским подручјима израђује од каменог агрегата који се припрема на самој траси шумског пута или се налази у њеној близини, најчешће на дистанцама до 10 km. Употребом локално доступног материјала значајно се смањују трошкови градње или реконструкције шумских путева, пре свега што се овај материјал често ствара као нуспроизвод при извођењу земљаних радова, врло често се припрема врши без минирања и дробљења, као и због малих трошкова превоза тог материјала до места уградње. Позајмишта каменог агрегата најчешће одређује пројектант шумског пута још у фази израде пројектно-техничке документације, а на основу ранијих искустава и опажања. У случају неодговарајућег квалитета или недовољне количине каменог агрегата у позајмишту, нова позајмишта одређује надзорни орган у договору са наручиоцем радова. Само у мањем броју случајева спроводе се лабораторијска испитивања каменог агрегата из позајмишта пре његове уградње.

За потребе ових истраживања прикупљени су узорци каменог агрегата са 21 позајмишта, из којих се материјал користио за градњу коловозне конструкције шумских путева. Узорци каменог агрегата, по 200 kg са сваког позајмишта, анализирани су у акредитованој лабораторији за геомеханику, како би се утврдила њихова употребљивост по важећим стандардима. Узорци су узети из следећих позајмишта:

1. Дебели Луг – Пустинац (Позајмиште 1)
2. Мајданпек – Равна река (Позајмиште 2)
3. Јагодина – Беочић, Бела Грача (Позајмиште 3)
4. Дебели Луг – Бреза (Позајмиште 4)
5. Гоч – Гвоздац (Позајмиште 5)
6. Гоч – Бела река (Позајмиште 6)
7. Плавчево (Позајмиште 7)
8. Лесково (Позајмиште 8)
9. Тара (Позајмиште 9)
10. Дебело брдо (Позајмиште 10)
11. Везичево (Позајмиште 11)
12. Ковиљарац (Позајмиште 12)
13. Јездиновац (Позајмиште 13)
14. Костојевићи (Позајмиште 14)
15. Врање (Позајмиште 15)
16. Нересница (Позајмиште 16)
17. Гоч – Ђелави поток (Позајмиште 17)
18. Топли до (Позајмиште 18)
19. Студеница – Црепуљник (Позајмиште 19)
20. Бела Паланка – Бежиште (Позајмиште 20)
21. Параћин – Јаворак (Позајмиште 21)
22. Бела Црква – речни шљунак (Позајмиште 22)

Лабораторијска испитивања каменог агрегата спроведена су у *Централној путној лабораторији* из Новог Сада, осим минералошко-петрографског састава, који је испитиван у Институту за рударство и металургију Бор. Лабораторијска испитивања природног несепарисаног шљунка, који је уграђиван на шумском путу „Пољана – Ловачко имање“, извршена су у Институту ИМС АД из Београда, а доставио их је извођач радова. Лабораторијска испитивања обухватала су анализу следећих параметара:

1. Минералошко-петрографски састав,
2. Гранулометријски састав,

3. Садржај органских честица,
4. Отпорност на дробљење и хабање (коэффицијент Los Angeles),
5. Индекс носивости CBR,
6. Постојаност агрегата на мраз, и
7. Упијање воде.



Слика 4: Позајмиште 1 - Дебели Луг - Пустинац



Слика 5: Позајмиште 3 - Бела Грача



Слика 6: Прикупљени узорци каменог агрегата пре испоруке у лабораторију

У овом извештају, заједно са резултатима из овог пројекта, биће представљен и део резултата из развојно-истраживачког пројекта „Дефинисање методологије за утврђивање граничних вредности динамичког модула деформације на шумским путевима“, који је реализован 2019. године, јер су ти резултати кључни за разумевање крајњих резултата истраживања.

Извештај о извршеном испитивању, који следи, представља пример извештаја који је доставила CPL – Centralna putna laboratorija d.o.o. Сви извештаји дати су у прилогу штампаног издања Завршног извештаја, а због забране репродуковања неће бити представљени у јавно доступној електронској верзији.

CPL Centralna putna laboratorija d.o.o. **IZVEŠTAJ O ISPITIVANJU AGREGATA / AGGREGATE TEST REPORT**

Broj izveštaja / Report No.: K03-001-1099/19
 Datum izveštaja / Date of report: 24.12.2019.

OPŠTI PODACI / GENERAL DATA
 Poslodavac / Employer: UNIVERZITET U BEOGRADU - Šumarski fakultet
 Gradsko / Šifra: 01-43692
 Uslovi kvaliteta / Quality requirements: -

PODACI O AGREGATU / AGGREGATE DATA
 Vrsta / Type: Dvojezični kamioni agregat 08/32mm
 Namena / Purpose: U svrhu razvojnog istraživačkog projekta
 Posledica / Results: Pozajništva sa šumskih puteva

PODACI O UZORKOVANJU / SAMPLING DATA
 Zapisnik br. / Protocol No.: K03-001-1099/19
 Datum uzorkovanja / Date of Sampling: 05.11.2019.
 Mesto uzorkovanja / Place of Sampling: DEBELJ LUG, Pustinac
 Šifra uzorka / Laboratory No.: K03 001A 1099

Vrsta ispitivanja / Type of Testing	Rezultati ispitivanja / Test results	
	Metoda / Method	Došlo je / Achieved
Ispitivanje sposobnosti određivanja kalibracionog indeksa / Determination of the calibration bearing ratio in laboratory	SRPS U 01.042:1997	50
Ispitivanje optičke gustoće / Optička gustoća / Maximum dry density of soil (M _d)	SRPS U 01.036:1997	1,07
Ispitivanje optičke gustoće / Optička gustoća / Optimum moisture (%)	SRPS U 01.036:1997	7,9
Ispitivanje otpornosti / otpornost / Test for freezing resistance (%)	SRPS B 86.031:1992	0,4
Ispitivanje otpornosti prema udarcima / Test for freezing resistance (%)	SRPS B 86.044:1992	5,1
Prilazno određivanje zapadneći osušene materije / Kolimetrijska metoda / Determination of organic impurities / Colimetric method	SRPS B 80.039:1980	0,04
Ispitivanje priručnog kamena - Ispitivanje priručnog / Ispitivanje agregata mešanih "hot angers" / Testing of natural rock - Testing of natural and melted aggregates: rock by separate "hot angers"	SRPS B 88.045:1916	<5
Ispitivanje mineralnog sastava / Determination of unit composition	SRPS B 80.054:1987	Površinski izuzetno / unobno

Ispitivan / Tested by: M.P.
 Pripremio i odobrio / Prepared and approved by: M.P.

CPL Centralna putna laboratorija d.o.o. **IZVEŠTAJ O ISPITIVANJU AGREGATA / AGGREGATE TEST REPORT**

Broj izveštaja / Report No.: K03-001-1099/19
 Datum izveštaja / Date of report: 24.12.2019.

OPŠTI PODACI / GENERAL DATA
 Poslodavac / Employer: UNIVERZITET U BEOGRADU - Šumarski fakultet
 Gradsko / Šifra: 01-43692
 Uslovi kvaliteta / Quality requirements: -

PODACI O UZORKOVANJU / SAMPLING DATA
 Zapisnik br. / Protocol No.: K03-001-1099/19
 Datum uzorkovanja / Date of sampling: 16.11.2019
 Mesto uzorkovanja / Place of sampling: Pozajništva sa šumskih puteva
 Poreklo materijala / Origin of material: DEBELJ LUG, Pustinac
 Datum ispitivanja / Date of testing: 23.11.2019
 Šifra uzorka / Laboratory number: K03 001A 1099

REZULTATI ISPITIVANJA / TESTING RESULTS

Uzorkovanje / Sieve (mm)	0,075	0,250	0,5	0,75	1,5	2,0	4,0	6,3	10,0	15,0	22,4	30,0	45,0	60,0	75,0
Procent / Passing (%)	10,9	13,2	15,0	17,8	22,2	30,8	41,6	62,1	75,6	86,8	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Ukoliko kvaliteta / Quality requirements	min	2	9	9	11	16	20	28	49	49	95	100	100	100	100
max	5	9	15	21	30	40	50	52	-	75	-	100	100	-	-

Velicina zrna na razvidnom / Visible grain size / 30% d_{30} = 2,80
 Datum ispitivanja / Date of testing: 23.11.2019
 Koeficijent uniformnosti / Uniformity coefficient: C_u = 7,56
 Očekivano / Expected: C_u > 6
 Koeficijent zadržavanja / Retention coefficient: C_d = 1,3
 Očekivano / Expected: C_d > 1,3

Dijagram granulometrijskog sastava (metoda mokrog sejanja) / Particle size distribution chart (wet sieving method)

Ispitivan / Tested by: M.P.
 Pripremio i odobrio / Prepared and approved by: M.P.

Слика 7: Пример Извештаја о испитивању агрегата

3.1.1. Позајмиште 1 – Дебели Луг, Пустинац

Позајмиште 1 – Пустинац у Дебелом Лугу припада ГЈ „Црна река“, односно Наставној бази „Мајданпечка домена“. Налази се на источном делу Газдинске јединице, а камени агрегат из овог позајмишта коришћен је при реконструкцији дела шумског пута „Расадник – Пустинац“ 2016. године и дела шумског пута „Крак фунзар – Јеленов поток“ 2019. године. На слици 8 приказан је изглед појединих фракција из наведеног позајмишта.



Слика 8: Камени агрегат из позајмишта Пустинац у Дебелом Лугу

Лабораторијским испитивањима установљене су следеће карактеристике каменог агрегата:

Табела 6: Резултати испитивања каменог агрегата у позајмишту 1

Врста испитивања	Резултат
Минералoшко-петрографски састав	Површински измењен - андезит
Садржај органских честица	Боја течности изнад агрегата није тамнија од раствора стандардне боје
Отпорност на дробљење и хабање (коэффицијент Los Angeles)	43
Индекс носивости CBR	86
Постојаност агрегата на мраз	5,1
Упијање воде	6,4

Позајмиште 2 – Мајданпек, Равна река

Позајмиште 2 – Равна река налази се у истоименој газдинској јединици на подручју ШГ „Северни Кучај“, ШУ „Мајданпек“. Камени агрегат коришћен је при реконструкцији шумског пута „Равна река – Огашу скорца“. На слици 9 приказан је изглед појединих фракција у агрегату.

Лабораторијским испитивањима установљене су следеће карактеристике каменог агрегата:

Табела 7: Резултати испитивања каменог агрегата у позајмишту 2

Врста испитивања	Резултат
Минералошко-петрографски састав	Површински распаднут – шкриљац
Садржај органских честица	Боја течности изнад агрегата није тамнија од раствора стандардне боје
Отпорност на дробљење и хабање (коэффициент Los Angeles)	44
Индекс носивости СBR	52,9
Постојаност агрегата на мраз	6,9
Упијање воде	4,1



Слика 9: Камени агрегат из позајмишта Равна река у близини Мајданпека

3.1.2. Позајмиште 3 – Јагодина, Беочић, Бела Грача

Позајмиште 3 – Бела Грача налази се у ШГ „Јужни Кучај“ Деспотовац, у ГЈ „Јухор“ у близини села Беочић, на шумском путу „Беочић – Бела Грача – Змајевица“, за чију је реконструкцију коришћен материјал из овог позајмишта. На слици 10 приказан је изглед појединих фракција у агрегату.

Лабораторијским испитивањима установљене су следеће карактеристике каменог агрегата:

Табела 8: Резултати испитивања каменог агрегата у позајмишту 3

Врста испитивања	Резултат
Минералшко-петрографски састав	Површински распаднут - перидотит
Садржај органских честица	Боја течности изнад агрегата није тамнија од раствора стандардне боје
Отпорност на дробљење и хабање (коэффициент Los Angeles)	40
Индекс носивости СВР	119,7
Постојаност агрегата на мраз	6,3
Упијање воде	2,4



Слика 10: Камени агрегат из позајмишта Бела Грача у близини Јагодине

3.1.3. Позајмиште 4 – Дебели Луг, Бреза

Позајмиште 4 – Бреза у Дебелом Лугу, такође припада ГЈ „Црна река“, односно Наставној бази „Мајданпечка домена“. Налази се на западном делу Газдинске јединице, а камени агрегат из овог позајмишта коришћен је при реконструкцији дела шумског пута „Пилана – Бреза“ 2018. године и „Пилана – Врба“ 2019. године. На слици 11 приказан је изглед појединих фракција у агрегату.

Лабораторијским испитивањима установљене су следеће карактеристике каменог агрегата:

Табела 9: Резултати испитивања каменог агрегата у позајмишту 4

Врста испитивања	Резултат
Минералoшко-петрографски састав	Површински распаднут – шкриљац
Садржај органских честица	Боја течности изнад агрегата није тамнија од раствора стандардне боје
Отпорност на дробљење и хабање (коэффициент Los Angeles)	43
Индекс носивости CBR	123,7
Постојаност агрегата на мраз	5,5
Упијање воде	2,1



Слика 11: Камени агрегат из позајмишта Бреза у Дебелом Лугу

3.1.4. Позајмиште 5 – Гоч, Гвоздац

Позајмиште 5 – Гоч – Гвоздац, налази се у Наставној бази „Гоч“, ГЈ „Гоч-Гвоздац А“. Материјал из овог позајмишта годинама се користи за одржавање шумских путева, а биће коришћен и на шумском путу „Бурмански поток – Ђелавуша“, чија је реконструкција планирана за 2020. годину. На слици 13 приказан је изглед појединих фракција у агрегату.



Слика 12: Камени агрегат из позајмишта Гвоздац на Гочу

Лабораторијским испитивањима установљене су следеће карактеристике каменог агрегата:

Табела 10: Резултати испитивања каменог агрегата у позајмишту 5

Врста испитивања	Резултат
Минералoшко-петрографски састав	Серпентин
Садржај органских честица	Боја течности изнад агрегата није тамнија од раствора стандардне боје
Отпорност на дробљење и хабање (коэффициент Los Angeles)	41
Индекс носивости СBR	140
Постојаност агрегата на мраз	5,1
Упијање воде	3,4

3.1.5. Позајмиште 6 – Гоч, Бела река

Позајмиште 6 – Гоч – Бела река налази се у ГЈ „Гоч-Гвоздац А“, којом газдује Универзитет у Београду – Шумарски факултет. Камени агрегат из овог позајмишта коришћен је и у претходном периоду за одржавање шумских путева, а током 2020. године за реконструкцију шумских путева „Кружни пут – Бела река“ и „Кружни пут – Слепи крак“. Машински припремљен камени агрегат коришћен је за израду носећег слоја коловозне конструкције, а дробљени камени агрегат за израду хабајућег слоја.

На слици 13 приказан је изглед појединих фракција каменог агрегата.

Лабораторијским испитивањима установљене су следеће карактеристике каменог агрегата:

Табела 11: Резултати испитивања каменог агрегата у позајмишту 6

Врста испитивања	Резултат
Минералошко-петрографски састав	Дубинска магматска стена - перидотит
Садржај органских честица	Боја течности изнад агрегата није тамнија од раствора стандардне боје
Отпорност на дробљење и хабање (коэффициент Los Angeles)	42
Индекс носивости СВР	59
Постојаност агрегата на мраз	5,6
Упијање воде	3,3



Слика 13: Камени агрегат из позајмишта Бела река на Гочу

3.1.6. Позајмиште 7 – Плавчево

Позајмиште 7 – Плавчево, налази се у општини Кучево, катастарској општини Церемошња, у близини села Плавчево. Камени агрегат коришћен је за израду коловозне конструкције шумског пута „Плавчево – Штубеј“, чији је инвеститор Удружење власника шума „Шуме Хомоља“ из Кучева. Агрегат је машински припремљен, без дробљена.

На слици 14 приказан је изглед појединих фракција каменог агрегата.

Лабораторијским испитивањима установљене су следеће карактеристике каменог агрегата:

Табела 12: Резултати испитивања каменог агрегата у позајмишту 7

Врста испитивања	Резултат
Минералошко-петрографски састав	Вулканска магматска стена - дацитоандезит
Садржај органских честица	Боја течности изнад агрегата није тамнија од раствора стандардне боје
Отпорност на дробљење и хабање (коэффицијент Los Angeles)	54
Индекс носивости СBR	56
Постојаност агрегата на мраз	8,4
Упијање воде	1,5



Слика 14: Камени агрегат из позајмишта Плавчево у близини Кучева

3.1.7. Позајмиште 8 – Лесково

Позајмиште 8 – Лесково, налази се у општини Мајданпек, у близини села Лесково. Позајмиште је отворено на траси шумског пута, а машински припремљен каменни агрегат без претходног дробљења употребљен је за израду коловозне конструкције шумског пута „Рудноглавски крак“, чији је инвеститор Удружење

власника шума „Шумске планине“ из Мајданпека. На слици 15 приказан је изглед појединих фракција у агрегату.



Слика 15: Камени агрегат из позајмишта Лесково у општини Мајданпек

Лабораторијским испитивањима установљене су следеће карактеристике каменог агрегата:

Табела 13: Резултати испитивања каменог агрегата у позајмишту 8

Врста испитивања	Резултат
Минералoшко-петрографски састав	Вулканска магматска стена - андезит
Садржај органских честица	Боја течности изнад агрегата није тамнија од раствора стандардне боје
Отпорност на дробљење и хабање (коэффициент Los Angeles)	33
Индекс носивости СBR	54
Постојаност агрегата на мраз	5,1
Упијање воде	3,2

3.1.8. Позајмиште 9 – Тара, Милошевац

Позајмиште 9 – Милошевац налази се на планини Тара, на локалитету званом Милошевац. Камени агрегат из овог позајмишта коришћен је изградњу и одржавање многих шумских путева на овом подручју. Током 2020. године употребљен је за израду коловозне конструкције на шумском путу „Чутурове ливаде – Милошевац“, чији је инвеститор Удружење приватних шумовласника „Заовине“ из Бајине Баште. На слици 16 приказан је изглед појединих фракција у агрегату.



Слика 16: Камени агрегат из позајмишта Милошевац на Тари

Лабораторијским испитивањима установљене су следеће карактеристике каменог агрегата:

Табела 14: Резултати испитивања каменог агрегата у позајмишту 9

Врста испитивања	Резултат
Минералошко-петрографски састав	Дубинска магматска стена - перидотит
Садржај органских честица	Боја течности изнад агрегата није тамнија од раствора стандардне боје
Отпорност на дробљење и хабање (коэффициент Los Angeles)	49
Индекс носивости CBR	72
Постојаност агрегата на мраз	9,1
Упијање воде	6,0

3.1.9. Позајмиште 10 – Дебело брдо

Позајмиште 10 – Дебело брдо, налази се на планини Повлен у близини Дебелог брда. Машински припремљен камени агрегат из овог позајмишта коришћен је за израду коловозне конструкције при реконструкцији шумских путева „Косићи – Дебело брдо“ и „Дебело брдо – Маџарија“, чији је инвеститор Удружење приватних шумовласника „Зарожје“ из Бајине Баште. На слици 17 приказан је изглед појединих фракција у агрегату.

Лабораторијским испитивањима установљене су следеће карактеристике каменог агрегата:

Табела 15: Резултати испитивања каменог агрегата у позајмишту 10

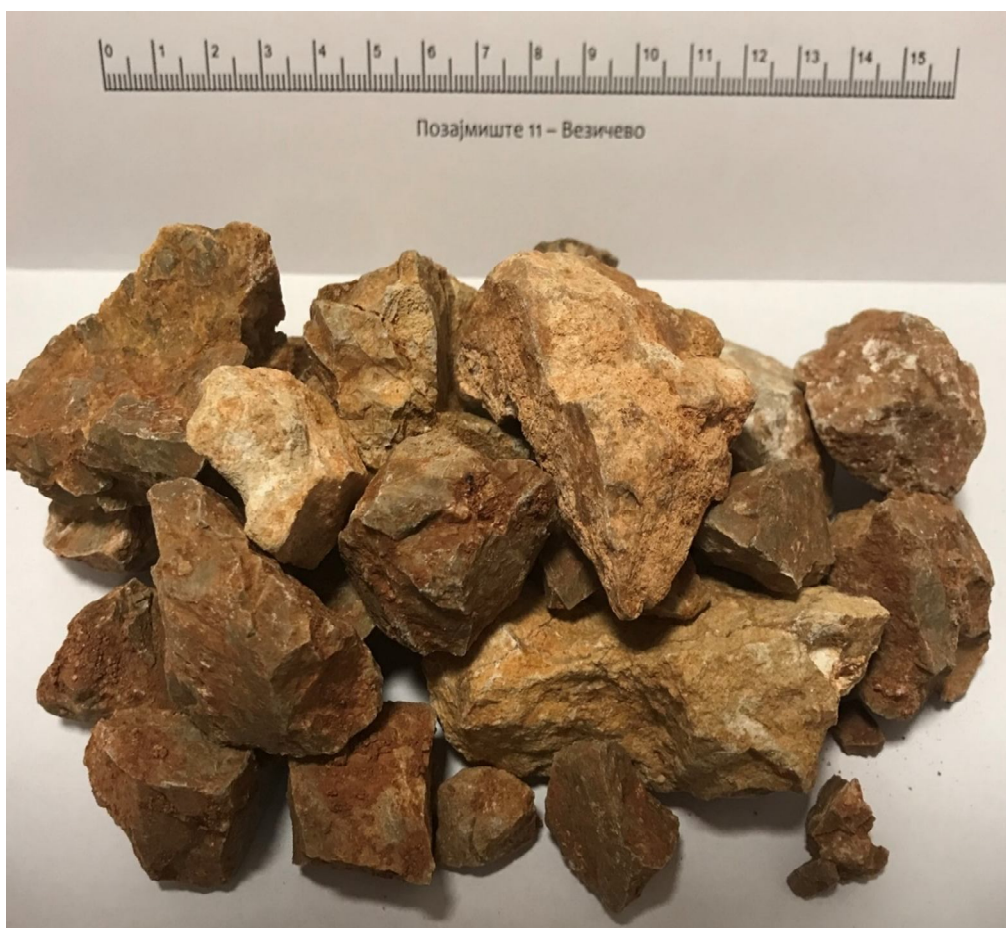
Врста испитивања	Резултат
Минералошко-петрографски састав	Седиментна стена – пешчар
Садржај органских честица	Боја течности изнад агрегата није тамнија од раствора стандардне боје
Отпорност на дробљење и хабање (коэффициент Los Angeles)	48
Индекс носивости CBR	26
Постојаност агрегата на мраз	7,6
Упијање воде	2,5



Слика 17: Камени агрегат из позајмишта Дебело брдо на Повлену

3.1.10. Позајмиште 11 – Везичево

Позајмиште 11 – Везичево, налази се у општини Петровац на Млави, у близини села Везичево. Камени агрегат из овог позајмишта коришћен је за изградњу шумског пута „Везичево – Дрењар“ чији је инвеститор Удружење власника шума „Крилаш“ из Ћовдина, општина Петровац на Млави. Агрегат је припреман машински, без дробљења. На слици 18 приказан је изглед појединих фракција у агрегату.



Слика 18: Камени агрегат из позајмишта Везичево

Лабораторијским испитивањима установљене су следеће карактеристике каменог агрегата:

Табела 16: Резултати испитивања каменог агрегата у позајмишту 11

Врста испитивања	Резултат
Минералoшко-петрографски састав	Седиментна стена – пешчар
Садржај органских честица	Боја течности изнад агрегата није тамнија од раствора стандардне боје
Отпорност на дробљење и хабање (коэффициент Los Angeles)	26
Индекс носивости CBR	68
Постојаност агрегата на мраз	5,0
Упијање воде	0,8

3.1.11. Позајмиште 12 – Ковиљарац

Позајмиште 12 – Ковиљарац, налази се у општини Петровац на Млави, у близини села Ћовдин, на локалитету званом Ковиљарац. Камени агрегат из овог позајмишта коришћен је за изградњу и одржавање многих шумских путева на овом локалитету, а током 2019. и 2020. године коришћен је за израду коловозне конструкције шумских путева „Ћовдин – Дрењар“, „Ћовдин – Ковиљарац“ и „Ковиљарац – Подгора“, чији је инвеститор Удружење власника шума „Крилаш“ из Ћовдина, општина Петровац на Млави. Агрегат је припреман машински, без дробљења. На слици 19 приказан је изглед појединих фракција у агрегату.



Слика 19: Камени агрегат из позајмишта Ковиљарац

Лабораторијским испитивањима установљене су следеће карактеристике каменог агрегата:

Табела 17: Резултати испитивања каменог агрегата у позајмишту 12

Врста испитивања	Резултат
Минералошко-петрографски састав	Седиментна стена – кречњак
Садржај органских честица	Боја течности изнад агрегата није тамнија од раствора стандардне боје
Отпорност на дробљење и хабање (коэффициент Los Angeles)	39
Индекс носивости CBR	88
Постојаност агрегата на мраз	9,9
Упијање воде	1,7

3.1.12. Позајмиште 13 – Јездиновац

Позајмиште 13 – Јездиновац, налази се у општини Бајина Башта, у близини села Јездиновац. Камени агрегат из овог позајмишта коришћен је за изградњу и одржавање многих шумских путева на овом локалитету, а током 2020. године коришћен је за израду носећег слоја коловозне конструкције шумског пута „Биљићи – Доњи Јездиновац“, чији је инвеститор Удружење приватних шумовласника „Подриње“ из Бачеваца, општина Бајина Башта. Агрегат је припреман машински, без дробљења. На слици 20 приказан је локалитет са кога је камени агрегат коришћен.

Лабораторијским испитивањима установљене су следеће карактеристике каменог агрегата:

Табела 18: Резултати испитивања каменог агрегата у позајмишту 13

Врста испитивања	Резултат
Минералошко-петрографски састав	Седиментна стена - кречњак
Садржај органских честица	Боја течности изнад агрегата није тамнија од раствора стандардне боје
Отпорност на дробљење и хабање (коэффициент Los Angeles)	36
Индекс носивости CBR	90
Постојаност агрегата на мраз	7,4
Упијање воде	2,7



Слика 20: Позајмиште Јездиновац

3.1.13. Позајмиште 14 – Костојевићи

Позајмиште 14 – Костојевићи, налази се у општини Бајина Башта, у близини села Костојевићи. Камени агрегат из овог позајмишта коришћен је за израду коловозне конструкције шумског пута „Новаковићи – Костојевићи“, чији је инвеститор Удружење приватних шумовласника „Подриње“ из Бачеваца, општина Бајина Башта. Агрегат је припреман машински, без дробљења.

Лабораторијским испитивањима установљене су следеће карактеристике каменог агрегата:

Табела 19: Резултати испитивања каменог агрегата у позајмишту 14

Врста испитивања	Резултат
Минералошко-петрографски састав	Метаморфна стена - калшист
Садржај органских честица	Боја течности изнад агрегата није тамнија од раствора стандардне боје
Отпорност на дробљење и хабање (коэффициент Los Angeles)	-
Индекс носивости CBR	-
Постојаност агрегата на мраз	5,4
Упијање воде	2,3

Поједина захтевана истраживања нису обављена због неодговарајуће структуре узорка.

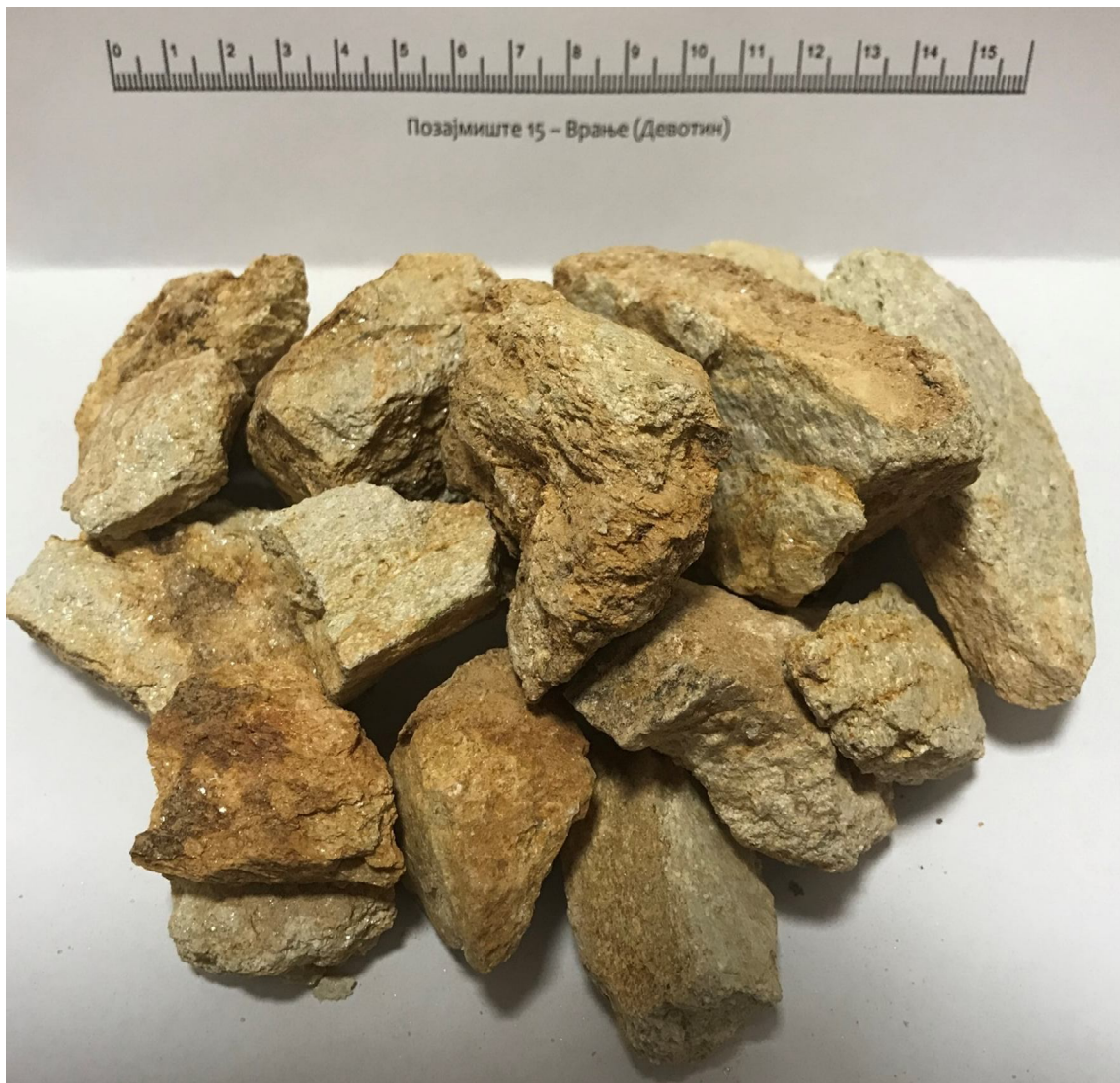
3.1.14. Позајмиште 15 – Врање, Девотин

Позајмиште 15 – Девотин, налази се у ГЈ „Гранична шума“, којом газдује ЈП „Србијашуме“, ШГ „Врање“ из Врања. Камени агрегат из овог позајмишта коришћен је за израду коловозне конструкције шумског пута „Девотин – Стамболка – Китке“. Агрегат је припреман машински, без дробљења. На слици 21 приказан је изглед појединих фракција у агрегату.

Лабораторијским испитивањима установљене су следеће карактеристике каменог агрегата:

Табела 20: Резултати испитивања каменог агрегата у позајмишту 15

Врста испитивања	Резултат
Минералошко-петрографски састав	Вулканска магматска стена – пирокластит, дацит или андезит – интензивно распаднута
Садржај органских честица	Боја течности изнад агрегата није тамнија од раствора стандардне боје
Отпорност на дробљење и хабање (коэффициент Los Angeles)	54
Индекс носивости CBR	63
Постојаност агрегата на мраз	7,2
Упијање воде	4,9



Слика 21: Камени агрегат из позајмишта Девотин, Врање

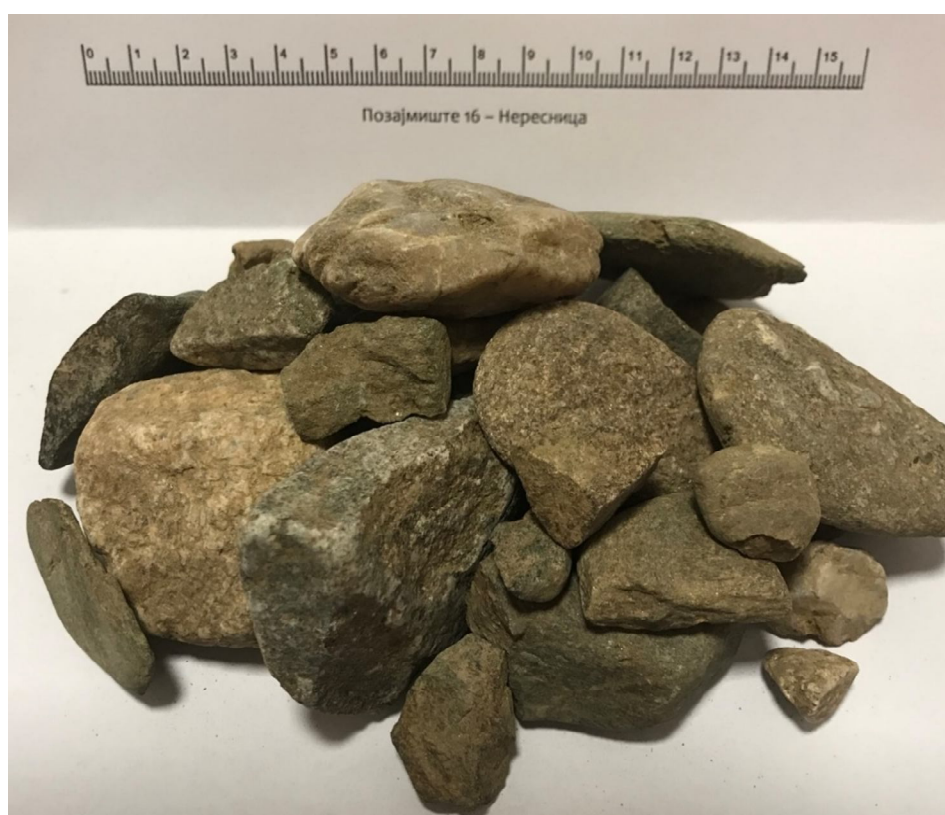
3.1.15. Позајмиште 16 – Нересница

Позајмиште 16 – Нересница, налази се у општини Кучево, у близини села Нересница. Камени агрегат из овог позајмишта коришћен је за израду коловозне конструкције шумског пута „Долина Селиште“, чији је инвеститор Удружење приватних шумовласника „Тилва“ из Нереснице, општина Кучево. Агрегат је припреман машински, односно вађен из корита потока. На слици 22 приказан је изглед појединих фракција у агрегату.

Лабораторијским испитивањима установљене су следеће карактеристике каменог агрегата:

Табела 21: Резултати испитивања каменог агрегата у позајмишту 15

Врста испитивања	Резултат
Минералошко-петрографски састав	Седиментна стена – неvezани алувијални материјал
Садржај органских честица	Боја течности изнад агрегата није тамнија од раствора стандардне боје
Отпорност на дробљење и хабање (коефицијент Los Angeles)	31
Индекс носивости CBR	-
Постојаност агрегата на мраз	4,4
Упијање воде	3,5



Слика 22: Камени агрегат из позајмишта Нересница

3.1.16. Позајмиште 17 – Гоч, Ђелави поток

Позајмиште 17 – Гоч, Ђелави поток, налази се у ГЈ „Гоч-Гвоздац А“, којом газдује Универзитет у Београду – Шумарски факултет. Камени агрегат из овог позајмишта коришћен је за израду коловозне конструкције шумског пута „Бурмански поток – Ђелавуша“. Агрегат је припреман машински, без дробљења за израду носећег слоја, док је за израду хабајућег слоја камени агрегат претходно дробљен у мобилном

дробиличном постројењу. На слици 23 приказан је изглед појединих фракција у агрегату.



Слика 23: Камени агрегат из позајмишта Гоч, Ћелави поток

Лабораторијским испитивањима установљене су следеће карактеристике каменог агрегата:

Табела 22: Резултати испитивања каменог агрегата у позајмишту 17

Врста испитивања	Резултат
Минералoшко-петрографски састав	Магматска стена - перидотит
Садржај органских честица	Боја течности изнад агрегата није тамнија од раствора стандардне боје
Отпорност на дробљење и хабање (коэффициент Los Angeles)	28
Индекс носивости CBR	112
Постојаност агрегата на мраз	2,3
Упијање воде	3,7

3.1.17. Позајмиште 18 – Топли До

Позајмиште 18 – Топли До, налази се у близини истоименог села у општини Пирот. Камени агрегат из овог позајмишта коришћен је за израду коловозне конструкције шумског пута „Топли до – Селиште“, чији је инвеститор Удружење власника шума „Стара планина“ из Пирота. Агрегат је припреман машински, без дробљења. На слици 24 приказан је изглед појединих фракција у агрегату.



Слика 24: Камени агрегат из позајмишта Топли До

Лабораторијским испитивањима установљене су следеће карактеристике каменог агрегата:

Табела 23: Резултати испитивања каменог агрегата у позајмишту 18

Врста испитивања	Резултат
Минералшко-петрографски састав	Седиментна стена - пешчар
Садржај органских честица	Боја течности изнад агрегата није тамнија од раствора стандардне боје
Отпорност на дробљење и хабање (коефицијент Los Angeles)	30
Индекс носивости СBR	79
Постојаност агрегата на мраз	5,8
Упијање воде	1,2

3.1.18. Позајмиште 19 – Студеница, Црепуљник

Позајмиште 19 – Студеница, Црепуљник, налази се у ГЈ „Црепуљник“ која припада Епархији Жичкој, у ГЈ „Црепуљник“. Камени агрегат из овог позајмишта планиран је за израду коловозне конструкције шумског пута „Црвене клеке (Растовница) – Каменито брдо“, чији је инвеститор предузеће „Форестинг“ д.о.о. из Београда. У плану је машинска припрема каменог агрегата, без дробљења за израду носећег слоја, док ће се за израду хабајућег слоја камени агрегат претходно дробити у мобилном дробиличном постројењу. На слици 25 приказан је изглед појединих фракција у агрегату.

Лабораторијским испитивањима установљене су следеће карактеристике каменог агрегата:

Табела 24: Резултати испитивања каменог агрегата у позајмишту 19

Врста испитивања	Резултат
Минералошко-петрографски састав	Магматска стена – дијабаз
Садржај органских честица	Боја течности изнад агрегата није тамнија од раствора стандардне боје
Отпорност на дробљење и хабање (коефицијент Los Angeles)	37
Индекс носивости CBR	78
Постојаност агрегата на мраз	4,3
Упијање воде	2,3



Слика 25: Камени агрегат из позајмишта Студеница, Црепуљник

3.1.19. Позајмиште 20 – Бела Паланка, Бежиште

Позајмиште 20 – Бела Паланка, Бежиште, налази се у ГЈ „Сува планина – Ракош“, која се налази у саставу ЈП „Србијашуме“, ШГ „Ниш“. Камени агрегат из овог позајмишта коришћен је за израду коловозне конструкције шумског пута „Бежиште – Три локве“. Агрегат је припреман машински, без дробљења. На слици 26 приказан је изглед појединих фракција у агрегату.

Лабораторијским испитивањима установљене су следеће карактеристике каменог агрегата:

Табела 25: Резултати испитивања каменог агрегата у позајмишту 20

Врста испитивања	Резултат
Минералошко-петрографски састав	Седиментна стена – кречњак
Садржај органских честица	Боја течности изнад агрегата није тамнија од раствора стандардне боје
Отпорност на дробљење и хабање (кофицијент Los Angeles)	41
Индекс носивости СBR	91
Постојаност агрегата на мраз	6,4
Упијање воде	0,6



Слика 26: Камени агрегат из позајмишта Бела Паланка, Бежиште

3.1.20. Позајмиште 21 – Параћин, Јаворак

Позајмиште 21 – Параћин, Јаворак, налази се у ГЈ „Јаворак“, која се налази у саставу ЈП „Србијашуме“, ШГ „Јужни Кучај“ Деспотовац. Камени агрегат из овог позајмишта коришћен је за израду коловозне конструкције шумског пута „Торовиште

– Копривино брдо“. Агрегат је припреман машински, без дробљења. На слици 37 приказан је изглед појединих фракција у агрегату.

Лабораторијским испитивањима установљене су следеће карактеристике каменог агрегата:

Табела 26: Резултати испитивања каменог агрегата у позајмишту 21

Врста испитивања	Резултат
Минералшко-петрографски састав	Седиментна стена – пешчар (СаСО ₃ везиво)
Садржај органских честица	Боја течности изнад агрегата није тамнија од раствора стандардне боје
Отпорност на дробљење и хабање (коефицијент Los Angeles)	31
Индекс носивости CBR	77
Постојаност агрегата на мраз	5,8
Упијање воде	2,6



Слика 27: Камени агрегат из позајмишта Параћин, Јаворак

3.2. Анализа резултата лабораторијских испитивања

На основу извршених лабораторијских анализа каменог агрегата добијени су жељени параметри.

Табела 27: Приказ лабораторијских анализа каменог агрегата

РБ	Позајмиште	Минеролошко-петрографски састав	Отпорност агрегата на дробљење и хабање (коэф. Los Angeles)	Калифорнијски индекс носивости СВР (%)	Постојаност на дејство мрза	Улијање воде (%)
1	Дебели Луг, Пустинац	андезит	43	86	5,1	6,4
2	Мајданпек, Равна река	шкриљац	44	52,9	6,9	4,1
3	Јагодина, Беочић	перидотит	40	119,7	6,3	2,4
4	Дебели Луг, Бреза	шкриљац	43	123,7	5,5	2,1
5	Гоч, Гвоздац	серпентин	41	140	5,1	3,4
6	Гоч, Бела река	перидотит	42	59	5,6	3,3
7	Плавчево	дацитоандезит	54	56	8,4	1,5
8	Лесково	андезит	33	54	5,1	3,2
9	Тара, Милошевац	перидотит	49	72	9,1	6,0
10	Дебело брдо	пешчар	48	26	7,6	2,5
11	Везичево	пешчар	26	68	5,0	0,8
12	Ковиљарац	кречњак	39	88	9,9	1,7
13	Јездиновац	кречњак	36	90	7,4	2,7
14	Костојевићи	калшист	-	-	5,4	2,3
15	Врање, Девотин	пирокластит / дацит / андезит	54	63	7,2	4,9
16	Нересница	невезани алувијални метеријал	31	-	4,4	3,5
17	Гоч, Ћелави поток	перидотит	28	112	2,3	3,7
18	Топли До	пешчар	30	79	5,8	1,2
19	Студеница, Црепуљник	дијабаз	37	78	4,3	2,3
20	Бела Паланка, Бежиште	кречњак	41	91	6,4	0,6
21	Параћин, Јаворак	пешчар (СаСО ₃ везиво)	31	77	5,8	2,6
ПРОСЕЧНО:			39,5	77,4	6,1	2,9

Према Техничким условима за грађење путева у РС, коефицијент отпорности агрегата на дробљење одређен поступком Los Angeles, за невезане носеће слојеве на путевима сме да износи највише 30% за средње тешка или тешка саобраћајна оптерећења, односно највише 35% за мала саобраћајна оптерећења. Из претходне табеле види се да је на 6 од 21 узорка коефицијент отпорности мањи од 35%, а да је просечна вредност овог коефицијента 39,5%.

Технички услови за грађење путева у РС прописују и вредности коефицијента носивости агрегата, одређеног у лабораторији калифорнијским поступком CBR, који износе најмање 40% за природне и мешане агрегате у којима се налази мање од 50 т.-% дробљених зрна, односно најмање 80% за дробљене и мешане агрегате у којима се налази више од 50 т.-% дробљених зрна. Од свих испитиваних узорака, CBR преко 80% имало је 8 од 21 узорка.

Постојаност агрегата према мразу натријум-сулфатом кретало се у границама од 2,6% (Позајмиште 17) до 9,9% (Позајмиште 12). За носеће неvezане слојеве, према Техничким условима за грађење путева у РС, ове вредности требале би да буду највише 5%, док за неvezане хабајуће слојеве највише 10%. Услов за неvezане носеће слојеве испуњава 4 од 21 анализираног узорка, а услов за неvezане хабајуће слојеве испуњавају сви узорци. Просечна вредност постојаности агрегата на мраз за све испитиване узорке износи 6,1.

Упијање воде испитано је на свим узорцима и показује вредности у интервалу од 0,6% (Позајмиште 20) до чак 6,4% (Позајмиште 1). За дробљени камени агрегат за неvezане носеће слојеве коловозних конструкција по стандарду СРПС Б.Б8.031 дозвољено упијање воде износи мах. 1,6%. Овај услов испуњава 4 од 21 анализираног узорка. Просечна вредност упијања воде за све испитиване узорке износи 2,9.

Када је у питању садржај органских честица, испитивање је обављено колориметријском методом и ни на једном од узорака боја течности изнад агрегата није била тамнија од раствора стандардне боје.

3.3. Испитивање динамичког модула деформације

Испитивање динамичког модула деформације лаким дефлектометром, типа ZFG 3.0 GPS спроведен је на шумским путевима током извођења радова или након окончања радова. Мерења су спроведена на различитим слојевима и врстама материјала.

Контролна мерења изведена су на већем броју путних праваца, али не и на свим правцима, због редукованих финансијских средстава.

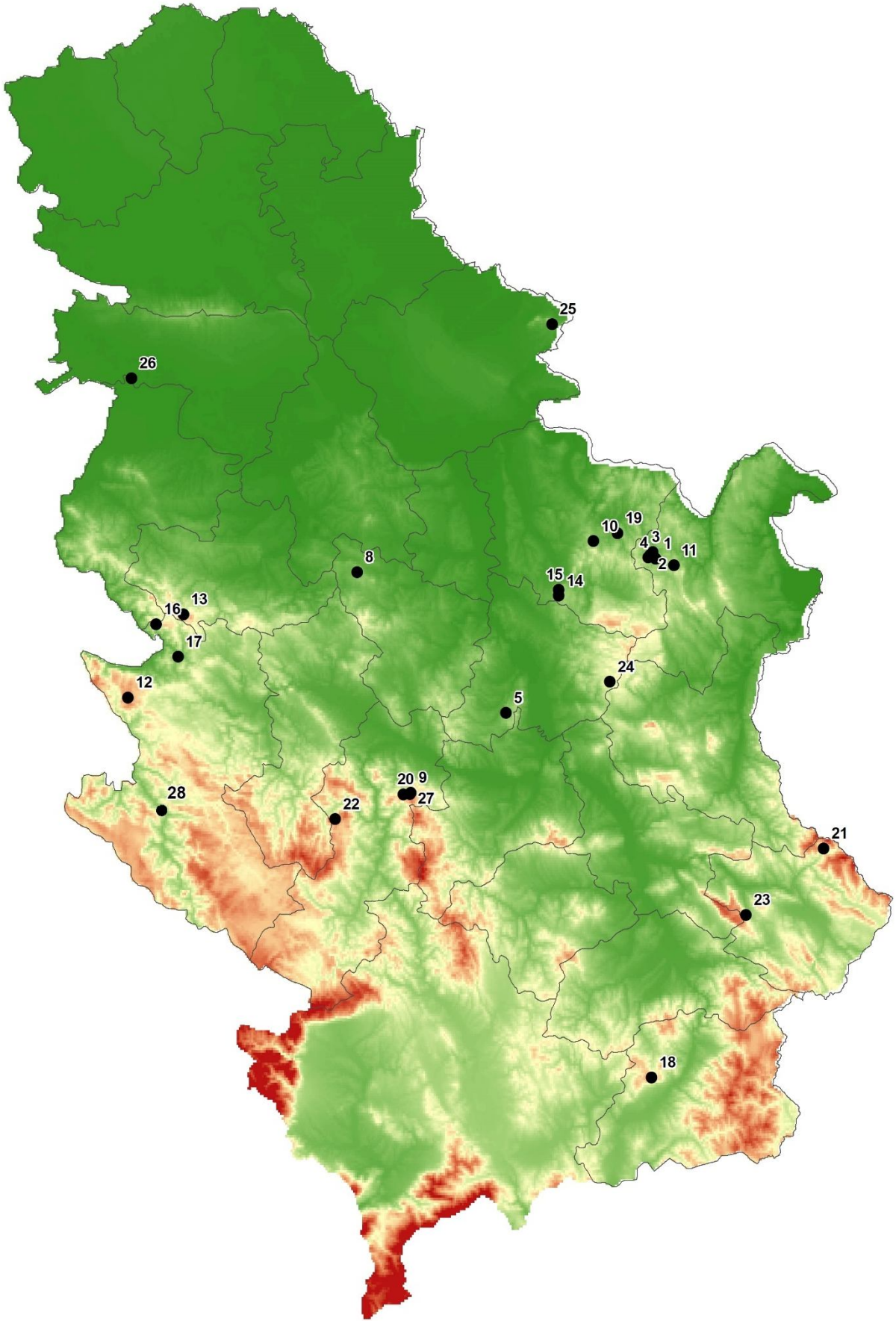
Испитивања су спроведена на следећим путним правцима:

Табела 28: Списак шумских путева на којима је спроведено истраживање

РБ	Назив пута	Врста радова	Инвеститор
1	Крак фунзар – Јеленов поток	реконструкција	Шумарски факултет НБ „Мајданпечка домена“
2	Пилана – Врба	реконструкција	Шумарски факултет НБ „Мајданпечка домена“
3	Врба – Поток Алмари	изградња	Шумарски факултет НБ „Мајданпечка домена“
4	Фељешана – Поток Бреза	реконструкција	Шумарски факултет НБ „Мајданпечка домена“
5	Беочић – Бела Грача – Змајевица	реконструкција	ЈП „Србијашуме“ ШГ „Јужни Кучај“
6	Ваља реа	изградња	ЈП „Србијашуме“ ШГ „Северни Кучај“
7	Равна река – Огашу скорца	реконструкција	ЈП „Србијашуме“ ШГ „Северни Кучај“
8	Ловачки дом – Милојковача	изградња	ЈП „Србијашуме“ ШГ „Крагујевац“
9	Кружни пут – Бела река	реконструкција	Шумарски факултет, НБ „Гоч“
10	Плавчево – Штубеј	изградња и реконструкција	УВШ „Шуме Хомоља“ Кучево
11	Рудноглавски крак	изградња и реконструкција	УВШ „Шумске планине“ Мајданпек
12	Чутурска ливада – Милошевац	изградња	УПШ „Заовине“ Заовине, Бајина Башта
13	Дебело брдо – Маџарија	реконструкција	УПШ „Зарожје“ Зарожје, Бајина Башта
14	Везичево – Дрењар	изградња и реконструкција	УВШ „Крилаш“ Ђовдин, Петровац
15	Ђовдин – Дрењар	изградња и реконструкција	УВШ „Крилаш“ Ђовдин, Петровац
16	Биљићи – Доњи Јездиновац	изградња	УПШ „Подриње“ Бачевци, Бајина Башта
17	Новаковићи – Костојевићи	изградња и реконструкција	УПШ „Подриње“ Бачевци, Бајина Башта
18	Девотин – Стамболка – Китке	реконструкција	ЈП „Србијашуме“ ШГ „Врање“
19	Долина Селиште	изградња	УВШ „Тилва“ Нересница, Кучево
20	Бурмански поток – Ђелавуша	реконструкција	Шумарски факултет НБ „Гоч“
21	Топли до – Селиште	реконструкција	УПШ „Стара планина“ Пирот

22	Црвене клеке (Растовница) – Каменито брдо	реконструкција и изградња	Форестинг д.о.о. Београд
23	Бежиште – Три локве	изградња	ЈП „Србијашуме“ ШГ „Ниш“
24	Торовиште – Копривино брдо	реконструкција	ЈП „Србијашуме“ ШГ „Јужни Кучај“
25	Пољана – Ловачко имање	изградња	ЈП „Војводинашуме“ ШГ „Банат“
26	Орашће – Пољанско	изградња	УПШ „Мачва“ Салаш Црнобарски, Богатић
27	Гвоздац – Бела река	реконструкција	Шумарски факултет НБ „Гоч“
28	Бистрица – Подоштрик	изградња	УПШ „Алба“ Прибој

На карти која следи, приказане су позиције шумских путева:



Карта 1: Позиције шумских путева на којима је вршено истраживање

3.3.1. Шумски пут „Крак фунзар – Јеленов поток“

Шумски пут „Крак фунзар – Јеленов поток“ налази се у ГЈ „Црна река“ у Наставној бази „Мајданпечка домена“. Пут је гребенског типа и налази се на земљишту III категорије. Током испитивања 2019. године извођени су радови на реконструкцији пута, па су изведена мерења на делу постељице која је у том тренутку била припремљена за насипање каменог агрегата. Испитивања су обављена на истој тачки након скидања хумусног слоја, а затим након сваког од 4 прелазака вибро-ваљка тежине 12 t. Због погоршања временских услова испитивање се није могло обавити на већем броју тачака.

Табела 29: E_{vd} и степен збијености на постељици шумског пута „Крак фунзар – Јеленов поток“

РБ	Координате (Google Earth)		E_{vd} [MN/m ²]	s/v	Напомена
	X	Y			
1	44°20,543'	21°55,077'	30,7	3,481	Без ваљања
2			35,5	3,558	Са једним проласком
3			37,7	3,265	Са два проласка
4			36,3	3,680	Са три проласка
5			34,2	3,606	Са четири проласка
ПРОСЕЧНО:			34,9	3,518	



Графикон 1: Промена вредности E_{vd} са бројем преласка ваљка
Графикон 2: Промена вредности s/v са бројем преласка ваљка

На графиконима 1 и 2 уочава се благо повећање динамичког модула деформације након 1. и 2. преласка ваљка, а затим постепено опадање ових вредности са 3. и 4. преласком ваљка. Вредност s/v све време задржава високе вредности, што

указује да се даљим ваљањем може постићи већа збијеност постељице. Треба напоменути да су мерења спроведена у условима повећане влажности, након што су претходну ноћ забележене падавине.



Слика 28: Испитивање динамичког модула збијености пре ваљања



Слика 29: Испитивање динамичког модула збијености након првог преласка ваљка



Слика 30: Шумски пут "Крак фунзар - Јеленов поток" 2020. год.



Слика 31: Шумски пут "Крак фунзар - Јеленов поток" 2020. год.

Коловозна конструкција на шумском путу израђена је у јесен 2019. године. За израду коловозне конструкције коришћен је дробљени камени агрегат из позајмишта на локалитету Пустинац, које се налази у близини шумског пута. Испитивањем минеаложко-петрографског састава утврђено је да се ради о **андезиту**.

Мерења E_{vd} на коловозној конструкцији шумског пута спроведена су 2021. године, у повољним временским условима, при температури ваздуха од 30 °C.

Установљено је да су просечне вредности E_{vd} износиле $63,65 \text{ MN/m}^2$, док су просечне вредности параметра s/v износиле $3,185$.

Мерење	Подлога	Слој	Дебљина слоја	Влажност	Позиција (Л, С, Д)	E_{vd}	s/v
1	III	хабајући	0,5	суво	Д	57,54	3,594
2	III	хабајући	0,5	суво	Л	53,07	2,343
3	III	хабајући	0,5	суво	Д	58,59	2,791
4	III	хабајући	0,5	суво	С	86,87	2,478
5	III	хабајући	0,5	суво	Д	51,96	3,357
6	III	хабајући	0,5	суво	С	50,22	3,558
7	III	хабајући	0,5	просушено	Д	36,23	4,487
8	III	хабајући	0,5	просушено	Л	63,56	3,07
9	III	хабајући	1,0	суво	Д	111,94	3,19
10	III	хабајући	0,5	суво	Д	66,57	2,978
ПРОСЕЧНО:						63,65	3,185

3.3.2. Шумски пут „Пилана – Врба“

Испитивања динамичког модула деформације обављено је на шумском путу „Пилана – Врба“ који је реконструисан у првој половини 2019. године. Пут се већим делом налази на земљишту IV категорије, а мањим делом на земљишту III и V категорије. Коловозна конструкција израђена је од природног каменог агрегата без дробљења, већим делом из позајмишта Бреза, а мањим делом са саме трасе. Лабораторијским испитивањима установљено је да је камени агрегат површински распаднути **шкриљац**. Испитивање збијености спроведено је на 7 произвољно изабраних места на траси, а вредности динамичког модула деформације (E_{vd}) на хабајућем слоју коловозне конструкције кретале су се од $47,7$ до чак $110,3 \text{ MN/m}^2$, просечно $70,0 \text{ MN/m}^2$. Вредност s/v у свим мерењима била је $<3,5$, што показује да даљим збијањем није могуће повећати динамички модул деформације.

Табела 30: E_{vd} и степен збијености на шумском путу „Пилана - Врба“

РБ	Координате (Google Earth)		E_{vd} [MN/m ²]	s/v
	X	Y		
1	44°20,481'	21°53,771'	59,1	3,017
2	44°20,486'	21°53,760'	61,1	3,044
3	44°20,376'	21°53,478'	47,7	2,862
4	44°20,310'	21°53,346'	81,8	2,425
5	44°20,546'	21°53,552'	110,3	2,586
6	44°20,572'	21°53,206'	70,1	2,500
7	44°20,736'	21°53,305'	60,0	2,426
ПРОСЕЧНО:			70,0	2,694



Слика 32: Испитивање динамичког модула деформације на шумском путу "Пилана - Врба" 2019. год.



Слика 33: Шумски пут "Пилана - Врба" 2021. год.

Вредност од 110 MN/m² може се узети као екстремна вредност и не треба је узети разматрање, посебно из разлога што су мерења обављана падајућим тегом од 10 kg који даје релевантне податке до 75 MN/m², а са повећањем вредности и тачност мерења је све мања. Искључивањем ове вредности добија се просечна вредност од 63,3 MN/m², односно 2,71112 за вредност s/v.

Контролно мерење ДМД на овом шумском путу обављено је током 2021. године. Измерене вредности показују у просеку веће вредности за око 18% за E_{vd} , односно за око 3% за вредност s/v .

Мерење	Подлога	Слој	Дебљина слоја	Влажност	Позиција (Л, С, Д)	E_{vd}	s/v
1	III	хабајући	0,5	суво	л	67,57	2,813
2	III	хабајући	1,0	просушено	д	73,77	2,738
3	IV	хабајући	0,3	суво	с	71,88	2,726
4	IV	хабајући	0,3	суво	с	59,52	2,471
5	IV	хабајући	0,3	просушено	д	131,58	2,643
6	IV	хабајући	0,3	суво	л	82,42	2,583
7	IV	хабајући	0,3	просушено	л	85,55	2,697
8	IV	хабајући	0,3	просушено	д	60	2,661
9	IV	хабајући	0,3	суво	с	81,23	2,248
10	IV	хабајући	0,3	просушено	л	53,7	2,705
ПРОСЕЧНО:						76,72	2,6285

3.3.3. Шумски пут „Врба – Поток Алмари“

Шумски пут „Врба – Поток Алмари“ представља наставак шумског пута „Пилана – Врба“. Изградња овог пута завршена је у јулу 2019. године, а услови терена слични су условима који важе за претходни путни правац. За израду коловозне конструкције коришћен је камени агрегат са трасе шумског пута. Камени агрегат није лабораторијски испитиван, али боја, текстура и структура каменог агрегата слични су као код каменог агрегата из позајмишта Бреза, па се претпоставља да се и овде ради о површински распаднутим **шкриљцима**.

Испитивање динамичког модула деформације спроведено је на 5 произвољно изабраних места, при чему су се измерене вредности на хабајућем слоју коловозне конструкције кретале од 44,6 MN/m² на самом крају пута (кружна окретница) до 58,1 MN/m². Вредност s/v у свим мерењима била је <3,5, што показује да даљим збијањем није могуће повећати динамички модул деформације.

Табела 31: E_{vd} и степен збијености на шумском путу „Врба – Поток Алмари“

РБ	Координате (Google Earth)		E_{vd} [MN/m ²]	s/v
	X	Y		
1	44°20,897'	21°53,795'	48,4	3,077
2	44°21,059'	21°53,701'	58,1	2,934
3	44°21,181'	21°53,590'	47,6	2,799
4	44°21,343'	21°53,777'	53,1	2,762
5	44°21,288'	21°54,330'	44,6	2,812
ПРОСЕЧНО:			50,4	2,877



Слика 34: Шумски пут "Врба - Поток Алмари" 2019. год. Слика 35: Шумски пут "Врба - Поток Алмари" 2021. год.

Због редукованих финансијских средстава, на овом путном правцу нису вршена контролна испитивања динамичког деформационог модула.

3.3.4. Шумски пут „Фељешана – Поток Бреза“

Шумски пут „Фељешана – Поток Бреза“ одваја се од шумског пута „Пилана – Врба“ и протеже се уз поток Брезу. Овај пут реконструисан је током 2018. године, а за коловозну конструкцију коришћен је природни камени агрегат добијен из позајмишта са трасе. Без извршених лабораторијских анализа, рекло би се да је камени агрегат са трасе истих карактеристика као и камени агрегат из позајмишта Бреза, тј. да се ради о површински распаднутом **шкриљцу**.

Испитивање динамичког модула деформације спроведено је на 3 произвољно изабрана места, при чему су се измерене вредности на хабајућем слоју коловозне

конструкције кретале од $46,1 \text{ MN/m}^2$ до $56,8 \text{ MN/m}^2$. Вредност s/v у свим мерењима била је $<3,5$, што показује да даљим збијањем није могуће повећати динамички модул деформације.

Табела 32: E_{vd} и степен збијености на шумском путу „Фељешана - Поток Бреза“

РБ	Координате (Google Earth)		E_{vd} [MN/m^2]	s/v
	Х	У		
1	44°20,265'	21°53,084'	56,8	2,720
2	44°20,140'	21°52,282'	46,1	2,808
3	44°19,740'	21°52,251'	50,0	2,953
ПРОСЕЧНО:			51,0	2,827



Слика 36: Шумски пут "Фељешана - Поток Бреза" 2019. год.



Слика 37: Шумски пут "Фељешана - Поток Бреза" 2021. год.

Контролно мерење ДМД на шумском путу „Фељешана – Поток Бреза“ извршено је током 2021. године, с тим да је мерење обављено на већем броју тачака. Услови у којима су мерења вршена били су повољни, време је било суво и топло ($30 \text{ }^\circ\text{C}$), а коловозна конструкција сува. Просечна вредност E_{vd} износила је $70,89 \text{ MN/m}^2$, а s/v 2,500. У поређењу са 2019. годином, вредност E_{vd} повећана је за 28%, а вредност s/v смањена је за 13%.

Мерење	Подлога	Слој	Дебљина слоја	Влажност	Позиција (Л, С, Д)	E _{vd}	s/v
1	III	хабајући	0,5	суво	д	66,96	2,756
2	III	хабајући	0,5	суво	л	59,52	2,627
3	IV	хабајући	0,3	суво	л	64,84	2,524
4	V	хабајући	0,3	суво	с	91,09	2,146
5	IV	хабајући	0,3	суво	д	86,54	2,544
6	IV	хабајући	0,3	суво	л	74,75	2,498
7	IV	хабајући	0,3	суво	с	53,96	2,475
8	III	хабајући	0,5	суво	д	69,44	2,431
ПРОСЕЧНО:						70,89	2,500

3.3.5. Шумски пут „Беочић – Бела Грача – Змајевица“

Шумски пут „Беочић – Бела Грача – Змајевица“ полази од локалног пута у селу Беочић, општина Јагодина и једним делом пролази кроз приватне поседе, а затим улази у ГЈ „Јухор 1“. Реконструкција шумског пута изведена је 2019. године, при чему је коловозна конструкција израђена од природног каменог агрегата из позајмишта са трасе шумског пута. Лабораторијским испитивањима установљено је да је камени агрегат површински распаднути **перидотит**. Траса шумског пута углавном се налази на земљишту III и IV категорије.



Слика 38: Испитивање на шумском путу „Беочић-Бела Грача-Змајевица“ уређајем ZFG 3.0 GPS



Слика 39: Испитивање након више пролазака ваљка

У тренутку испитивања збијености, на путу су се изводили завршни радови, односно ваљање хабајућег слоја коловозне конструкције, уређење банкина и сл.

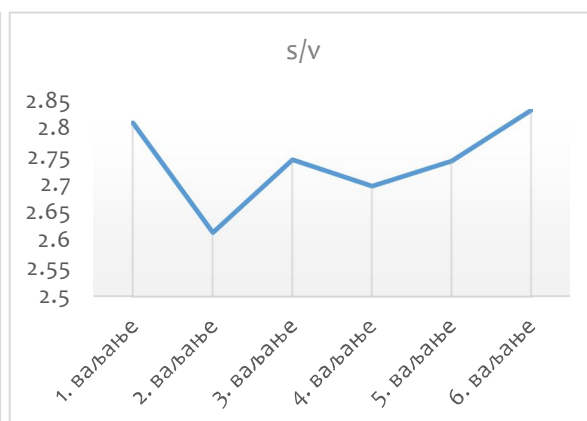
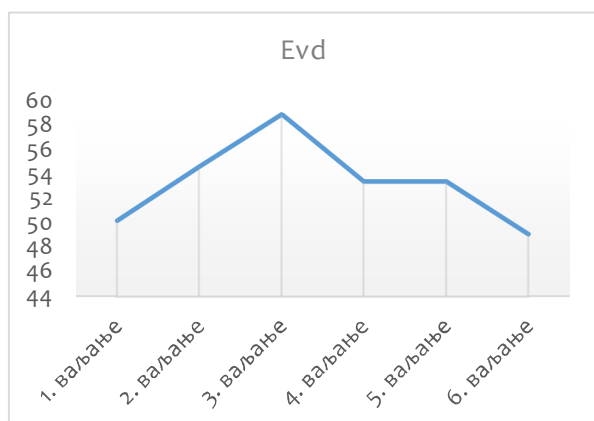
Мерења динамичког модула деформације обављено је на више произвољно одабраних тачака, као и на истој тачки након више пролазака вибро-ваљка тежине 15 t. У тренутку мерења временски услови су били повољни, без падавина, коловозна конструкција је била сува. Мерења су вршена од краја ка почетку пута.

Табела 33: E_{vd} и степен збијености на шумском путу „Беочић-Бела Грача-Змајевица“

РБ	Координате (Google Earth)		E_{vd} [MN/m ²]	s/v
	X	Y		
1	43°49,001'	21°12,495'	24,30	3,563
2	43°49,004'	21°12,480'	39,90	3,214
3	43°49,148'	21°12,428'	59,80	2,659
4	43°49,331'	21°12,513'	18,20	6,857
5	43°49,321'	21°12,501'	29,70	3,584
ПРОСЕЧНО:			34,4	3,975

Табела 34: E_{vd} и степен збијености након више пролазака ваљка

РБ	Координате (Google Earth)		E_{vd} [MN/m ²]	s/v	Напомена
	X	Y			
1	43°49.582'	21°12.461'	50,2	2,809	Са једним проласком
2			54,6	2,614	Са два проласка
3			58,9	2,744	Са три проласка
4			53,4	2,697	Са четири проласка
5			53,4	2,741	Са пет пролазака
6			49,1	2,832	Са шест пролазака
ПРОСЕЧНО:			53,3	2,739	



Графикон 3: Промена вредности E_{vd} са бројем преласка ваљка
Графикон 4: Промена вредности s/v са бројем преласка ваљка

Због редукованих финансијских средстава и кратког периода за реализацију пројектних активности у 2020. години, није било могућности да се изведу контролна мерења на овом путном правцу.

3.3.6. Шумски пут „Ваља реа“

Шумски пут „Ваља реа“ налази се у ГЈ „Бродица“ у ШГ „Северни Кучај“ Кучево. Овај долински пут изграђен је 2019. године, а за израду коловозне конструкције коришћен је природни камени агрегат са трасе шумског пута. Мерења динамичког модула деформације спроведена су на завршном, хабајућем слоју коловозне конструкције. У тренутку мерења време је било облачно, без кише, али је коловозна конструкција била влажна, с обзиром да је претходног дана падала киша.



Слика 40: Мерење збијености на шумском путу „Ваља реа“



Слика 41: Шумски пут „Ваља реа“ у тренутку мерења

Вредности динамичког модула деформације кретале су се у интервалу од 22,3 (на окретници шумског пута) до 37,9 MN/m², а просечно 29,5 MN/m². Вредност s/v у свим мерењима имала је високе вредности (преко 3,5), што указује да се даљим збијањем може постићи већа вредност динамичког модула деформације E_{vd}.

Табела 35: E_{vd} и степен збијености на шумском путу „Ваља реа“

РБ	Координате (Google Earth)		E_{vd} [MN/m ²]	s/v
	X	Y		
1	44°33,907'	21°51,288'	23,5	4,852
2	44°33,908'	21°51,288'	22,3	6,080
3	44°33,885'	21°51,299'	27,7	5,065
4	44°33,277'	21°51,135'	35,9	4,354
5	44°32,674'	21°50,919'	37,9	4,156
ПРОСЕЧНО:			29,5	4,901

Због ограничених средстава и кратког периода за реализацију пројектних активности у 2020. години, није било могућности да се изведу контролна мерења на овом путном правцу.

3.3.7. Шумски пут „Равна река – Огашу скорца“

Шумски пут „Равна река – Огашу скорца“ налази се у ГЈ „Равна река“ у ШГ „Северни Кучај“ Кучево. Пут је реконструисан 2019. године, а коловозна конструкција израђена је од природног каменог агрегата са трасе шумског пута, за који је лабораторијским испитивањима установљено да се ради о површински распаднутим **шкриљцима**. Мерења динамичког модула деформације спроведена су на завршном, хабајућем слоју коловозне конструкције. У тренутку мерења време је било облачно, без кише, али је коловозна конструкција била влажна, с обзиром да је претходног дана падала киша.

Вредности динамичког модула деформације кретале су се у интервалу од 20,6 до 34,4 MN/m², а просечно 29,2 MN/m². Вредност s/v у свим мерењима имала је високе вредности (преко 3,5), што указује да се даљим збијањем може постићи већа вредност динамичког модула деформације E_{vd} .

Табела 36: E_{vd} и степен збијености на шумском путу „Равна река - Огашу скорца“

РБ	Координате (Google Earth)		E_{vd} [MN/m ²]	s/v
	X	Y		
1	44°26,862'	21°00,639'	34,4	3,848
2	44°26,809'	21°00,642'	27,0	9,968
3	44°26,539'	21°00,668'	30,6	4,412
4	44°26,738'	21°00,617'	33,9	4,043
5	44°26,170'	21°00,416'	20,6	4,09
6	44°26,162'	21°00,409'	28,9	3,837
ПРОСЕЧНО			29,2	5,033

Због ограничених средстава и кратког периода за реализацију пројектних активности у 2020. години, није било могућности да се изведу контролна мерења на овом путном правцу.

3.3.8. Шумски пут „Ловачки дом – Милојковача“

Шумски пут „Ловачки дом – Милојковача“ налази у ГЈ „Букуља“, ШГ „Крагујевац“. Пут је изграђен 2019. године и већим делом пратио је постојећи тракторски пут. Материјал за израду коловозне конструкције био је природни камени агрегат од кречњака. Позајмиште се налази у близини шумског пута, а пре експлоатације извршено је минирање. Камени агрегат није дробљен, већ је коришћен у природном стању. У тренутку мерења динамичког модула деформације временски услови били су повољни, без падавина. Мерења су вршена на носећем слоју коловозне конструкције, а материјал је био просушен. Пут је већим делом изграђен на земљишту III категорије.



Слика 42: Припрема за мерење на шумском путу
Ловачки дом-Милојковача



Слика 43: Мерење након више пролазака ваљка
Ловачки дом-Милојковача

Вредности динамичког модула деформације кретале су се у интервалу од 20,6 до 61,8 MN/m², а просечно 45,5 MN/m². Вредност s/v, осим код мерења у деветој тачки, имала је вредности <3,5, што указује да се даљим збијањем не може значајно повећати вредност динамичког модула деформације E_{vd}.

Табела 37: E_{vd} и степен збијености на шумском путу „Ловачки дом – Милојковача“

РБ	Координате (Google Earth)		E _{vd} [MN/m ²]	s/v	Напомена
	Х	У			
1	44°17,414'	20°31,425'	61,8	2,463	
2	44°17,475'	20°31,344'	51,0	3,369	
3	44°17,468'	20°31,214'	41,0	2,963	
4	44°17,458'	20°31,009'	46,4	3,009	
5	44°17,415'	20°30,882'	48,3	2,67	
6	44°17,402'	20°30,860'	46,2	3,017	
7	44°17,282'	20°30,700'	46,1	3,375	
8	44°17,223'	20°30,621'	45,4	3,255	
9	44°17,164'	20°30,538'	20,6	7,27	Депресија у којој се пре градње пута задржавала вода
10	44°17,083'	20°30,403'	47,8	2,575	
ПРОСЕЧНО:			45,5	3,400	

У тренутку мерења динамичког модула деформације на шумском путу, по тврдњама руковаоца вибро-ваљком, читава траса је ваљана 2 до 3 пута. На случајно изабраној тачки где је ваљање извођено у три прелаза, извршено је додатно ваљање.

Супротно очекиваном, након сваког следећег преласка ваљка вредност E_{vd} се смањивала, а вредност s/v повећавала.

Табела 38: E_{vd} и степен збијености након више пролазака ваљка

РБ	Координате (Google Earth)		E_{vd} [MN/m ²]	s/v	Напомена
	X	Y			
1	44°17,415'	20°30,882'	48,3	2,670	Са три проласка
2			43,5	2,774	Са четири проласка
3			43,0	2,874	Са пет пролазака
ПРОСЕЧНО:			44,9	2,773	

Због редукованих средстава и кратког периода за реализацију пројектних активности у 2020. години, није било могућности да се изведу контролна мерења на овом путном правцу.

3.3.9. Шумски пут „Кружни пут – Бела река“

Шумски пут „Кружни пут – Бела река“ налази се у ГЈ „Гоч-Гвоздац А“ у Наставној бази „Гоч“. Пут је падинског типа и налази се на земљишту од IV категорије. Мерења су извођена током реконструкције (у септембру 2020. године) и након реконструкције шумског пута (у новембру 2020. године). Камени агрегат за израду коловозне конструкције припреман је позајмишту на локалитету Бела река. Камени агрегат је припреман машински, а затим је вршено дробљење каменог агрегата у мобилном дробиличном постројењу. Лабораторијским испитивањима минералошко-петрографског састава утврђено је да је камени агрегат по пореклу дубинска магматска стена – **перидотит**.

Постељица и коловозна конструкција ваљани су виброваљком тежине 12 t.

Мерења су спроведена по сунчаном времену, при температури од 12 °С.

Табела 39: E_{vd} и степен збијености на постељици шумског пута „Кружни пут – Бела река“

Мерење	Подлога	Слој	Дебљина слоја	Влажност	Позиција (Л, С, Д)	E_{vd}	s/v
1	IV	постељица	-	просушено	Д	22,14	3,668
2	IV	постељица	-	просушено	С	26,8	3,941
3	IV	постељица	-	просушено	Д	31,21	4,009
4	IV	постељица	-	просушено	Л	24,18	4,927
5	IV	постељица	-	просушено	Д	35,63	3,219
6	IV	постељица	-	просушено	С	37,31	3,085
7	IV	постељица	-	просушено	Л	25,94	4,825
ПРОСЕЧНО:						29,03	3,953

Табела 40: E_{vd} и степен збијености на хабајућем слоју шумског пута „Кружни пут – Бела река“

Мерење	Подлога	Слој	Дебљина слоја	Влажност	Позиција (Л, С, Д)	E_{vd}	s/v
1	IV	хабајући	0,30	просушено	С	39,89	3,266
2	IV	хабајући	0,30	просушено	Д	41,58	2,961
3	IV	хабајући	0,30	просушено	Л	49,45	2,715
4	IV	хабајући	0,30	просушено	С	44,61	3,028
5	IV	хабајући	0,30	просушено	Д	39,02	3,411
6	IV	хабајући	0,30	просушено	Д	50,16	2,787
7	IV	хабајући	0,30	просушено	Л	46,8	3,101
ПРОСЕЧНО:						44,50	3,038



Слика 44: Позајмиште Бела река



Слика 45: Припремљена постељица на шумском путу "Кружни пут – Бела река"



Слика 46: Израда коловозне конструкције на шумском путу „Кружни пут – Бела река“

Током 2021. године извршено је контролно мерење на шумском путу „Кружни пут – Бела река“. Мерење је обављено на 10 тачака, чиме је установљено да просечна вредност E_{vd} износи $61,50 \text{ MN/m}^2$, а вредност s/v износи 2,640. У односу на мерења из 2020. године, евидентно је повећање E_{vd} за 28% и s/v за 15%.

Мерење	Подлога	Слој	Дебљина слоја	Влажност	Позиција (Л, С, Д)	E_{vd}	s/v
1	III	хабајући	0,5	суво	л	74,50	2,949
2	IV	хабајући	0,3	суво	л	68,60	2,697
3	IV	хабајући	0,3	суво	с	64,10	2,368
4	IV	хабајући	0,3	суво	с	45,55	2,647
5	III	хабајући	0,5	суво	л	57,11	2,394
6	III	хабајући	0,5	суво	д	59,84	2,286
7	IV	хабајући	0,3	суво	д	71,43	2,526
8	III	хабајући	0,5	суво	д	70,98	2,425
9	IV	хабајући	0,3	суво	с	41,90	3,131
10	III	хабајући	0,5	суво	д	60,98	3,007
ПРОСЕЧНО:						61,50	2,640

3.3.10. Шумски пут „Плавчево – Штубеј“

Шумски пут „Плавчево – Штубеј“ налази се на подручју приватних шума у општини Кучево, катастарској општини Церемошња. Пут је падинског типа и изграђен је на терену III, IV и V категорије. Камени агрегат припреман је из позајмишта на траси шумског пута и уграђиван у коловозну конструкцију без претходног дробљења. Камени агрегат је вулканска магматска стена – **дацитоандезит**.

Мерења ДМД спроведена су на хабајућем слоју коловозне конструкције током септембра 2020. године, а метеоролошки услови били су повољни, суво време и температура око 25 °С.

Табела 41: E_{vd} и степен збијености на шумском путу „Плавчево – Штубеј“

Мерење	Подлога	Слој	Дебљина слоја	Влажност	Позиција (Л, С, Д)	E_{vd}	s/v
1	IV	хабајући	0,3	суво	С	50,11	2,257
2	IV	хабајући	0,3	суво	Д	40,25	2,825
3	IV	хабајући	0,3	суво	Л	51,96	2,723
4	IV	хабајући	0,3	суво	С	41,06	2,387
5	IV	хабајући	0,3	суво	Л	47,57	2,475
6	IV	хабајући	0,3	суво	Л	72,82	2,303
7	IV	хабајући	0,3	суво	С	62,67	2,701
8	III	хабајући	насип 1 m	суво	Д	48,39	4,051
9	IV	хабајући	0,3	суво	Л	45,82	3,400
10	IV	хабајући	0,3	суво	С	71,20	2,093
ПРОСЕЧНО:						49,07	3,292

Контролна мерења обаљена су годину дана касније, тј. септембра 2021. године, при чему је установљена просечна вредност E_{vd} од 87,91 MN/m² и s/v од 2,684. У поређењу са 2020. годином, дошло је до повећања E_{vd} за чак 44% и смањења вредности s/v за око 18%.

Мерење	Подлога	Слој	Дебљина слоја	Влажност	Позиција (Л, С, Д)	E_{vd}	s/v
1	IV	хабајући	0,3	суво	Д	115,38	2,526
2	IV	хабајући	0,3	суво	Д	71,43	2,582
3	IV	хабајући	0,3	суво	Д	89,29	2,585
4	III	хабајући	0,5	суво	л	97,4	2,254
5	III	хабајући	0,5	суво	л	90,36	2,128
6	V	хабајући	0,3	суво	л	65,79	3,427
7	IV	хабајући	0,3	суво	л	75,5	2,801
8	III	хабајући	0,5	суво	л	119,68	3,013
9	III	хабајући	0,5	суво	с	66,37	2,842
ПРОСЕЧНО:						87,91	2,684



Слика 47: Шумски пут "Плавчево - Штубеј" након изградње 2020. год.



Слика 48: Шумски пут "Плавчево - Штубеј" након изградње 2020. год.



Слика 49: Шумски пут "Плавчево - Штубеј" 2021. год.



Слика 50: Мерење Evd на шумском путу "Плавчево - Штубеј" 2021. год.

3.3.11. Шумски пут „Рудноглавски крак“

Шумски пут „Рудноглавски крак“ налази се на подручју приватних шума у катастарској општини Лесково, општини Мајданпек. Пут је изграђен 2020. године, а мерења ДМД вршена су на хабајућем слоју у октобру 2020. године, пре техничког пријема изведених радова. Пут је падинског и гребенског карактера и прелази преко земљишта III, IV и V категорије. За израду коловозне конструкције коришћен је машински припремљен материјал са више локација дуж пута, без претходног дробљења. Камени агрегат је вулканска магматска стена – **андезит**. За време мерења ДМД метеоролошки услови били су повољни, време је било сунчано, а температура око 15 °С.

Табела 42: E_{vd} и степен збијености на шумском путу „Рудноглавски крак“

Мерење	Подлога	Слој	Дебљина слоја	Влажност	Позиција (Л, С, Д)	E_{vd}	s/v
1	IV	хабајући	30	суво	С	12,43	5,917
2	IV	хабајући	30	суво	Л	25,37	3,673
3	IV	хабајући	30	суво	Д	19,17	5,122
4	IV	хабајући	30	суво	Л	71,43	2,536
5	IV	хабајући	30	суво	Л	42,61	3,239
6	IV	хабајући	30	суво	Д	54,48	2,856
7	IV	хабајући	30	суво	Д	31,96	3,376
ПРОСЕЧНО:						33,18	4,465



Слика 51: Позјамиште Лесково

3.3.12. Шумски пут „Чутурска ливада – Милошевац“

Шумски пут „Чутурска ливада – Милошевац“ налази се на подручју приватних шума на планини Тара. Пут је падинског типа, изграђен на терену III и IV категорије. Камени агрегат за израду коловозне конструкције припреман је у оближњем позајмишту, уз претходно дробљење у мобилном дробиличном постројењу. Камени агрегат је дубинска магматска стена – **перидотит**. Мерења динамичког модула

деформације спроведена су на хабајућем слоју коловозне конструкције, током септембра 2020. године. Метеоролошки услови у току мерења били неповољни, мерење је обављено при слабој киши и температури од око 12 °С.

Табела 43: E_{vd} и степен збијености на шумском путу „Чутурска ливада - Милошевац“

Мерење	Подлога	Слој	Дебљина слоја	Влажност	Позиција (Л, С, Д)	E_{vd}	s/v
1	IV	хабајући	0,3	влажно	С	76,53	2,398
2	IV	хабајући	0,3	влажно	С	66,96	2,152
3	IV	хабајући	0,3	влажно	Д	105,14	2,181
4	IV	хабајући	0,3	влажно	Д	54,48	2,214
5	IV	хабајући	0,3	влажно	Л	76,27	2,314
6	IV	хабајући	0,3	влажно	Л	72,18	2,335
7	IV	хабајући	0,3	влажно	С	76,02	2,356
8	IV	хабајући	0,3	влажно	Л	69,14	2,205
9	IV	хабајући	0,3	влажно	Д	81,55	2,340
10	IV	хабајући	0,3	влажно	Д	74,15	2,300
ПРОСЕЧНО:						69,13	2,890



Слика 52: Мерење E_{vd} на шумском путу "Чутурска ливада - Милошевац" 2020. год.



Слика 53: Шумски пут "Чутурска ливада - Милошевац" 2020. год.



Слика 54: Испитивање E_{vd} на шумском путу „Чутурска ливада - Милошевац“ 2021. год.



Слика 55: Шумски пут "Читирска ливада - Милошевац" 2021. год.

Контролно мерење на шумском путу „Чутурска ливада – Милошевац“ извршено је новембра 2021. године, а услови за мерење били су умерени. Мерење је обављено након падавина, при температури од 10 °С. На овом шумском путу забележена је мања просечна вредност E_{vd} за око 14% у односу на вредности из 2020. године, тј. измерена је просечна вредност од 59,12 MN/m², али и мања вредност s/v за око 9%, тј. просечна измерена вредност износила је 2,630.

Мерење	Подлога	Слој	Дебљина слоја	Влажност	Позиција (Л, С, Д)	E_{vd}	s/v
1	III	хабајући	0,3	просушено	д	70,09	2,290
2	IV	хабајући	0,3	просушено	с	56,82	2,638
3	IV	хабајући	0,3	просушено	л	74,26	2,581
4	IV	хабајући	0,3	просушено	с	46,49	2,883
5	IV	хабајући	0,3	просушено	д	53,44	2,631
6	III	хабајући	0,6	просушено	л	63,03	2,293
7	IV	хабајући	0,3	просушено	д	50,11	3,046
8	IV	хабајући	0,3	просушено	д	58,75	2,68
ПРОСЕЧНО:						59,12	2,63

3.3.13. Шумски пут „Дебело брдо – Маџарија“

Шумски пут „Дебело брдо – Маџарија“ налази се на планини Повлен, у општини Бајина Башта, катастарској општини Зарожје. Пут је реконструисан 2020. године, а мерења ДМД спроведена су на хабајућем слоју у октобру 2020. године. За израду коловозне конструкције коришћен је машински припремљен камени агрегат из два позајмишта. За лабораторијска испитивања узорак је узет из позајмишта које је коришћено за израду коловозне конструкције на већем делу пута и утврђено је да се ради о седиментној стени – **пешчару**. Пут се налази на терену IV категорије. У тренутку мерења метеоролошки услови били су неповољни, време је било облачно са повременом кишом, а температура је била око 7 °С.

Табела 44: E_{vd} и степен збијености на делу шумског пута „Дебело брдо – Маџарија, изграђеном од црвеног пешчара

Мерење	Подлога	Слој	Дебљина слоја	Влажност	Позиција (Л, С, Д)	E _{vd}	s/v
1	IV	хабајући	0,30	влажно	Л	37,25	3,005
2	IV	хабајући	0,30	влажно	Д	39,13	3,046
3	IV	хабајући	0,30	влажно	Д	64,29	2,235
4	IV	хабајући	0,30	влажно	Л	52,94	2,469
5	IV	хабајући	0,30	влажно	Д	64,66	3,102
6	IV	хабајући	0,30	влажно	Д	56,25	2,273
7	IV	хабајући	0,30	влажно	Д	67,16	2,376
8	IV	хабајући	0,30	влажно	Д	78,95	2,485
9	IV	хабајући	0,30	влажно	Л	109,76	2,683
10	IV	хабајући	0,30	влажно	Д	67,37	2,489
11	IV	хабајући	0,30	влажно	Л	44,12	2,553
ПРОСУШЕНО:						61,99	2,616

Табела 45: E_{vd} и степен збијености на делу шумског пута „Дебело брдо – Маџарија, изграђеном од кречњака

Мерење	Подлога	Слој	Дебљина слоја	Влажност	Позиција (Л, С, Д)	E _{vd}	s/v
1	IV	хабајући	0,30	влажно	Л	44,12	2,553
2	IV	хабајући	0,30	влажно	Д	47,57	2,476
3	IV	хабајући	0,30	влажно	Л	53,83	2,629
4	IV	хабајући	0,30	влажно	Д	42,78	2,675
5	IV	хабајући	0,30	влажно	Л	39,61	2,908
ПРОСУШЕНО:						45,58	2,648



Слика 56: Шумски пут "Дебело брдо - Маџарија" 2020. год.

Контролно мерење обављено је новембра 2021. године, неколико часова након обилних падавина. Време је било сунчано, а температура око 10 °С. Просечне вредности динамичког деформационог модула износиле су 75,00 MN/m², што је за 17% веће у односу на измерене вредности из 2020. године, а просечне вредности s/v износиле су 2,510, што је за око 4% мање.

Мерење	Подлога	Слој	Дебљина слоја	Влажност	Позиција (Л, С, Д)	E_{vd}	s/v
1	III	хабајући	0,3	влажно	с	128,57	2,378
2	IV	хабајући	0,3	влажно	д	70,09	2,390
3	III	хабајући	0,3	влажно	с	78,40	2,311
4	III	хабајући	0,3	влажно	л	59,21	2,353
5	III	хабајући	0,3	влажно	с	33,14	3,269
6	III	хабајући	0,3	влажно	с	54,35	2,379
7	IV	хабајући	0,3	влажно	л	92,59	2,428
8	IV	хабајући	0,3	влажно	л	83,64	2,562
ПРОСЕЧНО:						75,00	2,51



Слика 57: Испитивање E_{vd} на шумском путу "Дебело брдо - Маџарија" 2021. год.



Слика 58: Шумски пут "Дебело брдо - Маџарија" 2021. год.

3.3.14. Шумски пут „Везичево – Дрењар“

Шумски пут „Везичево – Дрењар“ пролази кроз приватне шуме у општини Петровац на Млави, катастарској општини Везичево. Пут је једним делом реконструисан, а већим делом изграђен 2020. године, а налази се на терену III, IV и V категорије. За израду коловоза шумског пута коришћен је камени агрегат из позајмишта са трасе шумског пута, који је седиментна стена – **пешчар**. Испитивање динамичког модула деформација спроведено је након завршетак изградње пута, а мерења су спроведена у повољним временским условима, при температури од 15 °С.

Табела 46: E_{vd} и степен збијености на новоизграђеном делу шумског пута „Везичево – Дрењар“

Мерење	Подлога	Слој	Дебљина слоја	Влажност	Позиција (Л, С, Д)	E _{vd}	s/v
1	V	хабајући	0,30	просушено	Д	31,65	3,703
2	V	хабајући	0,30	просушено	Д	46,68	2,564
3	V	хабајући	0,30	просушено	С	34,62	3,347
4	V	хабајући	0,30	просушено	Д	69,44	2,736
5	V	хабајући	0,30	просушено	Л	66,18	2,493
ПРОСЕЧНО:						49,71	2,969

Табела 47: E_{vd} и степен збијености на реконструисаном делу шумског пута „Везичево – Дрењар“

Мерење	Подлога	Слој	Дебљина слоја	Влажност	Позиција (Л, С, Д)	E_{vd}	s/v
1	IV	хабајући	0,30	просушено	Л	59,06	2,460
2	IV	хабајући	0,30	просушено	С	56,68	2,654
3	IV	хабајући	0,30	просушено	С	66,96	2,483
4	IV	хабајући	0,30	просушено	С	64,10	2,498
5	III	хабајући	0,50	просушено	С	36,35	3,359
6	III	хабајући	0,50	просушено	С	21,13	5,567
7	III	хабајући	0,50	просушено	С	31,91	3,485
ПРОСЕЧНО:						48,03	3,215



Слика 59: Мерење збијености на шумском путу „Везичево - Дрењар“



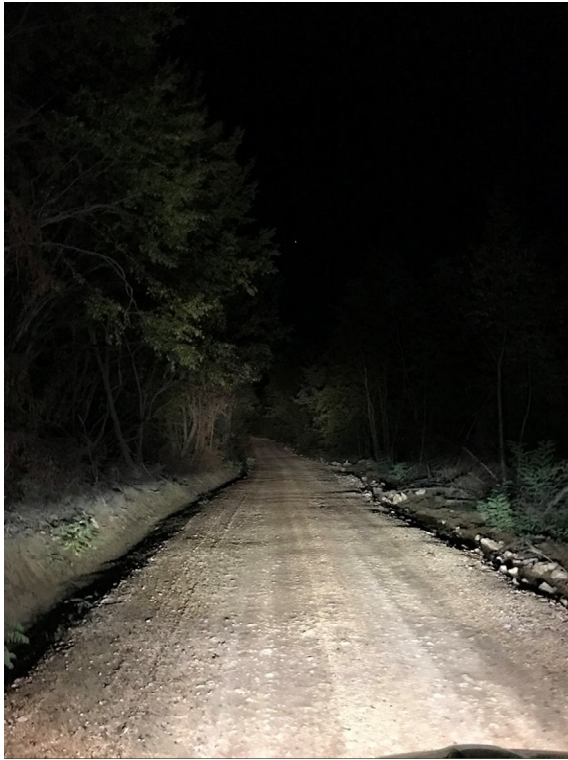
Слика 60: Позајмиште Везичево

Контролно мерење обављено је у августу 2021. године. Приликом мерења температура ваздуха износила је око 20 °С, а коловозна конструкција је била просушена. Измерене вредности E_{vd} у просеку су износиле 74,03 MN/m², што је за 33% више у односу на мерења из претходне године. Вредност s/v у просеку је износила 2,632, што је за око 15% мање од просечних вредности добијених у 2020. години.

Мерење	Подлога	Слој	Дебљина слоја	Влажност	Позиција (Л, С, Д)	E_{vd}	s/v
1	V	хабајући	0,30	просушено	д	45,55	2,358
2	V	хабајући	0,30	просушено	л	60,32	2,255
3	V	хабајући	0,30	просушено	д	67,16	2,515
4	V	хабајући	0,30	просушено	д	86,54	2,483
5	V	хабајући	0,30	просушено	л	75,76	2,226
6	IV	хабајући	0,30	просушено	л	109,22	2,421
7	IV	хабајући	0,30	просушено	с	76,27	3,278
8	IV	хабајући	0,30	влажно	д	88,93	2,553
9	IV	хабајући	0,30	влажно	л	90	2,33
10	III	хабајући	0,50	влажно	д	66,77	2,854
11	III	хабајући	0,50	влажно	д	47,77	3,685
ПРОСЕЧНО:						74,03	2,632

3.3.15. Шумски пут „Ђовдин - Дрењар“

Шумски пут „Ђовдин – Дрењар“ налази се у општини Петровац на Млави, катастарској општини „Ђовдин“. Пут је делимично изграђен, а већим делом реконструисан током 2020. године. Пут пролази преко земљишта III, IV, V и VI категорије. Коловозна конструкција израђена је од седиментне стене – **кречњака**, из позајмишта Ковиљарац, које се налази у близини шумског пута. Испитивање динамичког модула деформација спроведено је након завршетак изградње пута на деоницама које су изнова грађене, а мерења су спроведена у повољним временским условима, при температури од 15 °С.



Слика б1: Траса шумског пута "Ђовдин - Дрењар"



Слика б2: Мерење ДМД на шумском путу "Ђовдин - Дрењар"

Табела 48: E_{vd} и s/v на новоизграђеном делу шумског пута „Ђовдин – Дрењар“

Мерење	Подлога	Слој	Дебљина слоја	Влажност	Позиција (Л, С, Д)	E_{vd}	s/v
1	III	хабајући	0,50	просушено	С	38,46	3,026
2	III	хабајући	0,50	просушено	С	48,18	2,699
3	III	хабајући	0,50	просушено	Д	54,35	2,389
4	IV	хабајући	0,30	просушено	Л	44,64	2,698
5	III	хабајући	0,50	просушено	Д	63,03	2,495
6	III	хабајући	0,50	просушено	Д	58,22	2,499
7	III	хабајући	0,50	просушено	С	49,15	2,688
8	III	хабајући	0,50	просушено	Л	47,26	2,894
9	III	хабајући	0,50	просушено	Д	52,16	2,441
10	IV	хабајући	0,30	просушено	Л	47,12	2,703
ПРОСЕЧНО:						50,26	2,653

Контролно мерење обављено је у августу 2021. године. Приликом мерења температура ваздуха износила је око 20 °С, а коловозна конструкција је била просушена. Измерене вредности E_{vd} у просеку су износиле 54,85 MN/m², што је за 8%

више у односу на мерења из претходне године. Вредност s/v у просеку је износила 2,824, што је за око 6% више од просечних вредности добијених у 2020. години.

Табела 49: E_{vd} и s/v на шумском путу "Ђовдин - Дрењар" у 2021. години

Мерење	Подлога	Слој	Дебљина слоја	Влажност	Позиција (Л, С, Д)	E_{vd}	s/v
1	III	хабајући	0,5	просушено	с	34,19	3,101
2	III	хабајући	0,5	просушено	л	78,67	2,809
3	III	хабајући	0,5	просушено	с	53,7	3,088
4	IV	хабајући	0,3	просушено	д	31,51	4,151
5	III	хабајући	0,5	просушено	л	61,64	2,341
6	III	хабајући	0,5	просушено	д	75,05	2,585
7	III	хабајући	0,5	просушено	д	75,76	2,328
8	III	хабајући	0,5	просушено	л	37,75	2,594
9	III	хабајући	0,5	просушено	л	51,84	2,793
10	IV	хабајући	0,3	просушено	д	48,39	2,449
ПРОСЕЧНО:						54,85	2,824

3.3.16. Шумски пут „Биљићи – Доњи Јездиновац“

Шумски пут „Биљићи – Доњи Јездиновац“ налази се на подручју општине Бајина Башта, у близини засеока Јасик и Јездиновац, у катастарској општини Стрмово. Пут је падинског типа, изграђен на земљишту IV и V категорије. Изградња пута почела је 2020. године, а радови на изради коловозне конструкције извођени су 2021. године. За израду коловозне конструкције коришћен је машински припремљен камени агрегат од **кречњака**, из позајмишта Јездиновац.

Мерење динамичког деформационог модула обављено је у октобру 2021. године. Временски услови су били повољни, температура ваздуха износила је 14 °C, а коловозна конструкција је била просушена. Просечна вредност E_{vd} износила је 44,99 MN/m², а просечна вредност параметра s/v 2,920.

Табела 50: E_{vd} и s/v на шумском путу "Биљићи - Доњи Јездиновац" у 2021. години

Мерење	Подлога	Слој	Дебљина слоја	Влажност	Позиција (Л, С, Д)	E _{vd}	s/v
1	IV	хабајући	0,3	просушено	л	44,16	2,866
2	IV	хабајући	0,3	просушено	л	39,46	3,006
3	IV	хабајући	0,3	просушено	д	44,98	2,773
4	IV	хабајући	0,3	просушено	д	36,21	3,214
5	V	хабајући	0,3	просушено	с	56,34	2,632
6	V	хабајући	0,3	просушено	д	61,12	2,603
7	V	хабајући	0,3	просушено	с	49,18	2,877
8	IV	хабајући	0,3	просушено	с	42,10	2,869
9	IV	хабајући	0,3	просушено	д	36,22	3,425
10	IV	хабајући	0,3	просушено	д	40,17	2,939
ПРОСЕЧНО:						44,99	2,920



Слика б3: Шумски пут "Биљићи - Јездиновац"

3.3.17. Шумски пут „Новаковићи – Костојевићи“

Шумски пут „Новаковићи – Костојевићи“ налази се на подручју општине Бајина Башта, у катастарској општини Костојевићи. Пут је падинског типа, изграђен на земљишту IV и V категорије. Изградња пута почела је 2020. године, а завршена 2021. године. За израду коловозне конструкције коришћен је машински припремљен камени агрегат из позајмишта са трасе шумског пута, без дробљења. Камени агрегат је од метаморфне стене – **калшиста**.

Мерења динамичког модула деформације обављена су током октобра 2021. године. Временски услови су били повољни, време је било сунчано, температура ваздуха износила је 13 °C, а коловозна конструкција је била просушена. Просечна вредност E_{vd} износила је 52,54 MN/m², а просечна вредност параметра s/v 2,640.



Слика б4: Испитивање E_{vd} на шумском путу "Новаковићи - Костојевићи" 2021. год.



Слика б5: Шумски пут "Новаковићи - Костојевићи" 2021. год.

Табела 51: E_{vd} и s/v на шумском путу "Новаковићи - Костијевићи" у 2021. години

Мерење	Подлога	Слој	Дебљина слоја	Влажност	Позиција (Л, С, Д)	E_{vd}	s/v
1	IV	хабајући	0,5	влажно	д	44,38	2,767
2	IV	хабајући	0,5	просушено	л	56,39	2,973
3	IV	хабајући	0,5	просушено	л	35,77	2,924
4	IV	хабајући	0,5	просушено	с	62,33	2,391
5	IV	хабајући	0,5	просушено	с	62,50	2,806
6	IV	хабајући	0,5	просушено	д	36,70	2,601
7	IV	хабајући	0,5	просушено	д	54,22	2,377
8	IV	хабајући	0,5	просушено	л	57,54	2,682
9	IV	хабајући	0,5	просушено	д	51,25	2,405
10	IV	хабајући	0,5	просушено	л	64,29	2,479
ПРОСЕЧНО:						52,54	2,64

3.3.18. Шумски пут „Девотин – Стамболка – Китке“

Шумски пут „Девотин – Стамболка – Китке“ налази се у ГЈ „Гранична шума“, којом газдује ЈП „Србијашуме“, ШГ „Врање“ из Врања. Са реконструкцијом шумског пута започело се у другој половини 2020. године, а радови су окончани 2021. године. За израду коловозне конструкције коришћен је камени агрегат из позајмишта са трасе шумског пута, са локалитета Девотин. Камени агрегат је од интензивно распаднутог пирокластита, дацита или андезита, што лабораторијским испитивањима није било могуће тачно утврдити, али је сигурно реч о вулканској магматској стени.

Испитивање динамичког модула деформације обављено је у октобру 2021. године. Временски услови су били повољни, температура ваздуха износила је 14 °С, док је коловозна конструкција је била влажна. Просечна вредност E_{vd} износила је 40,87 MN/m², а просечна вредност параметра s/v 3,12.



Слика 66: Шумски пут „Девотин – Стамболка – Китке“ у изградњи



Слика 67: Шумски пут „Девотин – Стамболка – Китке“ у изградњи

Табела 52: E_{vd} и s/v на шумском путу " Девотин - Стамболка - Китке " у 2021. години

Мерење	Подлога	Слој	Дебљина слоја	Влажност	Позиција (Л, С, Д)	E_{vd}	s/v
1	III	хабајући	0,5	влажно	Д	42,28	2,999
2	III	хабајући	0,5	влажно	С	53,83	2,463
3	III	хабајући	0,5	влажно	Д	41,82	2,407
4	III	хабајући	0,5	влажно	С	37,47	3,106
5	III	хабајући	0,5	влажно	Д	31,47	3,511
6	III	хабајући	0,5	влажно	Л	39,34	3,621
7	III	хабајући	0,5	влажно	Д	35,98	3,183
8	III	хабајући	0,5	влажно	Л	51,06	2,914
9	III	хабајући	0,5	влажно	Д	34,59	3,903
ПРОСЕЧНО:						40,87	3,12



Слика 68: Мерење E_{vd} на шумском путу "Девотин - Стамболка - Китке" 2021. год.



Слика 69: Шумски пут "Девотин - Стамболка - Китке" 2021. год.

3.3.19. Шумски пут „Долина Селиште“

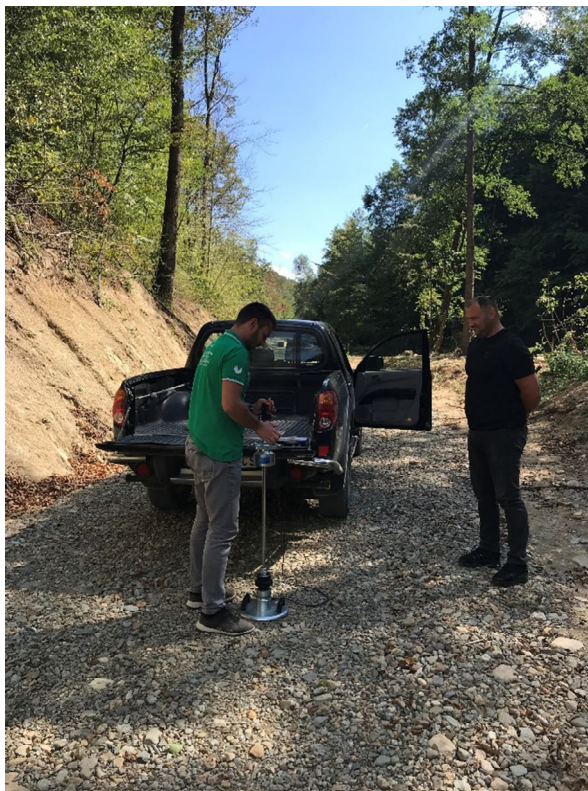
Шумски пут „Долина Селиште“ налази се у општини Кучево, катастарској општини Нересница. Шумски пут је долинског карактера и протеже се уз поток Селиште, отварајући шуме у приватном власништву. Изграђен је на земљишту IV и V категорије. Радови на изради доњег строја пута извођени су у 2020. години, док су радови на изради горњег строја окончани 2021. године. Камени агрегат за израду коловозне конструкције је неvezани алувијални материјал, припреман из потока Селиште.

Табела 53: E_{vd} и s/v на шумском путу "Долина Селиште" у 2021. години

Мерење	Подлога	Слој	Дебљина слоја	Влажност	Позиција (Л, С, Д)	E_{vd}	s/v
1	III	хабајући	1,0	суво	д	49,89	2,723
2	III	хабајући	0,5	суво	л	44,73	3,233
3	III	хабајући	0,5	суво	л	49,45	2,984
4	III	хабајући	0,5	суво	с	56,82	2,777
5	III	хабајући	0,5	суво	д	76,01	2,948
6	V	хабајући	0,3	суво	д	56,39	2,904
7	IV	хабајући	0,3	суво	с	59,52	2,376
8	IV	хабајући	0,3	суво	л	76,79	2,475
9	III	хабајући	0,5	суво	д	75,25	2,291
10	IV	хабајући	0,5	суво	л	55,42	2,509
ПРОСЕЧНО:						60,03	2,722



Слика 70: Шумски пут "Долина Селиште" након изградње 2021. год.



Слика 71: Испитивање E_{vd} на шумском путу "Долина Селиште"

Испитивање динамичког модула деформације обављено је у септембру 2021. године. Временски услови су били повољни, температура ваздуха износила је $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, док је коловозна конструкција је била сува. Просечна вредност E_{vd} износила је $60,03\text{ MN/m}^2$, а просечна вредност параметра s/v $2,722$.

3.3.20. Шумски пут „Бурмански поток – Ћелавуша“

Шумски пут „Бурмански поток – Ћелавуша“ налази се у ГЈ „Гоч-Гвоздац А“ у Наставној бази „Гоч“. Пут је долиנסког и падинског типа и налази се на земљишту од IV до VI категорије. Мерења су извођена током реконструкције (у августу 2020. године) и након реконструкције шумског пута (у октобру 2020. године). Камени агрегат за израду коловозне конструкције припреман је у два позајмишта, у којима је претходила припрема каменог агрегата минирањем, а затим је вршено дробљење изминераног каменог агрегата у мобилном дробиличном постројењу. Одређивање минералошко-

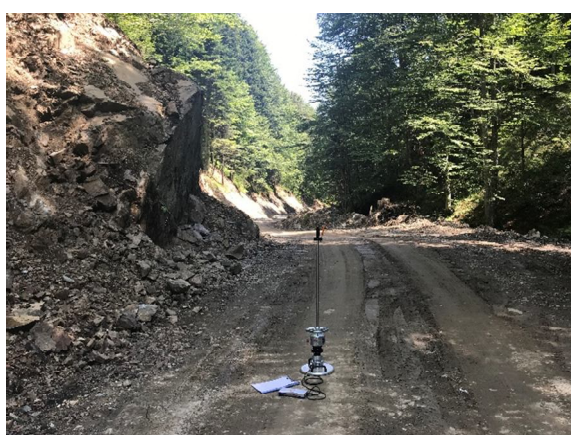
петрографског састава извршено је на узорцима из оба позајмишта, при чему је установљено да је камени агрегат из позајмишта званог Ћелави поток је магматска стена – **перидотит**, а из другог позајмишта **серпентин**.

Постељица и коловозна конструкција ваљани су виброваљком тежине 12 t.

Резултати испитивања ДМД на хабајућем слоју од октобра 2020. године дати су у наредној табели. Мерења су спроведена по сунчаном времену, али након падавина, при температури од 10 °С.

Табела 54: E_{vd} и s/v на шумском путу "Бурмански поток - Ћелавуша" у 2020. години

Мерење	Подлога	Слој	Дебљина слоја	Влажност	Позиција (Л, С, Д)	E_{vd}	s/v
1	III	хабајући	0,5	суво	Л	43,52	2,771
2	III	хабајући	0,5	суво	Д	58,29	2,777
3	IV	хабајући	0,3	просушено	Д	30,08	4,397
4	IV	хабајући	0,3	просушено	Л	44,91	2,565
5	IV	хабајући	0,3	суво	Д	45,73	2,545
6	IV	хабајући	0,3	просушено	Д	37,50	2,754
7	IV	хабајући	0,3	просушено	Л	39,96	2,871
8	IV	хабајући	0,3	суво	С	37,01	3,292
9	IV	хабајући	0,3	суво	Л	37,07	3,479
10	IV	хабајући	1,3	суво	С	40,26	2,955
ПРОСЕЧНО:						38,39	3,58



Слика 72: Шумски пут "Бурмански поток - Ћелавуша" - припремљена постељица



Слика 73: Шумски пут "Бурмански поток - Ћелавуша" – израђена коловозна конструкција

Контролно мерење обављено је у јулу 2021. године. Услови су били повољни, (сунчано, 28 °С), а коловозна конструкција сува. Просечна вредност мерења E_{vd} износила је 69,99 MN/m², а просечна вредност параметра s/v износила је 2,380. У поређењу са вредностима из претходне године, просечна вредност E_{vd} повећана је за чак 45%, а вредност s/v смањена је за 33%.

Табела 55: E_{vd} и s/v на шумском путу "Бурмански поток - Ћелавуша" у 2021. години

Мерење	Подлога	Слој	Дебљина слоја	Влажност	Позиција (Л, С, Д)	E_{vd}	s/v
1	III	хабајући	0,5	суво	Д	75,50	2,623
2	IV	хабајући	0,3	суво	Д	82,72	2,429
3	IV	хабајући	0,3	суво	С	66,77	2,324
4	IV	хабајући	0,3	суво	С	88,24	2,438
5	IV	хабајући	0,3	суво	С	54,61	2,144
6	IV	хабајући	0,3	суво	С	111,94	2,590
7	IV	хабајући	0,3	суво	С	69,23	2,202
8	IV	хабајући	0,3	суво	С	65,60	2,186
9	IV	хабајући	0,3	суво	С	52,20	2,518
10	IV	хабајући	0,3	суво	С	50,79	2,439
11	IV	хабајући	0,3	суво	С	52,33	2,242
ПРОСЕЧНО:						69,99	2,38



Слика 74: Позајмиште Ћелави поток након минирања

3.3.21. Шумски пут „Топли до – Селиште“

Шумски пут „Топли До – Селиште“ налази се у општини Пирот, катастарској општини „Топли До“, долинског је типа и све време се протеже уз Ракитску реку, отварајући комплексе шума у приватном власништву. Пут се налази на земљишту IV, V и VI категорије. Са реконструкцијом шумског пута започело се у другој половини 2020. године, а за израду коловозне конструкције коришћен је машински припремљен камени агрегат са трасе шумског пута, који је по саставу **пешчар**. На путу су извршена мерења динамичког модула деформације током октобра 2020. године, на делу трасе на коме се у том тренутку вршила израда коловозне конструкције.

Табела 56: E_{vd} и степен збијености на постељици шумског пута „Топли до – Селиште“

Мерење	Подлога	Слој	Дебљина слоја	Влажност	Позиција (Л, С, Д)	E _{vd}	s/v
1	IV	постељица	-	влажно	С	28,37	4,109
2	IV	постељица	-	влажно	Д	30,15	3,802
3	IV	постељица	-	влажно	Л	27,38	3,885
4	IV	постељица	-	влажно	С	25,43	4,478
ПРОСЕЧНО:						27,83	4,068

Табела 57: E_{vd} и степен збијености на носећем слоју коловоза шумског пута „Топли до – Селиште“

Мерење	Подлога	Слој	Дебљина слоја	Влажност	Позиција (Л, С, Д)	E _{vd}	s/v
1	IV	носећи	0,20	просушено	Д	34,51	3,598
2	IV	носећи	0,20	просушено	Л	48,18	3,038
3	IV	носећи	0,20	просушено	С	42,43	3,115
ПРОСЕЧНО:						41,71	3,250



Слика 75: Позајмиште на траси шумског пута „Топли До – Селиште“



Слика 76: Мерење ДМД на постељици шумског пута „Топли До – Селиште“

Контролно мерење обављено је у октобру 2021. године. Услови су били повољни, (сунчано, 14 °С), а коловозна конструкција сува. Просечна вредност мерења E_{vd} износила је 59,37 MN/m², а просечна вредност параметра s/v износила је 2,810.

Табела 58: E_{vd} и s/v на шумском путу "Топли до - Селиште" у 2021. години

Мерење	Подлога	Слој	Дебљина слоја	Влажност	Позиција (Л, С, Д)	E_{vd}	s/v
1	IV	хабајући	0,30	суво	д	69,44	2,678
2	IV	хабајући	0,30	суво	л	76,01	2,309
3	IV	хабајући	0,30	суво	д	48,91	2,337
4	IV	хабајући	0,30	суво	л	53,07	2,303
5	IV	хабајући	0,30	суво	д	82,12	3,971
6	IV	хабајући	0,30	суво	с	55,01	2,736
7	IV	хабајући	0,30	суво	л	50,11	2,819
8	IV	хабајући	0,30	суво	л	31,65	3,678
9	IV	хабајући	0,30	суво	д	59,84	2,429
10	IV	хабајући	0,30	суво	с	67,57	2,846
ПРОСУШЕНО:						59,37	2,81

3.3.22. Шумски пут „Црвене клеке (Растовница) – Каменито брдо“

Шумски пут „Црвене клеке (Растовница) – Каменито брдо“ налази се на подручју шума Епархије Жичке у ГЈ „Црепуљник“. Пут је гребенског и падинског типа и налази се на земљишту од III до VI категорије. Реконструкција шумског пута окончана је 2021. године. За израду коловозне конструкције коришћен је машински припремљен камени агрегат из позајмишта које се налази у непосредној близини трасе шумског пута, као и са више мањих позајмишта из усека шумског пута. Анализиран је камени агрегат из највећег позајмишта и анализе су показале да је у питању магматска стена – **дијабаз**. Претпоставка је да је и камени агрегат из других мањих позајмишта од исте врсте стена.

Мерења динамичког модула деформације обављена су током августа 2021. године. Временски услови су били повољни, време је било сунчано, температура ваздуха износила је 20 °С, а коловозна конструкција је била сува. Просечна вредност E_{vd} износила је 48,35 MN/m², а просечна вредност параметра s/v 3,203.

Табела 59: E_{vd} и s/v на шумском путу "Црвене клеке – Каменито брдо" у 2021. години

Мерење	Подлога	Слој	Дебљина слоја	Влажност	Позиција (Л, С, Д)	E_{vd}	s/v
1	V	хабајући	0,2	просушено	Д	62,5	2,398
2	III	хабајући	0,4	просушено	Л	54,35	2,78
3	III	хабајући	1	просушено	Л	48,39	3,183
4	IV	хабајући	0,3	просушено	С	33,73	3,639
5	IV	хабајући	0,3	просушено	С	77,59	2,794
6	V	хабајући	0,3	просушено	Д	45,64	2,674
7	V	хабајући	0,3	просушено	Л	55,83	2,471
8	IV	хабајући	0,3	просушено	С	44,12	3,076
9	III	хабајући	0,5	просушено	С	50,79	3,131
10	IV	хабајући	0,3	просушено	С	48,81	4,112
11	IV	хабајући	0,3	просушено	Л	54,74	3,015
12	IV	хабајући	0,3	просушено	Л	54,35	2,503
13	IV	хабајући	0,3	просушено	С	63,2	2,999
14	IV	хабајући	0,3	просушено	С	34,56	3,569
15	IV	хабајући	0,3	просушено	С	30,32	3,879
16	III	хабајући	0,3	просушено	Д	31,25	4,377
17	IV	хабајући	0,3	просушено	Л	31,78	3,844
ПРОСУШЕНО:						48,35	3,203



Слика 77: Позајмиште Црепуљник



Слика 78: Шумски пут "Црвене клеке - Каменито брдо" након реконструкције 2021. год



Слика 79: Испитивање Evd на шумском путу "Црвене клеке - Каменито брдо"

3.3.23. Шумски пут „Бежиште – Три локве“

Шумски пут „Бежиште – Три локве“ налази се у ГЈ „Сува планина – Ракош“, којом газдује ЈП „Србијашуме“, ШГ „Ниш“ из Ниша. Пут се претежно налази на земљишту IV и V категорије. Са изградњом шумског пута започело се у другој половини 2020. године, а за израду коловозне конструкције коришћен је машински припремљен камени агрегат од **кречњака** из позајмишта са трасе шумског пута. У тренутку мерења (новембар 2020. године) извођени су радови на изради носећег и хабајућег слоја коловозне конструкције. Метеоролошки услови су били повољни.

Табела 60: E_{vd} и степен збијености на носећем слоју коловозне конструкције шумског пута „Бежиште – Три локве“

Мерење	Подлога	Слој	Дебљина слоја	Влажност	Позиција (Л, С, Д)	E_{vd}	s/v
1	IV-V	носећи	0,2	влажно	Д	34,67	3,281
2	IV-V	носећи	0,2	влажно	Д	26,85	3,248
ПРОСЕЧНО:						30,76	3,264

Табела 61: E_{vd} и степен збијености на хабајућем слоју коловозне конструкције шумског пута „Бежиште – Три локве“

Мерење	Подлога	Слој	Дебљина слоја	Влажност	Позиција (Л, С, Д)	E_{vd}	s/v
1	IV-V	хабајући	0,30	суво	Л	44,47	3,364
2	IV-V	хабајући	0,30	суво	Д	42,86	2,995
3	IV-V	хабајући	0,30	суво	Л	30,28	3,339
4	IV-V	хабајући	0,30	суво	С	22,89	4,060
ПРОСЕЧНО:						35,12	3,439

Контролно мерење обављено је у октобру 2021. године. Услови су били повољни, (сунчано, 15 °C), а коловозна конструкција углавном сува. Просечна вредност мерења E_{vd} износила је 68,67 MN/m², а просечна вредност параметра s/v износила је 2,570. У поређењу са вредностима из претходне године, када су радови још увек били у току, просечна вредност E_{vd} повећана је за чак 49%, а вредност s/v смањена је за 34%.



Слика 80: Испитивање Evd на шумском путу "Бежиште - Три локве" 2021. год.



Слика 81: Испитивање Evd на шумском путу "Бежиште - Три локве" 2021. год.

Табела 62: E_{vd} и s/v на шумском путу "Бежиште – Три локве" у 2021. години

Мерење	Подлога	Слој	Дебљина слоја	Влажност	Позиција (Л, С, Д)	E _{vd}	s/v
1	V	хабајући	0,5	суво	д	63,38	3,001
2	V	хабајући	0,5	просушено	л	51,14	2,785
3	V	хабајући	0,5	суво	с	107,66	2,566
4	V	хабајући	0,5	суво	д	86,21	2,386
5	V	хабајући	0,5	суво	д	60,48	2,408
6	V	хабајући	0,5	суво	л	69,44	2,58
7	V	хабајући	0,5	суво	с	66,18	2,418
8	V	хабајући	0,5	суво	л	54,35	2,249
9	V	хабајући	0,5	суво	с	59,21	2,774
ПРОСЕЧНО:						68,67	2,57

3.3.24. Шумски пут „Торовиште – Копривно брдо“

Шумски пут „Торовиште – Копривно брдо“ налази се у ГЈ „Јаворак“, којом газдује ЈП „Србијашуме“, ШГ „Јужни Кучај“ из Деспотовца. Шумски пут је падинског карактера и претежно се налази на земљишту IV и V категорије. Са реконструкцијом пута започело се у другој половини 2020. године, када је вршено мерење динамичког модула деформације на носећем слоју коловозне конструкције. Коловозна конструкција израђена је од машински припремљеног каменог агрегата од **пешчара са CaCO₃ везивом**, са трасе шумског пута.

Табела 63: E_{vd} и степен збијености на носећем слоју коловозне конструкције шумског пута „Торовиште – Копривно брдо“

Мерење	Подлога	Слој	Дебљина слоја	Влажност	Позиција (Л, С, Д)	E _{vd}	s/v
1	IV-V	носећи	0,3	влажно	Л	26,63	4,053
2	IV-V	носећи	0,3	влажно	Д	55,69	2,777
3	IV-V	носећи	0,3	влажно	С	13,95	5,956
4	IV-V	носећи	0,3	влажно	Л	14,49	7,402
5	IV-V	носећи	0,3	влажно	Д	46,11	3,639
6	IV-V	носећи	0,3	влажно	С	24,17	4,892
7	IV-V	носећи	0,3	просушено	Д	51,81	2,962
8	IV-V	носећи	0,3	просушено	С	31,34	4,858
9	IV-V	носећи	0,3	просушено	Л	16,69	5,944
10	IV-V	носећи	0,3	просушено	Д	29,18	4,071
11	IV-V	носећи	0,3	просушено	С	24,7	4,853
12	IV-V	носећи	0,3	просушено	Л	19,62	6,034
13	IV-V	носећи	0,3	просушено	С	27,54	4,82
14	IV-V	носећи	0,3	просушено	Д	36,23	3,317
15	IV-V	носећи	0,3	просушено	Л	42,94	3,043
16	IV-V	носећи	0,3	просушено	Л	28,3	4,218
17	IV-V	носећи	0,3	просушено	С	22,64	4,244
18	IV-V	носећи	0,3	просушено	Д	31,69	3,302
ПРОСЕЧНО:						30,21	4,466

Испитивање динамичког модула деформације на хабајућем слоју обављено је у октобру 2021. године. Временски услови су били повољни, температура ваздуха износила је 25 °С, док је коловозна конструкција је била просушена. Просечна вредност E_{vd} износила је 63,26 MN/m², а просечна вредност параметра s/v 2,480.



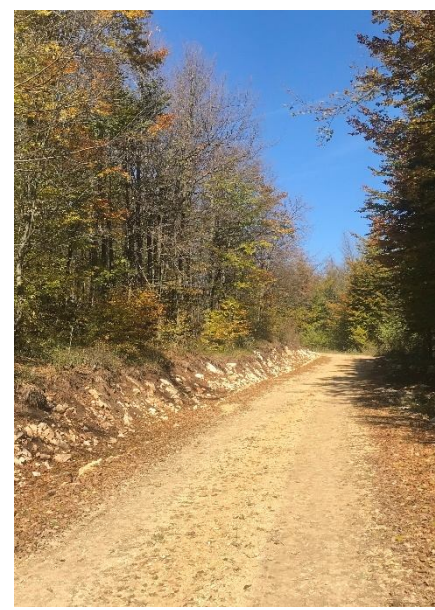
Слика 82: Шумски пут „Торовиште – Копривно брдо“ након израђеног носећег слоја коловозне конструкције



Слика 83: Мерење ДМД на шумском путу „Торовиште – Копривно брдо“



Слика 84: Мерење E_{vd} на шумском путу "Торовиште - Копривно брдо" 2021. год.



Слика 85: Шумски пут "Торовиште - Копривно брдо" 2021. год.

Табела 64: E_{vd} и s/v на шумском путу "Торовиште – Копривино брдо" у 2021. години

Мерење	Подлога	Слој	Дебљина слоја	Влажност	Позиција (Л, С, Д)	E_{vd}	s/v
1	V	хабајући	0,3	просушено	л	61,98	2,390
2	V	хабајући	0,3	просушено	д	56,53	2,659
3	V	хабајући	0,3	просушено	с	59,84	2,472
4	V	хабајући	0,3	просушено	д	56,68	2,191
5	V	хабајући	0,3	просушено	с	81,23	2,299
6	V	хабајући	0,3	просушено	л	65,03	2,495
7	V	хабајући	0,3	просушено	л	57,54	2,669
8	V	хабајући	0,3	просушено	д	56,39	2,765
9	V	хабајући	0,3	просушено	д	54,35	2,354
10	IV	хабајући	0,3	просушено	с	83,03	2,545
ПРОСЕЧНО:						63,26	2,48

3.3.25. Шумски пут „Пољана – Ловачко имање“

Обимна испитивања диманичког модула деформације спроведена су приликом изградње шумског пута „Пољана – Ловачко имање“, који се налази на Вршачком брегу, а чији је инвеститор ЈП „Војводинашуме“, ШГ „Банат“ Панчево. Шумски пут је гребенског и падинског карактера, а изграђен је на земљишту III и IV категорије. Радови на изградњи шумског пута изводили су се од јуна до августа 2020. године, а у истом периоду вршено је испитивање динамичког модула деформације на насипу, постељици и носећем и хабајућем слоју коловозне конструкције. За израду коловозне конструкције коришћен је **природни несепарисани речни шљунак**, за чији квалитет је испостављен Извештај о испитивању Института ИМС из Београда.

Испитивање E_{vd} на постељици шумског пута спроведено је у јулу 2020. године, непосредно пре израде коловозне конструкције, што значи да је постељица била темељно уваљана. Просечне вредности E_{vd} износиле су $40,20 \text{ MN/m}^2$, а просечне вредности параметра s/v износиле су 3,063.

Табела 65: E_{vd} и s/v на постељици шумског пута "Пољана – Ловачко имање" у 2020. години

Мерење	Подлога	Слој	Дебљина слоја	Влажност	Позиција (Л, С, Д)	E_{vd}	s/v
1	V	постељица	-	просушено	Л	50,00	2,949
2	V	постељица	-	просушено	Д	36,17	2,955
3	IV	постељица	-	просушено	Л	50,34	2,699
4	III	постељица	-	просушено	Д	43,02	2,476
5	III	постељица	-	просушено	Л	41,59	2,263
6	III	постељица	-	просушено	Д	63,92	2,248
7	III	постељица	-	просушено	Л	27,24	3,854
8	III	постељица	-	просушено	Д	36,59	3,370
9	III	постељица	-	просушено	Л	31,26	3,514
10	III	постељица	-	просушено	С	30,77	3,605
11	III	постељица	-	просушено	С	32,12	3,601
12	III	постељица	-	просушено	Л	39,40	3,221
ПРОСУШЕНО:						40,20	3,063



Слика 86: Ваљање постељице на шумском путу "Пољана - Ловачко имање"



Слика 87: Испитивање E_{vd} на постељици шумског пута "Пољана - Ловачко имање"

Коловозна конструкција израђена је из два слоја, с тим да су оба слоја грађена од природног несепарисаног речног шљунка. Први (носећи) слој израђен је у дебљини од око 25 см, а други (хабајући) слој у дебљини од око 10 см. Мерења на носећем слоју обављена су такође у јулу месецу 2020. године.

Табела 66: E_{vd} и s/v на носећем слоју шумског пута "Пољана – Ловачко имање" у 2020. години

Мерење	Подлога	Слој	Дебљина слоја	Влажност	Позиција (Л, С, Д)	E_{vd}	s/v
1	V	носећи	0,25	суво	Л	42,45	2,868
2	IV	носећи	0,25	суво	С	43,86	2,574
3	III	носећи	0,25	суво	Д	34,56	2,786
4	III	носећи	0,25	суво	Л	47,07	2,847
5	III	носећи	0,25	суво	С	48,91	2,629
6	III	носећи	0,25	суво	Д	37,31	2,685
7	III	носећи	0,25	суво	Л	35,21	2,497
8	III	носећи	0,25	суво	С	39,68	3,279
9	III	носећи	0,25	суво	Д	38,53	2,724
10	III	носећи	0,25	суво	Л	39,89	2,867
ПРОСЕЧНО:						40,75	2,776

Током јула 2020. године извршено је и мерење динамичког модула деформације на завршном (хабајућем) слоју коловозне конструкције, на чак 30 тачака, с тим да су сва мерења обављена на делу терена у 3. категорији.

Табела 67: E_{vd} и s/v на хабајућем слоју шумског пута "Пољана – Ловачко имање" у 2020. години

Мерење	Подлога	Слој	Дебљина слоја	Влажност	Позиција (Л, С, Д)	E _{vd}	s/v
1	III	хабајући	0,35	суво	Л	42,13	2,533
2	III	хабајући	0,35	суво	С	48,28	3,132
3	III	хабајући	0,35	суво	Д	51,61	2,754
4	III	хабајући	0,35	суво	Л	35,28	3,488
5	III	хабајући	0,35	суво	С	34,81	4,102
6	III	хабајући	0,35	суво	Д	31,74	4,648
7	III	хабајући	0,35	суво	Л	49,78	2,539
8	III	хабајући	0,35	суво	С	36,00	3,613
9	III	хабајући	0,35	суво	Д	39,54	3,215
10	III	хабајући	0,35	суво	Л	39,01	3,571
11	III	хабајући	0,35	суво	С	40,04	3,304
12	III	хабајући	0,35	суво	Д	42,78	3,068
13	III	хабајући	0,35	суво	Л	67,98	2,836
14	III	хабајући	0,35	суво	С	57,25	2,977
15	III	хабајући	0,35	суво	Д	42,42	3,08
16	III	хабајући	0,35	суво	Л	55,69	2,503
17	III	хабајући	0,35	суво	С	42,45	2,821
18	III	хабајући	0,35	суво	Д	48,28	2,672
19	III	хабајући	0,35	суво	Л	51,26	2,639
20	III	хабајући	0,35	суво	С	50,84	2,641
21	III	хабајући	0,35	суво	Д	46,2	2,993
22	III	хабајући	0,35	суво	Л	58,61	2,631
23	III	хабајући	0,35	суво	С	60,44	2,501
24	III	хабајући	0,35	суво	Д	54,24	2,773
25	III	хабајући	0,35	суво	Л	44,18	2,886
26	III	хабајући	0,35	суво	С	49,2	2,61
27	III	хабајући	0,35	суво	Д	44,31	3,158
28	III	хабајући	0,35	суво	Л	64,2	2,344
29	III	хабајући	0,35	суво	С	58,81	2,562
30	III	хабајући	0,35	суво	Д	58,02	2,603
ПРОСЕЧНО:						48,18	2,973



Слика 88: Шумски пут „Пољана – Ловачко имање“ – упоредни тест ZORN ZGF 3.0 GPS и TERRATEST 5000 BT



Слика 89: Шумски пут „Пољана – Ловачко имање“

Табела 68: E_{vd} и s/v на хабајућем слоју шумског пута "Пољана – Ловачко имање" у 2021. години

Мерење	Подлога	Слој	Дебљина слоја	Влажност	Позиција (Л, С, Д)	E_{vd}	s/v
1	V	хабајући	0,35	суво	л	53,19	2,320
2	IV	хабајући	0,35	суво	л	58,75	2,474
3	III	хабајући	0,35	суво	д	67,98	1,822
4	III	хабајући	0,35	суво	с	81,82	2,342
5	III	хабајући	0,35	суво	с	85,88	2,373
6	III	хабајући	0,35	суво	л	119,05	2,368
7	IV	хабајући	0,35	суво	д	88,93	2,217
8	III	хабајући	0,35	суво	д	61,48	2,626
9	III	хабајући	0,35	суво	с	93,75	2,467
10	III	хабајући	0,35	суво	с	72,82	2,628
ПРОСЕЧНО:						78,37	2,360



Слика 90: Мерење E_{vd} на шумском путу "Пољана - Ловачко имање" 2021. год.



Слика 91: Шумски пут "Пољана - Ловачко имање" 2021. год.

3.3.26. Шумски пут „Орашће – Пољанско“

Шумски пут „Орашће – Пољанско“ налази се у општини Богатић, катастарској општини Банов брод. У питању је типичан равничарски атарски пут на меканом земљишту, који отвара обрадиве површине и шуме у приватном власништву. Изградња пута је реализована у 2021. години. Током градње пута вршена су испитивања E_{vd} на постељици, док планирана мерења на носећем и хабајућем слоју коловозне конструкције од природног несепарисаног речног шљунка није извођена због кашњења у динамици извођења радова.



Слика 92: Шумски пут „Орашће – Пољанско“ пред почетак радова

Табела 69: E_{vd} и s/v на постељици шумског пута "Орашће - Пољанско" у 2021. години

Мерење	Подлога	Слој	Дебљина слоја	Влажност	Позиција (Л, С, Д)	E_{vd}	s/v
1	II/III	постељица	-	влажно	л	10,11	4,859
2	II/III	постељица	-	влажно	д	5,34	6,026
3	II/III	постељица	-	влажно	с	20,36	3,524
4	II/III	постељица	-	влажно	л	11,86	4,442
5	II/III	постељица	-	влажно	л	18,94	3,735
6	II/III	постељица	-	влажно	с	10,92	4,992
7	II/III	постељица	-	просушено	д	14,29	4,334
8	II/III	постељица	-	просушено	л	12,48	4,337
9	II/III	постељица	-	влажно	л	10,42	5,289
10	II/III	постељица	-	просушено	л	13,65	4,423
ПРОСЕЧНО:						12,84	4,600

3.3.27. Шумски пут „Гвоздац – Бела река“

Шумски пут „Гвоздац – Бела река“ налази се на планини Гоч, у ГЈ „Гоч-Гвоздац А“, којом газдује Шумарски факултет. Реконструкција овог пута изводи се из више деоница, а предмет истраживања била је деоница од почетка до стационаже 2+000,00, која је реализована током 2021. године. Коловозна конструкција израђена је од каменог агрегата од дубинске магматске стене – **перидотита**, припремљеног у позајмишту са трасе шумског пута.

Мерење E_{vd} на хабајућем слоју коловозне конструкције обављено је септембра 2021. године, на деоници пута која у том периоду била комплетно завршена. Просечна вредност динамичког деформационог модула износила је $53,74 \text{ MN/m}^2$, а параметра s/v 2,850.

Табела 70: E_{vd} и s/v на хабајућем слоју шумског пута "Гвоздац – Бела река" у 2021. години

Мерење	Подлога	Слој	Дебљина слоја	Влажност	Позиција (Л, С, Д)	E_{vd}	s/v
1	IV	хабајући	0,3	суво	л	48,91	2,741
2	IV	хабајући	0,3	суво	л	44,73	3,113
3	IV	хабајући	0,3	просушено	с	33,19	2,899
4	IV	хабајући	0,3	суво	д	57,40	3,200
5	IV	хабајући	0,3	суво	с	63,20	2,500
6	IV	хабајући	0,3	суво	л	75,00	2,650
ПРОСУШЕНО:						53,74	2,850

3.3.28. Шумски пут „Бистрица – Подоштрик“

Шумски пут „Бистрица – Подоштрик“ налази се у општини Прибој, катастарској општини Прибојске челице. Изградња овог пута изводила се из 3 деонице, а мерења динамичког деформационог модула обављена су на завршним слојевима на деоницама 2 и 3, које су изграђене 2021. године. За израду коловозне конструкције коришћена је кречњачка дробина (осулина, сипар) са трасе шумског пута. Просечне вредности E_{vd} износиле су $51,99 \text{ MN/m}^2$, а просечне вредности параметра s/v износиле су 3,250.

Табела 71: E_{vd} и s/v на хабајућем слоју шумског пута "Бистрица - Подоштрик" у 2021. години

Мерење	Подлога	Слој	Дебљина слоја	Влажност	Позиција (Л, С, Д)	E _{vd}	s/v
1	V	хабајући	0,2	суво	л	47,17	2,846
2	V	хабајући	0,2	суво	д	94,14	2,355
3	V	хабајући	0,2	суво	д	56,11	2,378
4	V	хабајући	0,2	суво	л	70,98	2,236
5	V	хабајући	0,2	суво	л	63,92	2,695
6	V	хабајући	0,2	суво	д	51,14	2,762
7	IV	хабајући	0,3	суво	с	46,88	3,217
8	IV	хабајући	0,3	суво	с	58,75	3,021
9	IV	хабајући	0,3	суво	л	10,30	6,605
10	IV	хабајући	0,3	суво	л	17,41	5,417
11	V/VI	хабајући	0,2	суво	л	27,08	3,725
12	V	хабајући	0,2	суво	д	41,21	3,252
13	III	хабајући	0,5	суво	с	72,35	2,812
14	III	хабајући	0,5	суво	с	46,01	2,591
15	III	хабајући	0,5	суво	л	53,44	3,352
16	III	хабајући	0,5	суво	л	75	2,71
ПРОСУШЕНО:						51,99	3,25

3.4. Анализа резултата мерења динамичког модула деформације

Током 2019., 2020. и 2021. године спроведена су опсежна истраживања збијености постељице и различитих слојева коловозне конструкције на шумским путевима. Првобитно планирана истраживања везана за збијеност подтла и насипа, нису реализована због редуковања финансијских средстава потребних за реализацију пројекта. Осим тога, на путевима који су били предмет истраживања, није било потребе за изградњом већих насипа, па самим тим ни потребе за припремом подтла.

Приликом спровођења ових истраживања уочава се да радови на припреми постељице у великом броју случајева нису извођени у складу са описом ове позиције. Радови на постељници подразумевају планирање постељице грејдером и збијање вибро ваљком, како би се добила равномерна површина са одговарајућим попречним нагибом, уједначено сабијена, без колотрага и џепова у којима би се задржавала вода.

Да би се ови технички захтеви остварили, постељицу је потребно припремати у повољним временским условима. У пракси се позиција „планирање и ваљање постељице“ врло често не спроводи уопште, или се спроводи на неадекватан начин. Лоше припремљена постељица резултује релативно ниским вредностима динамичког модула деформације на носећем и хабајућем слоју коловозне конструкције.

На шумским путевима „Пољана – Ловачко имање“ и „Орашће – Пољанско“, ради се о измереним вредностима на меком земљишту, где је квалитетна припрема постељице од изузетне важности за квалитет и трајност шумског пута. На шумским путевима „Кружни пут – Бела река“ и „Топли до – Селиште“, постељица је извођена у земљишту 4. категорије, са значајним присуством меке земље. У табели која следи приказане су вредности динамичком модула деформације на постељници шумског пута.

Табела 72: Резултати мерења E_{vd} на постељници шумских путева

РБ	Назив пута	E_{vd}
1	Кружни пут – Бела река	29,03
2	Топли до – Селиште	27,83
3	Пољана – Ловачко имање	40,20
4	Орашће – Пољанско	12,84
ПРОСЕЧНО:		27,47

Током градње шумских путева врло честа појава је да се прописане дебљине носећег и хабајућег слоја не поштују, као и да се оба слоја израђују од материјала исте гранулације. Ово је посебно изражено тамо где се коловозна конструкција путева израђује од ломљеног каменог агрегата, тј. каменог агрегата припремљеног машинским ископом без накнадног дробљења у дробиличном постројењу. Овакав материјал је веома хетероген по питању крупноће зрна, а врло често се дешава да величина појединих зрна буде и преко 125 mm, што онемогућава квалитетно планирање коловоза. Збијеност носећег слоја коловозне конструкције испитиван је на пет путних праваца, при чему су установљене просечне вредности од 37,79 MN/m².

Табела 73: Вредности E_{vd} на носећем слоју коловозне конструкције

РБ	Назив пута	E_{vd}
1	Ловачки дом – Милојковача	45,50
2	Топли до – Селиште	41,71
3	Бежиште – Три локве	30,76
4	Торовиште – Копривино брдо	30,21
5	Пољана – Ловачко имање	40,75
ПРОСЕЧНО:		37,79

Најопсежнија мерења спроведена су на завршном, хабајућем слоју коловозне конструкције. Мерења су започета 2019. године, а настављена у 2020. и 2021. години. Због неповољне ситуације са вирусом COVID-19 током 2020. године, као и касног уговарања и значајног умањења пројектованог буџета, већина контролних мерења за 2020. годину нису обављена. Нека од ових мерења су поновљена у 2021. години. Неповољна епидемиолошка ситуација утицала је и на динамику радова на реконструкцији и градњи шумских путева у 2020. години, па радови на многим путним правцима нису реализовани на време, па је мерење на тим путевима одложено за 2021. годину.

У табели која следи приказани су резултати мерења E_{vd} на завршном слоју коловозне конструкције на 28 шумских путева:

Табела 74: Вредности E_{vd} на хабајућем слоју коловозне конструкције

РБ	Назив пута	E_{vd}		
		2019	2020	2021
1	Крак фунзар – Јеленов поток	-	-	63,65
2	Пилана – Врба	70,0	-	76,72
3	Врба – Поток Алмари	50,4	-	-
4	Фељешана – Поток Бреза	51,0	-	70,89
5	Беоцић – Бела Грача – Змајевица	53,3	-	-
6	Ваља реа	29,5	-	-
7	Равна река – Огашу скорца	29,2	-	-
8	Ловачки дом – Милојковача	45,5	-	-
9	Кружни пут – Бела река	-	44,50	61,50
10	Плавчево – Штубеј	-	49,07	87,91
11	Рудноглавски крак	-	33,18	
12	Чутурска ливада – Милошевац	-	69,13	59,12
13	Дебело брдо – Маџарија	-	61,99	75,00
14	Везичево – Дрењар	-	49,71	74,03
15	Ђовдин – Дрењар	-	50,26	54,85
16	Биљићи – Доњи Јездиновац	-	-	44,99
17	Новаковићи – Костојевићи	-	-	52,54
18	Девотин – Стамболка – Китке	-	-	40,87
19	Долина Селиште	-	-	60,03
20	Бурмански поток – Ћелавуша	-	38,39	69,99
21	Топли до – Селиште	-	41,71	59,37
22	Црвене клеке – Каменито брдо	-	-	48,35
23	Бежиште – Три локве	-	35,12	68,67
24	Торовиште – Копривино брдо	-	-	63,26
25	Пољана – Ловачко имање	-	48,18	78,37
26	Орашће – Пољанско	-	-	-
27	Гвоздац – Бела река	-	-	53,74
28	Бистрица – Подоштрик	-	-	51,99

3.4.1. Утицаји на величину параметара E_{vd} и s/v по слојевима

Кроз ове статистичке анализе испитана је зависност параметара E_{vd} и s/v на различитим слојевима од категорије терена, врсте материјала, влажности, врсте радова и сл.

Након прикупљених и обрађених података, подаци су анализирани у програму SPSS. Анализирани су параметри E_{vd} и s/v , односно испитани су утицаји различитих фактора на њих.

3.4.1.1 Утицаји на величину параметара E_{vd} и s/v код постељице

За испитивање утицаја категорије терена на параметре E_{vd} и s/v примењен је општи линеарни модел (*General Linear Model (GLM)*). Мултиваријантни тест показује висок ниво статистичке значајности утицаја категорије терена на *Talent Acquisition Specialist*. Сва 4 примењена теста дају p вредност испод нивоа значајности 0,05, што значи да постоје статистички значајне разлике, са поузданошћу од 95%.

Табела 75: Утврђивање утицаја категорије терена на величину параметара E_{vd} и s/v

Tests of Between-Subjects Effects							
Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	E_{vd}	3803,630 ^a	3	1267,877	19,580	,000	,669
	s/v	11,883 ^b	3	3,961	8,900	,000	,479
Intercept	E_{vd}	19593,357	1	19593,357	302,583	,000	,913
	s/v	266,968	1	266,968	599,832	,000	,954
Категорија терена	E_{vd}	3803,630	3	1267,877	19,580	,000	,669
	s/v	11,883	3	3,961	8,900	,000	,479
Error	E_{vd}	1877,858	29	64,754			
	s/v	12,907	29	,445			
Total	E_{vd}	31628,022	33				
	s/v	510,965	33				
Corrected Total	E_{vd}	5681,488	32				
	s/v	24,790	32				
a. R Squared = ,669 (Adjusted R Squared = ,635)							
b. R Squared = ,479 (Adjusted R Squared = ,425)							

Ово се потврђује и тестирањем утицаја на појединачне категорије E_{vd} и s/v ($p < 0,05$) (Табела 75).

Средње вредности по категоријама терена су следеће:

- категорија 2/3: $E_{vd} = 12,837$; $s/v = 4,596$;
- категорија 3: $E_{vd} = 38,434$; $s/v = 2,682$;
- категорија 4: $E_{vd} = 30,407$; $s/v = 2,323$;
- категорија 5: $E_{vd} = 43,085$; $s/v = 2,952$.

Одступање у редоследу вредности 3. и 4. категорије терена се можда може објаснити различитим типом и влажношћу подлоге.

Дакле, утврђено је да постоји тенденција раста E_{vd} и опадања s/v са порастом категорије терена.

3.4.1.2. Утицаји на величину параметара E_{vd} и s/v код носећег слоја

Као и код утврђивања утицаја категорије подлоге на величину параметара E_{vd} и s/v , и овде је примењен општи линеарни модел. Утврђено је да на нивоу значајности од 0,05 сва 4 мултиваријнтна теста показују да нема статистички значајног утицаја типа подлоге, врсте материјала као ни њиховог заједничког утицаја на E_{vd} и s/v , што се потврдило и кроз тестирање утицаја на појединачне категорије E_{vd} и s/v . Добијене p вредности имају високе вредности и то: за категорију терена од 0,201 до 0,567, односно од 0,287 до 0,643 за врсту материјала (Табела 76).

Табела 76: Утврђивање утицаја носећег слоја на величини параметара E_{vd} и s/v

Tests of Between-Subjects Effects							
Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	E_{vd}	811,535 ^a	6	135,256	,956	,468	,131
	s/v	11,116 ^b	6	1,853	,801	,576	,112
Intercept	E_{vd}	15414,831	1	15414,831	108,960	,000	,741
	s/v	136,084	1	136,084	58,804	,000	,607
Kategorija terena	E_{vd}	679,025	3	226,342	1,600	,205	,112
	s/v	5,590	3	1,863	,805	,499	,060
Vrsta materijala	E_{vd}	12,604	2	6,302	,045	,956	,002
	s/v	3,032	2	1,516	,655	,525	,033
Kategorija terena * vrsta materijala	E_{vd}	25,165	1	25,165	,178	,676	,005
	s/v	,015	1	,015	,006	,937	,000
Error	E_{vd}	5375,955	38	141,473			
	s/v	87,940	38	2,314			
Total	E_{vd}	49504,441	45				
	s/v	798,674	45				
Corrected Total	E_{vd}	6187,491	44				
	s/v	99,056	44				
a. R Squared = ,131 (Adjusted R Squared = -,006)							
b. R Squared = ,112 (Adjusted R Squared = -,028)							

3.4.1.3. Утицаји на величину параметара E_{vd} и s/v код свеже изграђеног хабајућег слоја

Код утврђивања утицаја посматраних фактора на величину параметара E_{vd} и s/v код свеже израђеног хабајућег слоја примењен је такође *GLM*, којим је утврђено да нема статистички значајног самосталног утицаја влажности на E_{vd} и s/v . Међутим, применом *Tests of Between-Subjects Effects* утврђено је да на нивоу значајности 0,05 постоји статистички значајан утицај категорије терена ($p=0,009$) и врсте материјала ($p<0,001$). Такође, постоји статистички значајан заједнички утицај категорије терена и врсте материјала ($p\leq 0,003$), као и статистички значајан заједнички утицај влажности и врсте материјала ($p\leq 0,002$) (Табела 77).

Табела 77: Утврђивање утицаја посматраних фактора на величину параметара E_{vd} и s/v свеже изграђеног хабајућег слоја

Tests of Between-Subjects Effects							
Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	E_{vd}	17663,447 ^a	26	679,363	4,000	,000	,380
	s/v	29,494 ^b	26	1,134	4,329	,000	,398
Intercept	E_{vd}	148725,831	1	148725,831	875,583	,000	,837
	s/v	511,326	1	511,326	1951,275	,000	,920
Kategorija terena	E_{vd}	330,531	2	165,266	,973	,380	,011
	s/v	3,107	2	1,553	5,928	,003	,065
Vrsta materijala	E_{vd}	4447,517	10	444,752	2,618	,006	,133
	s/v	9,087	10	,909	3,468	,000	,169
Vlažnost podloge	E_{vd}	837,374	2	418,687	2,465	,088	,028
	s/v	1,048	2	,524	1,999	,139	,023
Kategorija terena * Vrsta materijala	E_{vd}	3176,736	8	397,092	2,338	,021	,099
	s/v	8,900	8	1,113	4,245	,000	,167
Vrsta materijala * Vlažnost podloge	E_{vd}	3810,323	3	1270,108	7,477	,000	,117
	s/v	1,896	3	,632	2,412	,069	,041
Error	E_{vd}	28876,080	170	169,859			
	s/v	44,548	170	,262			
Total	E_{vd}	581029,288	197				
	s/v	1739,791	197				
Corrected Total	E_{vd}	46539,527	196				
	s/v	74,042	196				
a. R Squared = ,380 (Adjusted R Squared = ,285)							
b. R Squared = ,398 (Adjusted R Squared = ,306)							

Што се утицаја категорије терена тиче, статистички је значајна за s/v ($p=0,003$), док за E_{vd} не постоје статистички значајне разлике ($p=0,38$), односно нема тенденције раста или пада под утицајем промене категорије терена.

Утврђено је да су средње вредности по категорија ма терена следеће:

- категорија 3 : $E_{vd} = 48,370$; $s/v = 3,196$;
- категорија 4: $E_{vd} = 53,422$; $s/v = 2,900$;
- категорија 5: $E_{vd} = 51,930$; $s/v = 2,858$.

Из наведених података се може видети да је s/v у опадању са порастом категорије терена.

Утицај врсте материјала је оцењен применом општег линеарног модела (*GLM* и *Tests of Between-Subjects Effects*), а примењен је и *post-hoc test*. Испитивањем утицаја врсте материјала (*post hoc*) Такијевим тестом, утврђено је да се материјали у погледу вредности E_{vd} могу поделити на 3 групе:

- **Ниске вредности** које имају следећи материјали: андезит ($E_{vd} = 36,78$), пирокластит ($E_{vd} = 40,87$);
- **Средње вредности** које имају следећи материјали: кречњак ($E_{vd} = 53,18$), шљунак ($E_{vd} = 54,77$) и перидотит ($E_{vd} = 54,57$);
- **Високе вредности** које имају следеће материјали: пешчар ($E_{vd} = 57,98$) и алувијални нанос ($E_{vd} = 60,03$).

Анализом вредности s/v није утврђена толика деференцираност, као за E_{vd} . У погледу вредности s/v издваја се дијабаз (са веома високом вредношћу) $s/v = 3,82$, док су остали материјали груписани у распону од калшиста $s/v = 2,72$ до шљунка $s/v = 3,12$.

Код пешчара и калшиста вредности E_{vd} су мање у влажном него у сувом и просушеном стању, док су код перидотита ове вредности веће. Вредности s/v имају обрнуте вредности (обрнуто сразмерне вредностима E_{vd}).

3.4.1.4. Утицаји на величину параметара E_{vd} и s/v код раније изграђеног хабајућег слоја

Статистичком анализом података утврђено је да на величину параметара E_{vd} и s/v следећи фактори немају утицаја: врста радова - реконструкција или градња ($p = 0,11$), позиција – колотраг или средина ($p = 0,95$).

Применом GLM мултиваријантног теста утврђено је да категорија терена не утиче након годину дана на E_{vd} и s/v ($p = 0,865$), као и *between subject effect test*, који показује да нема утицаја ни на једну категорију ($E_{vd}: p = 0,545$; $s/v : p = 0,968$).

Применом мултиваријантних тестова утврђено је да су статистички значајни следећи фактори: врста материјала ($p = 0,019$), влажност материјала ($p = 0,016$), као и њихов заједнички утицај ($p = 0,003$).

Према *between subjects effects* тестовима врста материјала ($p = 0,048$) и влажност ($p = 0,021$) статистички значајно утичу на вредност E_{vd} , али не и на s/v . Истим тестом утврђен је заједнички утицај врсте материјала и влажности, који је статистички значајан и код E_{vd} ($p = 0,045$), а посебно код s/v ($p = 0,006$) (Табела 78).

Табела 78: Утврђивање утицаја посматраних фактора на величину параметара E_{vd} и s/v раније изграђеног хабајућег слоја

Tests of Between-Subjects Effects							
Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	E_{vd}	32769,503 ^a	26	1260,365	2,057	,006	,346
	s/v	31,761 ^b	26	1,222	2,380	,001	,380
Intercept	E_{vd}	180868,144	1	180868,144	295,254	,000	,745
	s/v	391,293	1	391,293	762,366	,000	,883
Kategorija terena	E_{vd}	748,889	2	374,444	,611	,545	,012
	s/v	,034	2	,017	,033	,968	,001
Vrsta materijala	E_{vd}	8114,251	6	1352,375	2,208	,048	,116
	s/v	6,609	6	1,102	2,146	,054	,113
Vlažnost podloge	E_{vd}	4900,112	2	2450,056	4,000	,021	,073
	s/v	2,688	2	1,344	2,619	,078	,049
Kategorija terena * Vrsta materijala	E_{vd}	2959,502	6	493,250	,805	,568	,046
	s/v	,903	6	,151	,293	,939	,017
Kategorija terena * Vlažnost podloge	E_{vd}	15,453	1	15,453	,025	,874	,000
	s/v	,191	1	,191	,371	,544	,004
Vrsta materijala * Vlažnost podloge	E_{vd}	5121,607	3	1707,202	2,787	,045	,076
	s/v	6,858	3	2,286	4,454	,006	,117
Kategorija terena * Vrsta materijala * Vlažnost podloge	E_{vd}	57,807	1	57,807	,094	,759	,001
	s/v	,107	1	,107	,209	,649	,002
Error	E_{vd}	61870,980	101	612,584			
	s/v	51,839	101	,513			
Total	E_{vd}	684513,613	128				
	s/v	1084,820	128				
Corrected Total	E_{vd}	94640,483	127				
	s/v	83,601	127				
a. R Squared = ,346 (Adjusted R Squared = ,178)							
b. R Squared = ,380 (Adjusted R Squared = ,220)							

Анализом података, утврђено је да су средње вредности E_{vd} најмање код шљунка (50,842) и андезита (54,179), а највеће код шкриљца (77,067) и дациоандезита (82,987).

Средње вредности s/v су највеће код андезита (3,279) и шљунка (3,275), а најмање код перидотита (2,527) и шкриљца (2,545).

Са порастом влажности долази до пада E_{vd} , односно пораста вредности s/v , изузев код кречњака где је s/v највећи у сувом стању.

3.4.1.5. Корелација Лос Анђелес коефицијента и E_{vd}

Када је у питању веза LA коефицијента и E_{vd} , примењена је корелациона анализа. Као варијабле су узете величине LA коефицијената и E_{vd} хабајућег слоја који је одстојао 1. годину. Утврђено је да Пирсонов коефицијент корелације износи 0,302, што значи да је корелација слаба (Табела 79).

Табела 79: Утврђивање везе између Лос Анђелес коефицијента и E_{vd}

Correlations			
		LA	E_{vd}
LA	Pearson Correlation	1	,302
	Sig. (2-tailed)		,341
	N	12	12
E_{vd}	Pearson Correlation	,302	1
	Sig. (2-tailed)	,341	
	N	12	12

3.4.1.6. Утврђивања промене параметара E_{vd} и s/v током времена

Ради утврђивања промене параметара E_{vd} и s/v током времена, примењен је мешовити линеарни модел (*Linear Mixed Model*).

За фиксне параметре изабрани су:

1. време мерења: 2 нивоа (прво и друго мерење);
2. категорија терена;
3. врста материјала;
4. заједнички утицај времена мерења и категорије терена;
5. заједнички утицај времена мерења и врсте материјала.

Ставке 4. и 5. су посматране да би се донео закључак да ли категорија терена и врста материјала утичу на промену параметара током времена.

Утврђено је да за ставке време мерења (1) постоји статистички значајна разлика између првог и другог мерења, чија је вредност $p < 0,0001$. Овом анализом је утврђено да се вредности E_{vd} након годину дана значајно разликују од претходне (ове вредности су веће него у претходној години мерења).

За ставку 2 и 3 већ је приказан утицај категорије терена и врсте материјала (**Error! Reference source not found.** 77 и Табела 78).

За ставке 4 и 5 - утицај времена мерења и категорије терена на E_{vd} утврђено је да не постоји статистички значајна разлика у промени E_{vd} на различитим категоријама терена ($p = 0,179$), односно да за утицај времена мерења и врсте материјала на E_{vd} не постоји статистички значајна разлика у промени E_{vd} на различитим материјалима ($p = 0,178$) (Табела 63).

Табела 80: Испитивање утицаја времена на промену вредности параметара E_{vd} и s/v

Type III Tests of Fixed Effects ^a				
Source	Numerator df	Denominator df	F	Sig.
Intercept	1	182,000	317,448	,000
Redni broj merenja	1	182	33,687	,000
Kategorija terena	2	182	1,879	,156
Vrsta materijala	5	182	3,133	,010
Redni broj merenja * Kategorija terena	2	182,000	1,736	,179
Redni broj merenja * Vrsta materijala	5	182	1,545	,178
Kategorija terena * Vrsta materijala	6	182,000	1,904	,082

a. Dependent Variable: E_{vd}

4. ДИСКУСИЈА

Трогодишња истраживања кроз пројекте „Дефинисање методологија за утврђивање граничних вредности динамичког модула деформације на шумским путевима“ и „Дефинисање граничних вредности динамичког модула деформације на шумским путевима“, која су финансирана из средстава за одрживи развој и унапређења шумарства, обухватила су лабораторијска испитивања локално доступног каменог агрегата из 22 позајмишта и испитивање динамичког деформационог модула на постељици, носећем и/или хабајућем слоју коловозне конструкције на 28 путних праваца.

Лабораторијским испитивањима каменог агрегата установљено је да се за градњу коловозне конструкције шумских путева користе камени агрегати од стена сва три порекла: од магматских, седиментних и метаморфних стена. Највећи број узорка био је из групе магматских и седиментних стена, по 9, док је од стена метаморфног постанка било 4 узорка:

- Магматске стене: перидотит (4 узорка), андезит (3 узорка) и дијабаз (1 узорак) и дацитоандезит (1 узорак),
- Седиментне стене: пешчар (4 узорка), кречњак (3 узорка) и неvezани алувијум (2 узорка),
- Метаморфне стене: шкриљац (2 узорка), серпентин (1 узорак) и калшист (1 узорак).

Материјале који су од значаја у структурним слојевима коловоза треба бирати на основу физичко-механичких погодности, доступности, економичности и претходно стеченог искуства. Истраживања које су спровели Rodgers et al. (2014) показују да се на шумским путевима у Ирској најчешће користе недробљени гранитни песковити шљунак, затим шкриљци и ломљени кречњак. Као најбољи камени агрегат истиче се шљунак, док употребу шкриљаца препоручују искључиво за носеће слојеве. У претходно спроведеним истраживањима Rodgers et al. (2007) наводе да се особине шкриљаца могу значајно поправити додавањем слоја влажне ризле. Што се тиче начина припреме каменог агрегата, као доминантан камени агрегат на шумским

путевима јесте ломљени камен, односно машински припремљен агрегат од стеновитог материјала, али без дробљења. Оваква врста каменог агрегата употребљена је за израду коловозне конструкције на 20 шумских путева. На пет шумских путева, камени агрегат је након припреме (минирања или машинског ископа) дробљен у дробиличним постројењима, пре уградње у коловозну конструкцију. На три шумска пута коришћен је природни несепарисани речни шљунак за израду коловозне конструкције. Употреба локалног растреситог стеновитог материјала за потребе изградње шумских путева је честа пракса у свету (Fairbrother, 2011; Abdi & Mousavi, 2017, Erber et al. 2021), пре свега због економичности изградње шумских путева.

Када су у питању механичке карактеристике камених агрегата, битно је да се материјали при збијању или после уграђивања у слојеве коловозне конструкције не смеју трошити, дробити или мењати првобитни гранулометријски састав услед ситњења, што се утврђује испитивањем агрегата на трење опитом Лос Анђелес. Према Техничким условима за грађење путева у РС, отпорност агрегата на хабање (Лос Анђелес) не би смела да прелази 35% за мала саобраћајна оптерећења. У публикацији Илустровани технички услови за изградњу и поправку путева (Цветановић и Банић, 2010), отпорност на хабање агрегата у неvezаним носећим слојевима треба да износи највише 40%. Позивајући се на Техничке увијете за господарске цесте (Šikić i dr. 1989) и Правилник о provedби мјере 4 из програма руралног развоја, захтеви у погледу физичко-механичких својстава камених агрегата за шумске путеве у Републици Хрватској су нешто блажи, па дозвољавају отпорност на хабање по методи Лос Анђелес и до 45% (Idejno rešenje..., 2017). Просечна вредност овог параметра за анализиране узорке износила је 39,5%.

Чешки стандарди за шумске путеве (ČSN 73 6108) прописују минималне вредности за збијеност подлоге на којој се врши изградња шумских путева и износи $E_{def,2} \leq 30$ МПа (статички модул деформације). Ове вредности су сличне и у Немачкој, Аустрији, Швајцарској и Словачкој (Zednik et al. 2015). Pičtan (2007) у уџбенику Шумске прометнице такође се ограничава само на збијеност постељице и наводи да је минимално потребни модул стишљивости (M_s) 20 MN/m^2 . Према изведеним корелацијама између M_s и E_{vd} за ситнозрно тло, до којих су дошли Samardaković et al. (2009), ова вредност одговара вредности E_{vd} од око 21 MN/m^2 .

У оквиру овог пројекта извршено је прво мерење на хабајућем слоју коловозне конструкције на 27 шумских путева, док је контролно мерење обављено на 12 путева. Просечне вредности динамичког модула деформације након првог мерења на свих 27 путева кретале су се у интервалу од 29,2 до 70,0 MN/m², а просечно 49,2 MN/m².

Ако посматрамо само путеве на којима је спроведено и прво и контролно мерење, онда се долази до просечног E_{vd} за прво мерење од око 50,75 MN/m². Након контролног мерења истим путевима установљене су просечне вредности од 69,70 MN/m², при чему је на 11 шумских путева дошло до повећања вредности E_{vd} током контролних мерења, и то у распону од 8,4 до чак 48,9%, или у просеку скоро 30%. Смањење вредности E_{vd} током контролног мерења уочена је само на једном шумском путу (Чутурска ливада – Милошевац), где је вредност опала са 69,13 на 59,13 MN/m², односно за око 17%.

Зависност динамичког модула деформације од појединих утицајних параметара утврђена је статистичким анализама. Статистичком анализом утврђено је да код постељице са порастом категорије терена расте E_{vd} , а опада s/v . Код носећег слоја категорија терена и врста материјала немају утицај на E_{vd} и s/v , док код свеже изграђеног хабајућег слоја са порастом категорије терена s/v опада, али категорија терена не утиче на E_{vd} .

Врста материјала има значајан утицај на посматране параметре и то тако да је:

- E_{vd} највећи код алувијалног наноса и пешчара, најмањи код андезита, док кречњак и перидотит имају средње вредности;
- s/v је уједначен код већине материјала, једино је дијабаз са високом вредношћу.

Влажност материјала не утиче самостално, већ у комбинацији са врстом материјала и то на следећи начин: код пешчара и калшиста E_{vd} опада, а код перидотита расте са порастом влаге. За s/v важи обрнут утицај.

Код раније изграђеног хабајућег слоја врста радова (реконструкција или градња) и позиција мерења (средина коловоза или колотрази) не утичу на параметре. Категорија терена нема утицај на параметре након годину дана. Врста материјала

утиче на параметар E_{vd} , али не утиче на s/v . Средње вредности E_{vd} су најмање код шљунка и андезита, а највеће код шкриљца и дациоандезита. Утврђено је да са порастом влажности долази до пада E_{vd} , односно раста s/v , изузев код кречњака где је s/v највећи у сувом стању.

Дакле, ако бисмо направили кратку рекапитулацију ових истраживања и статистичких анализа, могли бисмо да констатујемо следеће:

- Утицај категорије терена:
 - са порастом категорије терена, расте и E_{vd} постељице;
 - са порастом категорије терена опада s/v код постељице и свеже изграђеног хабајућег слоја;
 - категорија терена нема утицај на носећи и раније изграђени хабајући слој.
- Врста материјала:
 - утиче на E_{vd} и код свежег и код одстојалог хабајућег слоја, док на s/v има само мањи утицај док је хабајући слој свеж;
 - као материјали са веома добрим резултатима издвајају се шкриљац и дациоандезит;
 - као материјали са нешто мање добрим резултатима показали су се шљунак и андезит.
- Влажност материјала:
 - повећање влажности углавном доводи до пада E_{vd} и раста s/v , изузев код кречњака, где влажност повољно делује.
- Ток времена утиче на повећање E_{vd} и смањење s/v без обзира на категорију и материјал.
- Утврђено је да Лос Анђелес коефицијент и E_{vd} нису у корелацији.

Када је у питању збијеност коловозне конструкције шумских путева, поједини аутори сматрају да на главним шумским путевима по којима се крећу стандардни камиони за превоз дрвета са бруто тежином возила од 40 тона, она треба да износи $E_{vd} \leq 40 \text{ MN/m}^2$ (Erber et al. 2021).

Иако је метод мерења динамичког модула деформације E_{vd} лаким дефлектометром са падајућим тегом знатно рационалнији метод, бројни прописи и техничка упутства и даље исказују минимално потребну збијеност преко тзв. швајцарског статичког модула, односно модула стишљивости M_s . Многи истраживачи тражили су корелације између различитих модула и долазили до различитих формула за њихово прерачунавање, али због великог броја фактора који могу утицати на резултате мерења различитих модула, ниједан модел се не може сматрати 100% поузданим.

Због тога се у овим истраживањима минимално потребна збијеност ограничава само на динамички модул деформације (E_{vd}), добијен кружном плочом пречника 300 mm са падајућим тегом од 10 kg (тзв. лаки дефлектометар), што се у тренутним околностима може сматрати једном рационалном методом за мерење збијености на шумским путевима.

5. ЗАКЉУЧЦИ И ПРЕПОРУКЕ

На основу спроведених теренских, лабораторијских и статистичких анализа, могу се издвојити неки од закључака, који уједно представљају и препоруке за даље поступање приликом изградње шумских путева:

1. Локално доступни камени агрегати за израду коловозне конструкције шумских путева и даље ће остати један од најчешће коришћених камених агрегата, пре свега због рационалности његове употребе. Са аспекта физичко-механичких особина употреба ове врсте агрегата је оправдана, с тим да се лабораторијско испитивање каменог агрегата препоручује у ситуацијама када постоји сумња у његов квалитет.
2. За израду коловозне конструкције шумског пута може се употребљавати камени агрегат од стена магматског, метаморфног и седиментног постанка, под условом да испуњавају минимално потребне физичко-механичке особине.
3. Као један од најзначајнијих показатеља квалитета каменог агрегата је његова отпорност на дробљење и хабање, која се испитује методом Лос Анђелес. За употребу каменог агрегата за коловозне конструкције шумских путева, отпорност на хабање каменог агрегата мора бити испод 40%.
4. Испитивање динамичког модула деформације на шумским путевима, у фазама припреме постељице и израде коловозне конструкције, може значајно да допринесе квалитету и трајности шумских путева.
5. Минимално захтеване вредности динамичког модула деформације (E_{vd}) у тренутку пријема изведених радова морају бити:
 - a. на насипу шумског пута 15 MN/m^2 ,
 - b. на постељици шумског пута 20 MN/m^2 ,
 - c. на носећем слоју коловозне конструкције 30 MN/m^2 , и
 - d. на хабајућем слоју коловозне конструкције 40 MN/m^2 .

6. У тренутку мерења динамичког модула деформације, наведене минималне вредности могу бити и мање за 20% на највише 10% мерења.
7. Учесталост мерења динамичког модула деформације током градње шумских путева или пријема изведених радова треба да буде на сваких 100 m или 4.000 m².

ЛИТЕРАТУРА

1. Abdi E., Mousavi, F. 2017. Evaluation of mechanical properties and strength of River and Mine aggregate for Pavement and maintenance of Forest Roads (Case Study: Kheyrood Forest). Iranian Journal of Forest. Vol. 9, No. 1. pp. 15-27
2. Цветановић, А., Банић, Б. 2010. Илустровани технички услови за изградњу и поправку путева. Академска мисао, стр. 1-290
3. Fairbrother, S. (2011). Estimating forest road aggregate strength by measuring fundamental aggregate properties. In Proceeding: Engineering the forest value chain COFE 2011. Quebec, Canada
4. Edwards, R.M. (edt) 2011. Colorado Forest Road Field Handbook. Colorado State Forest Service
5. Erber, G., Kroisleitner, H., Huber. C., Varch, T., Stampfer, K. (2021): Periodical Maintenance of Forest Roads with a Mobile Stone Crusher. Croat. j. for. eng. 42(2021)1: 1-12
6. González, A. , Chamorro, A., Barrios, I., Osorio, A. 2018. Characterization of unbound and stabilized granular materials using field strains in low volume roads. Construction and Building Materials. Vol.176: 333-343
7. Zednik, P., Matula, R., Pospisil, K. 2015. Parameters for Evaluating Bearing Capacity of Subgrade and Base Forest Road Layers. Pol. J. Environ. Stud. Vol. 24(2): 809-815
8. Idejno rešenje (2017). Idejno rešenje izgradnje primarne šumske prometne infrastrukture „Lipje – Blažur“. OIKON 2017
9. Јокановић, И., Зељић, Д., Грујић, Ж., Грујић, Б. 2015. Подобност природних стенских материјала у Босни и Херцеговини за грађење коловозних конструкција. Зборник радова Грађевинског факултета 28: 91-100
10. Tophinke, N. (edt). Technical Test Code for Soil and Rock Mechanics in Road Construction - Dinamic Plate-Load Testing with the Aid of the Light Drop-Weight Tester. Road and Transport Research Association, Working Group for Foundation and Soils Engineering

11. Kamal, M.A., Arshid, M.U., Sha, M.I., Khan, E.A. 2018. Relation-Ship between Dynamic Deformation Modulus (Evd) and CBR for Common and Granular Materials. Technical Journal, University of Engineering and Technology (UET) Taxila, Pakistan, Vol. 23 No. 1-2018: 9-14
12. Rodgers, M., Kielty, A., Healy, M.G. 2014. Performance of Granitic, Shale, and Limestone Forest Road Aggregates Subjected to Repeated Loading. Journal of Transportation Engineering. Vol. 140(4)
13. Rodgers, M., Hayes, G., Healy, M.G. 2007. Cyclic loading tests on sandstone and limestone shale aggregates used in unbound forest roads. Construction and Building Materials. Volume 23(6):2421-2427
14. Mikolainis, M., Ustinovičius, M., Sližyte, D., Zhilkina, T. 2016. Analysis of static and dynamic deformation modulus. ENGINEERING STRUCTURES AND TECHNOLOGIES 2016 8(2): 79–84
15. Samardaković, S., Šulović, G., Samardaković, M. 2009. Međusobne korelacije modula deformacije E_{vd}-E_{v1}-M_s merenih opitima kružnom pločom. Zbornik radova III naučno-stručnog savetovanja „Geotehnički aspekti građevinarstva“, Savez građevinskih inženjera Srbije i dr., Zlatibor, str.97-102.
16. Barounis, N., Smith, T. 2017. Characterisation of in situ soils based on the resilient soil modulus obtained using Light Weight Deflectometer (LWD). Proc. 20th NZGS Geotechnical Symposium. Eds. GJ Alexander & CY Chin, Napier
17. Tehnički uslovi za građenje puteva u Republici Srbiji 2012. JP „Putevi Srbije“
18. Priručnik za građenje puteva u Republici Srbiji 2012. JP „Putevi Srbije“
19. Uputstvo za upotrebu za dinamičku ploču sa padajućim tegom ZFG 3.0.
20. ČSN 73 6108 - Lesní dopravní síť (Šumska transportna mreža)