

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN OBNOVLJIVE
GOZDNE VIRE

Jurij MARENČE

**SPREMINJANJE TEHNIČNIH PARAMETROV
TRAKTORJA PRI VLAČENJU LESA – KRITERIJ PRI
IZBIRI DELOVNEGA SREDSTVA**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Ljubljana, 2005

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Jurij MARENČE

**SPREMINJANJE TEHNIČNIH PARAMETROV TRAKTORJA PRI
VLAČENJU LESA – KRITERIJ PRI IZBIRI DELOVNEGA
SREDSTVA**

DOKTORSKA DISERTACIJA

**CHANGES IN TECHNICAL PARAMETERS OF TRACTORS IN
TIMBER SKIDDING – A CRITERION FOR SELECTING WORK
EQUIPMENT**

DISSERTATION THESIS

Ljubljana, 2005

Doktorska disertacija je bila izdelana na Oddelku za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Senat Biotehniške fakultete in Senat Univerze v Ljubljani sta 26. 6. 2001 za mentorja doktorske disertacije imenovala izr. prof. dr. Boštjana Koširja z Biotehniške fakultete – Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik komisije: prof. dr. Igor Potočnik
 Biotehniška fakulteta
 Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire

Član komisije: prof. dr. Boštjan Košir
 Biotehniška fakulteta
 Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire

Član komisije: prof. dr. Dubravko Horvat
 Sveučilište u Zagrebu
 Šumarski fakultet

Datum zagovora:

Doktorska disertacija je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Jurij Marenče

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dd
DK	GDK 375.4 + 301(043.3)
KG	meritve/tehnični parametri/vlačenje lesa/traktorji/izbira traktorja
AV	MARENČE, Jurij, univ. dipl. inž. gozd., mag. znanosti
SA	KOŠIR, Boštjan (mentor)
KZ	SI - 1000 Ljubljana, Večna pot 83
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire
LI	2005
IN	SPREMINJANJE TEHNIČNIH PARAMETROV TRAKTORJA PRI VLAČENJU LESA – KRITERIJ PRI IZBIRI DELOVNEGA SREDSTVA
TD	doktorska disertacija
OP	XVI, 271 str., 71 pregl., 117 sl., 62 virov.
IJ	sl
JI	sl/an
AI	V nalogi sta predstavljeni metodologija in oblikovana merilna veriga za merjenje tehničnih parametrov traktorjev pri vlačanju lesa. Na kolesih traktorja so izmerjeni navori, obremenitev koles z maso, prevožena pot, na vrvi pa potrebna vlečna sila. Pri tem ugotavljamo, kako vplivajo nanje različni dejavniki, ki so zajeti v raziskavo. Ti dejavniki so velikost in orientacija bremena, vzdolžni naklon vlake in smer vlačanja. Posebna pozornost je namenjena vlačanju navzgor, saj tedaj lahko presojamo zmožnost posameznih traktorjev pri delu v različnih terenskih razmerah. Z izbiro traktorjev je v raziskavi omogočena analiza vlačanja ob bistveno različnih dejavnikih, ki vplivajo na velikost tehničnih parametrov. Analiza izmerjenih tehničnih parametrov kaže na zmogljivost posameznega stroja. Na podlagi teh vrednosti in poznavanja konkretnih spravičnih razmer lahko presojamo in izbiramo tista delovna sredstva, ki lahko izpolnijo naše zahteve in pričakovanja.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND Dd

DC FDC 375.4 + 301(043.3)

CX measurement/technical parameters/skidding/tractors/tractor selection

AU MARENČE, Jurij, University Graduate Engineer in Forestry, Master of Science

AA KOŠIR, Boštjan (supervisor)

PP SI - 1000 Ljubljana, Večna pot 83

PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Forestry and Renewable Forestry Resources

PY 2005

TI CHANGES IN TECHNICAL PARAMETERS OF TRACTORS IN TIMBER SKIDDING – A CRITERION FOR SELECTING WORK EQUIPMENT

DT Doctoral Dissertation

NO XVI, 271 p., 71 tab., 117 pic., 62 ref.

LA sl

AL sl/an

AB The dissertation presents the methodology and the measurement chain for measuring technical parameters of tractors in timber skidding. Tractor wheels are measured for torque, weight load, distance travelled, and the required tractive force to be exerted upon the tow-rope. The research has shown that these parameters are affected by a variety of studied factors, namely the size and orientation of load, skid trail gradient and direction of skidding. Special emphasis has been placed on uphill skidding as it provides possibility to assess the capacity of tractors in diverse terrain conditions. To provide the basis for tractor selection, a skidding analysis was performed which focused on various factors affecting the above mentioned technical parameters. The analysis results clearly indicate the capacity of a tractor. It is on the basis of the values obtained and general knowledge of skidding conditions that a decision can be made as to what equipment should be used to meet the requirements and expectations.

KAZALO VSEBINE

	str.
Ključna dokumentacijska informacija (KDI) z izvlečkom	III
Key words documentation (KWD)	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	X
Kazalo slik	XIII
1 UVOD.....	1
2 OPREDELITEV PROBLEMA.....	2
3 DOSEDANJE RAZISKAVE	3
4 CILJI RAZISKOVANJA	8
5 DELOVNE HIPOTEZE	9
6 METODE RAZISKOVANJA.....	10
6.1 SPLOŠNO.....	10
6.2 OBLIKOVANJE IN PRIPRAVA MERILNE VERIGE	13
6.2.1 Osnove.....	13
6.2.2 Dinamometer (vmesnik)	14
6.2.3 Rotacijski optični dajalnik	20
6.2.4 Drsni odjemnik toka.....	21
6.2.5 Ojačevalnik in analogno-digitalni pretvornik signala.....	23
6.2.6 Kalibracija za navor in maso	24
6.2.7 Povezava merilne verige	25
6.2.8 Merjenje časov, videosnemanje	27
6.3 IZBIRA SPRAVILNEGA SREDSTVA	28
6.4 IZBIRA VLAK V RAZISKAVI.....	33
6.5 IZBRANA BREMENA V POSAMEZNIH CIKLUSIH	38
6.6 VLAŽNOST TAL.....	41

6.7 TEHNIČNI PARAMETRI V RAZISKAVI	44
6.7.1 Splošno	44
6.7.2 Porazdelitev mase na kolesih traktorja – obremenitev posamezne osi	44
6.7.3 Navor na kolesih.....	46
6.7.4 Vlečna sila.....	47
6.7.5 Zdrs koles.....	49
6.8 UPORI PRI VLAČENJU IN IZKORISTEK KOLES	53
6.8.1 Učinek kotalnega upora.....	53
6.8.2 Izkoristek kolesa.....	54
6.8.3 Koeficient vlačjenja	55
7 REZULTATI MERITEV	56
7.1 TRAKTOR WOODY 110	56
7.1.1 Ciklus W, prazen, gor	56
7.1.2 Ciklus W, prazen, dol	59
7.1.3 Ciklus W, 2 m ³ , DG	61
7.1.4 Ciklus W, 2 m ³ , TG.....	63
7.1.5 Ciklus W, 2 m ³ , DD.....	65
7.1.6 Ciklus W, 2 m ³ , TD	68
7.1.7 Ciklus W, 3 m ³ , DG	70
7.1.8 Ciklus W, 3 m ³ , TG.....	72
7.1.9 Ciklus W, 3 m ³ , DD.....	74
7.1.10 Ciklus W, 3 m ³ , TD	77
7.1.11 Ciklus W, 4 m ³ , DG	80
7.1.12 Ciklus W, 4 m ³ , TG.....	82
7.1.13 Ciklus W, 4 m ³ , DD.....	85
7.1.14 Ciklus W, 4 m ³ , TD	87
7.1.15 Ciklus W, 5 m ³ , DG	89
7.1.16 Ciklus W, 5 m ³ , TG.....	92
7.1.17 Ciklus W, 5 m ³ , DD.....	94
7.1.18 Ciklus W, 5 m ³ , TD	96
7.1.19 Ciklus W, 6 m ³ , DG	98

7.1.20 Ciklus W, 6 m ³ , TG.....	101
7.1.21 Ciklus W, 6 m ³ , DD.....	104
7.1.22 Ciklus W, 6 m ³ , TD.....	106
7.2 AGT 835 T S HIDROSTATIČNO TRANSMISIJO	108
7.2.1 Ciklus AGT H, prazen, gor	108
7.2.2 Ciklus AGT H, prazen, dol.....	110
7.2.3 Ciklus AGT H, 0,25 m ³ , DG.....	112
7.2.4 Ciklus AGT H, 0,25 m ³ , TG.....	114
7.2.5 Ciklus AGT H, 0,25 m ³ , DD	116
7.2.6 Ciklus AGT H, 0,25 m ³ , TD.....	118
7.2.7 Ciklus AGT H, 0,50 m ³ , DG	120
7.2.8 Ciklus AGT H, 0,50 m ³ , TG.....	122
7.2.9 Ciklus AGT H, 0,50 m ³ , DD	124
7.2.10 Ciklus AGT H, 0,50 m ³ , TD.....	126
7.2.11 Ciklus AGT H, 0,75 m ³ , DG	128
7.2.12 Ciklus AGT H, 0,75 m ³ , TG.....	130
7.2.13 Ciklus AGT H, 0,75 m ³ , DD	132
7.2.14 Ciklus AGT H, 0,75 m ³ , TD.....	134
7.2.15 Ciklus AGT H, 1,00 m ³ , DG	136
7.2.16 Ciklus AGT H, 1,00 m ³ , TG.....	138
7.2.17 Ciklus AGT H, 1,00 m ³ , DD	140
7.2.18 Ciklus AGT H, 1,00 m ³ , TD.....	142
7.3 AGT 835 T Z MEHANSKO TRANSMISIJO.....	144
7.3.1 Ciklus AGT M, prazen, gor	144
7.3.2 Ciklus AGT M, prazen, dol	146
7.3.3 Ciklus AGT M, 0,25 m ³ , DG.....	148
7.3.4 Ciklus AGT M, 0,25 m ³ , TG.....	150
7.3.5 Ciklus AGT M, 0,25 m ³ , DD.....	152
7.3.6 Ciklus AGT M, 0,25 m ³ , TD	154
7.3.7 Ciklus AGT M, 0,50 m ³ , DG.....	156
7.3.8 Ciklus AGT M, 0,50 m ³ , TG.....	158
7.3.9 Ciklus AGT M, 0,50 m ³ , DD.....	160

7.3.10 Ciklus AGT M, 0,50 m ³ , TD	162
7.3.11 Ciklus AGT M, 0,75 m ³ , DG.....	164
7.3.12 Ciklus AGT M, 0,75 m ³ , TG	166
7.3.13 Ciklus AGT M, 0,75 m ³ , DD.....	168
7.3.14 Ciklus AGT M, 0,75 m ³ , TD	170
7.3.15 Ciklus AGT M, 1,00 m ³ , DG.....	172
7.3.16 Ciklus AGT M, 1,00 m ³ , TG	175
7.3.17 Ciklus AGT M, 1,00 m ³ , DD.....	178
7.3.18 Ciklus AGT M, 1,00 m ³ , TD	180
7.4 VLAŽNOST TAL.....	182
8 RAZPRAVA IN SINTEZA RAZISKAVE	184
8.1 PORAZDELITEV MASE NA TRAKTORJU	184
8.1.1 Porazdelitev mase pri traktorju Woody 110.....	184
8.1.2 Porazdelitev mase na traktorju AGT 835 T	186
8.2 NAVORI NA KOLESIH	189
8.2.1 Navori pri traktorju Woody 110.....	189
8.2.2 Navori pri traktorju AGT 835 T	194
8.2.2.1 Traktor AGT 835 T (hidrostatična izvedba).....	194
8.2.2.2 AGT 835 T (mehanska izvedba).....	198
8.3 VELIKOST ZDRSA.....	201
8.3.1 Zdrs pri traktorju Woody 110	201
8.3.2 Zdrs pri AGT 835 T (hidrostatična izvedba).....	205
8.3.3 Zdrs pri AGT 835 T (mehanska izvedba)	209
8.4 VLEČNE SILE NA TRAKTORJU	213
8.4.1 Vlečna sila na traktorju Woody 110.....	213
8.4.2 Vlečna sila na AGT 835 T (hidrostatična izvedba)	216
8.4.3 Vlečna sila na AGT 835 T (mehanska izvedba)	219
8.5 UČINEK KOTALNEGA UPORA	222
8.6 IZKORISTEK KOLESA.....	228
8.7 KOEFICIENT VLAČENJA	234
9 IZBIRA TRAKTORJEV	239

9.1 SPLOŠNO	239
9.2 MOGOČI KRITERIJI OB IZBIRI	240
9.2.1 Skupna vlečna sila	240
9.2.2 Horizontalna komponenta vlečne sile	241
9.2.3 Vzдолžni naklon vlake, breme in njegova orientacija	242
9.2.4 Hidrostatična ali mehanska izvedba?	244
10 POVZETEK	246
11 SUMMARY	255
12 ZAHVALA	264
13 LITERATURA IN VIRI	265

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Združeni odseki na vlaki v Leskovi dolini	36
Preglednica 2: Združeni odseki na vlaki v Jablah	36
Preglednica 3: Bremana pri traktorju Woody 110	39
Preglednica 4: Bremana pri traktorju AGT 835 T (hidrostatična izvedba)	40
Preglednica 5: Bremana pri AGT 835 T (mehanska izvedba)	40
Preglednica 6: Tehnični parametri Woody 110, prazen, gor	58
Preglednica 7: Tehnični parametri Woody 110, prazen, dol	60
Preglednica 8: Tehnični parametri Woody 110, 2 m ³ , debelejši, gor	62
Preglednica 9: Tehnični parametri Woody 110, 2 m ³ , tanjši, gor	64
Preglednica 10: Tehnični parametri Woody 110, 2 m ³ , debelejši, dol	67
Preglednica 11: Tehnični parametri Woody 110, 2 m ³ , tanjši, dol	69
Preglednica 12: Tehnični parametri Woody 110, 3 m ³ , debelejši, gor	71
Preglednica 13: Tehnični parametri Woody 110, 3 m ³ , tanjši, gor	73
Preglednica 14: Tehnični parametri Woody 110, 3 m ³ , debelejši, dol	76
Preglednica 15: Tehnični parametri Woody 110, 3 m ³ , tanjši, dol	79
Preglednica 16: Tehnični parametri Woody 110, 4 m ³ , debelejši, gor	81
Preglednica 17: Tehnični parametri Woody 110, 4 m ³ , tanjši, gor	84
Preglednica 18: Tehnični parametri Woody 110, 4 m ³ , debelejši, dol	86
Preglednica 19: Tehnični parametri Woody 110, 4 m ³ , tanjši, dol	88
Preglednica 20: Tehnični parametri Woody 110, 5 m ³ , debelejši, gor	91
Preglednica 21: Tehnični parametri Woody 110, 5 m ³ , tanjši, gor	93
Preglednica 22: Tehnični parametri Woody 110, 5 m ³ , debelejši, dol	95
Preglednica 23: Tehnični parametri Woody 110, 5 m ³ , tanjši, dol	97
Preglednica 24: Tehnični parametri Woody 110, 6 m ³ , debelejši, gor	100
Preglednica 25: Tehnični parametri Woody 110, 6 m ³ , tanjši, gor	103
Preglednica 26: Tehnični parametri Woody 110, 6 m ³ , debelejši, dol	105
Preglednica 27: Tehnični parametri Woody 110, 6 m ³ , tanjši, dol	107
Preglednica 28: Tehnični parametri AGT H, prazen, gor	109
Preglednica 29: Tehnični parametri AGT H, prazen, dol	111
Preglednica 30: Tehnični parametri AGT H, 0,25 m ³ , debelejši, gor	113

Preglednica 31: Tehnični parametri AGT H, 0,25 m ³ , tanjši, gor	115
Preglednica 32: Tehnični parametri AGT H, 0,25 m ³ , debelejši, dol	117
Preglednica 33: Tehnični parametri AGT H, 0,25 m ³ , tanjši, dol	119
Preglednica 34: Tehnični parametri AGT H, 0,50 m ³ , debelejši, gor	121
Preglednica 35: Tehnični parametri AGT H, 0,50 m ³ , tanjši, gor	123
Preglednica 36: Tehnični parametri AGT H, 0,50 m ³ , debelejši, dol	125
Preglednica 37: Tehnični parametri AGT H, 0,50 m ³ , tanjši, dol	127
Preglednica 38: Tehnični parametri AGT H, 0,75 m ³ , debelejši, gor	129
Preglednica 39: Tehnični parametri AGT H, 0,75 m ³ , tanjši, gor	131
Preglednica 40: Tehnični parametri AGT H, 0,75 m ³ , debelejši, dol	133
Preglednica 41: Tehnični parametri AGT H, 0,75 m ³ , tanjši, dol	135
Preglednica 42: Tehnični parametri AGT H, 1,00 m ³ , debelejši, gor	137
Preglednica 43: Tehnični parametri AGT H, 1,00 m ³ , tanjši, gor	139
Preglednica 44: Tehnični parametri AGT H, 1,00 m ³ , debelejši, dol	141
Preglednica 45: Tehnični parametri AGT H, 1,00 m ³ , tanjši, dol	143
Preglednica 46: Tehnični parametri AGT M, prazen, gor	145
Preglednica 47: Tehnični parametri AGT M, prazen, dol	147
Preglednica 48: Tehnični parametri AGT M, 0,25 m ³ , debelejši, gor	149
Preglednica 49: Tehnični parametri AGT M, 0,25 m ³ , tanjši, gor	151
Preglednica 50: Tehnični parametri AGT M, 0,25 m ³ , debelejši, dol	153
Preglednica 51: Tehnični parametri AGT M, 0,25 m ³ , tanjši, dol	155
Preglednica 52: Tehnični parametri AGT M, 0,50 m ³ , debelejši, gor	157
Preglednica 53: Tehnični parametri AGT M, 0,50 m ³ , tanjši, gor	159
Preglednica 54: Tehnični parametri AGT M, 0,50 m ³ , debelejši, dol	161
Preglednica 55: Tehnični parametri AGT M, 0,50 m ³ , tanjši, dol	163
Preglednica 56: Tehnični parametri AGT M, 0,75 m ³ , debelejši, gor	165
Preglednica 57: Tehnični parametri AGT M, 0,75 m ³ , tanjši, gor	167
Preglednica 58: Tehnični parametri AGT M, 0,75 m ³ , debelejši, dol	169
Preglednica 59: Tehnični parametri AGT M, 0,75 m ³ , tanjši, dol	171
Preglednica 60: Tehnični parametri AGT M, 1,00 m ³ , debelejši, gor	174
Preglednica 61: Tehnični parametri AGT M, 1,00 m ³ , tanjši, gor	177
Preglednica 62: Tehnični parametri AGT M, 1,00 m ³ , debelejši, dol	179

Preglednica 63: Tehnični parametri AGT M, 1,00 m ³ , tanjši, dol	181
Preglednica 64: Masni odstotek momentalne vlažnosti (Woody 110)	182
Preglednica 65: Masni odstotek momentalne vlažnosti (AGT 835 T)	182
Preglednica 66: Učinek kotalnega upora η_f pri traktorju Woody 110	224
Preglednica 67: Učinek kotalnega upora η_f pri traktorju AGT 835 T (hidrostatični)	226
Preglednica 68: Učinek kotalnega upora η_f pri traktorju AGT 835 T (mehanski)	227
Preglednica 69: Izkoristek kolesa η_k pri traktorju Woody 110	229
Preglednica 70: Izkoristek kolesa η_k pri traktorju AGT 835 T (hidrostatični)	232
Preglednica 71: Izkoristek kolesa η_k pri traktorju AGT 835 T (mehanski)	233

KAZALO SLIK

Slika 1: Namestitev prenosnega računalnika na traktorju Woody 110.....	12
Slika 2: Vstavljeni dinamometer	14
Slika 3: Preparirana dinamometra pred poskusom.....	15
Slika 4: Shema merilnega lističa.....	16
Slika 5: Nalepljeni merilni lističi na podlagi dinamometra	18
Slika 6: Wheatstonov most.....	19
Slika 7: Rotacijski optični dajalnik.....	20
Slika 8: Peto kolo na traktorju Woody 110.....	21
Slika 9: Drsni odjemnik toka (mirujoči del – levo, vrteči del – desno)	22
Slika 10: Inštrumenti na osi traktorja Woody 110	23
Slika 11: Ojačevalnik in analogno-digitalni pretvornik (Spider 8).....	24
Slika 12: Kalibracija navora (levo) in mase na kolo (desno)	25
Slika 13: Zaboje z računalnikom, ojačevalnikom in digitalizatorjem	26
Slika 14: Traktor AGT 835 T z merilno opremo	26
Slika 15: Zgibnik Woody 110.....	30
Slika 16: Prilagojeni traktor AGT 835 T (hidrostatična izvedba)	31
Slika 17: Vlaka v poskusu (Woody 110).....	33
Slika 18: Vlaka v poskusu (AGT 835 T).....	34
Slika 19: Oznaka med dvema odsekoma na vlaki (Jable)	35
Slika 20: Tehtanje bremen po končanih meritvah.....	39
Slika 21: Jemanje talnih vzorcev na vlaki v Leskovi dolini	41
Slika 22: Jemanje talnih vzorcev na vlaki v Jablah.....	42
Slika 23: Merjenje vlečnih sil pri traktorju Woody 110	48
Slika 24: Merjenje vlečnih sil pri traktorju AGT 835 T	48
Slika 25: Traktor Woody 110 z verigami na pogonskih kolesih	51
Slika 26: Traktor AGT 835 T z verigami na pogonskih kolesih	52
Slika 27: Tehnični parametri Woody 110, prazen, gor.....	58
Slika 28: Tehnični parametri Woody 110, prazen, dol	60
Slika 29: Tehnični parametri Woody 110, 2 m ³ , debelejši, gor	62
Slika 30: Tehnični parametri Woody 110, 2 m ³ , tanjši, gor	64

Slika 31: Tehnični parametri Woody 110, 2 m ³ , debelejši, dol.....	67
Slika 32: Tehnični parametri Woody 110, 2 m ³ , tanjši, dol.....	69
Slika 33: Tehnični parametri Woody 110, 3 m ³ , debelejši, gor	71
Slika 34: Tehnični parametri Woody 110, 3 m ³ , tanjši, gor	73
Slika 35: Tehnični parametri Woody 110, 3 m ³ , debelejši, dol.....	76
Slika 36: Tehnični parametri Woody 110, 3 m ³ , tanjši, dol.....	79
Slika 37: Tehnični parametri Woody 110, 4 m ³ , debelejši, gor	81
Slika 38: Tehnični parametri Woody 110, 4 m ³ , tanjši, gor	84
Slika 39: Tehnični parametri Woody 110, 4 m ³ , debelejši, dol.....	86
Slika 40: Tehnični parametri Woody 110, 4 m ³ , tanjši, dol.....	88
Slika 41: Tehnični parametri Woody 110, 5 m ³ , debelejši, gor	91
Slika 42: Tehnični parametri Woody 110, 5 m ³ , tanjši, gor	93
Slika 43: Tehnični parametri Woody 110, 5 m ³ , debelejši, dol.....	95
Slika 44: Tehnični parametri Woody 110, 5 m ³ , tanjši, dol.....	97
Slika 45: Tehnični parametri Woody 110, 6 m ³ , debelejši, gor	100
Slika 46: Tehnični parametri Woody 110, 6 m ³ , tanjši, gor	103
Slika 47: Tehnični parametri Woody 110, 6 m ³ , debelejši, dol.....	105
Slika 48: Tehnični parametri Woody 110, 6 m ³ , tanjši, dol.....	107
Slika 49: Tehnični parametri AGT H, prazen, gor	109
Slika 50: Tehnični parametri AGT H, prazen, dol	111
Slika 51: Tehnični parametri AGT H, 0,25 m ³ , debelejši, gor.....	113
Slika 52: Tehnični parametri AGT H, 0,25 m ³ , tanjši, gor	115
Slika 53: Tehnični parametri AGT H, 0,25 m ³ , debelejši, dol	117
Slika 54: Tehnični parametri AGT H, 0,25 m ³ , tanjši, dol.....	119
Slika 55: Tehnični parametri AGT H, 0,50 m ³ , debelejši, gor.....	121
Slika 56: Tehnični parametri AGT H, 0,50 m ³ , tanjši, gor	123
Slika 57: Tehnični parametri AGT H, 0,50 m ³ , debelejši, dol	125
Slika 58: Tehnični parametri AGT H, 0,50 m ³ , tanjši, dol.....	127
Slika 59: Tehnični parametri AGT H, 0,75 m ³ , debelejši, gor.....	129
Slika 60: Tehnični parametri AGT H, 0,75 m ³ , tanjši, gor	131
Slika 61: Tehnični parametri AGT H, 0,75 m ³ , debelejši, dol	133
Slika 62: Tehnični parametri AGT H, 0,75 m ³ , tanjši, dol.....	135

Slika 63: Tehnični parametri AGT H, 1,00 m ³ , debelejši, gor.....	137
Slika 64: Tehnični parametri AGT H, 1,00 m ³ , tanjši, gor	139
Slika 65: Tehnični parametri AGT H, 1,00 m ³ , debelejši, dol	141
Slika 66: Tehnični parametri AGT H, 1,00 m ³ , tanjši, dol.....	143
Slika 67: Tehnični parametri AGT M, prazen, gor.....	145
Slika 68: Tehnični parametri AGT M, prazen, dol	147
Slika 69: Tehnični parametri AGT M, 0,25 m ³ , debelejši, gor	149
Slika 70: Tehnični parametri AGT M, 0,25 m ³ , tanjši, gor	151
Slika 71: Tehnični parametri AGT M, 0,25 m ³ , debelejši, dol.....	153
Slika 72: Tehnični parametri AGT M, 0,25 m ³ , tanjši, dol	155
Slika 73: Tehnični parametri AGT M, 0,50 m ³ , debelejši, gor	157
Slika 74: Tehnični parametri AGT M, 0,50 m ³ , tanjši, gor	159
Slika 75: Tehnični parametri AGT M, 0,50 m ³ , debelejši, dol.....	161
Slika 76: Tehnični parametri AGT M, 0,50 m ³ , tanjši, dol	163
Slika 77: Tehnični parametri AGT M, 0,75 m ³ , debelejši, gor	165
Slika 78: Tehnični parametri AGT M, 0,75 m ³ , tanjši, gor	167
Slika 79: Tehnični parametri AGT M, 0,75 m ³ , debelejši, dol.....	169
Slika 80: Tehnični parametri AGT M, 0,75 m ³ , tanjši, dol	171
Slika 81: Tehnični parametri AGT M, 1,00 m ³ , debelejši, gor	174
Slika 82: Tehnični parametri AGT M, 1,00 m ³ , tanjši, gor	177
Slika 83: Tehnični parametri AGT M, 1,00 m ³ , debelejši, dol.....	179
Slika 84: Tehnični parametri AGT M, 1,00 m ³ , tanjši, dol	181
Slika 85: Tehtanje prednjega dela traktorja AGT 835 T.....	187
Slika 86: Traktor Woody 110 – vrednosti navora pri vlačanju navzgor	191
Slika 87: Traktor Woody 110 – vrednosti navora pri vlačanju navzdol	193
Slika 88: Traktor AGT 835 T (hidrostatični) – vrednosti navora pri vlačenju navzgor.....	195
Slika 89: Traktor AGT 835 T (hidrostatični) – vrednosti navora pri vlačenju navzdol	197
Slika 90: Traktor AGT 835 T (mehanski) – vrednosti navora pri vlačenju navzgor.....	199

Slika 91: Traktor AGT 835 T (mehanski) – vrednosti navora pri vlačanju navzdol	200
Slika 92: Traktor Woody 110 – zdrs koles pri vlačanju navzgor	202
Slika 93: Traktor Woody 110 – zdrs koles pri vlačanju navzdol	204
Slika 94: Traktor AGT 835 T (hidrostatični) – zdrs koles pri vlačanju navzgor	207
Slika 95: Traktor AGT 835 T (hidrostatični) – zdrs koles pri vlačanju navzdol	208
Slika 96: Traktor AGT 835 T (mehanski) – zdrs koles pri vlačanju navzgor	211
Slika 97: Traktor AGT 835 T (mehanski) – zdrs koles pri vlačanju navzdol	212
Slika 98: Traktor Woody 110 – vlečna sila pri vlačanju navzgor	214
Slika 99: Traktor Woody 110 – vlečna sila pri vlačanju navzdol	215
Slika 100: Traktor AGT 835 T (hidrostatični) – vlečna sila pri vlačanju navzgor ..	217
Slika 101: Traktor AGT 835 T (hidrostatični) – vlečna sila pri vlačanju navzdol ..	218
Slika 102: Traktor AGT 835 T (mehanski) – vlečna sila pri vlačanju navzgor	220
Slika 103: Traktor AGT 835 T (mehanski) – vlečna sila pri vlačanju navzdol	221
Slika 104: Traktor Woody 110 – učinek kotalnega upora pri vlačanju navzgor ...	224
Slika 105: Traktor AGT 835 T(hidrostatični) – učinek kotalnega upora pri vlačanju navzgor	226
Slika 106: Traktor AGT 835 T (mehanski)– učinek kotalnega upora pri vlačanju navzgor	227
Slika 107: Traktor Woody 110 – izkoristek kolesa pri vlačanju navzgor	229
Slika 108: Traktor AGT 835 T (hidrostatični) – izkoristek kolesa pri vlačanju navzgor	232
Slika 109: Traktor AGT 835 T (mehanski) – izkoristek kolesa pri vlačanju navzgor	233
Slika 110: Woody 110 – koeficient vlačanja pri vlačanju navzgor in navzdol	236
Slika 111: AGT 835 T (hidrostatični) – koeficient vlačanja pri vlačanju navzgor in navzdol	237
Slika 112: AGT 835 T (mehanski) – koeficient vlačanja pri vlačanju navzgor in navzdol	238
Slika 113: Skupna vlečna sila traktorjev AGT 835 T in Woody 110	240

Slika 114: Horizontalna komponenta vlečne sile za oba traktorja – vlečenje navzgor	241
Slika 115: Horizontalna komponenta vlečne sile za oba traktorja – vlečenje navzdol.....	242
Slika 116: Zmogljivost obeh traktorjev v različnih razmerah vlečenja.....	243
Slika 117: Zdrs pri traktorju AGT 835 T hidrostatične in mehanske izvedbe	245

1 UVOD

V slovenskem gozdarstvu prevladuje traktorsko spravilo lesa. Ob tem je v sonaravnem gospodarjenju z gozdovi in ob ostrih ekoloških omejitvah izbira ustreznega delovnega sredstva in tehnologije zelo pomembna. Stroj je treba prilagoditi delovnim in sestojnim razmeram. Pri tem seveda ne gre le za ugotavljanje učinkov stroja ali njegove produktivnosti, temveč tudi za njegovo ekološko ustreznost razmeram, v katerih deluje.

Danes uporabljamo v gozdni proizvodnji različne traktorje, za katere nimamo natančnih podatkov, posebno o njihovih tehničnih značilnostih in primernosti za delo v posebnih delovnih razmerah. Odločitev za določen traktor hkrati pomeni tudi poznavanje njegovih tehničnih parametrov – na podlagi teh presoјamo, ali in koliko je stroj primeren za delo v gozdu. Pri tem je treba upoštevati:

- dimenzije traktorja,
- razpored mase na posamezne osi,
- vlečne sile,
- prenos vlečne sile na podlago in izgubo zaradi zdrsa,
- stabilnost traktorja,
- moč motorja,
- delovne hitrosti,
- variante daljinskega krmiljenja stroja,
- ergonomske oceno stroja.

2 OPREDELITEV PROBLEMA

Zanima nas, koliko se vrednosti merjenih parametrov spreminjajo zaradi dejavnikov, ki jih uvrščamo v raziskavo (velikost bremena, vzdolžni nakloni vlake, smer vlačanja). Ob upoštevanju izmerjenih vrednostih parametrov nastajajo zaradi uporabe različnih traktorjev nekateri vplivi in tudi posledice na okolje – pri tem mislimo predvsem na zdrs pogonskih koles, ki neposredno vpliva na gozdna tla.

Poznavanje vpliva naštetih dejavnikov na velikost merjenih parametrov nam daje pomembne informacije. V gozdni proizvodnji se škodljivim vplivom na okolje ne moremo povsem izogniti, jih pa s primernim prijemom lahko zmanjšamo. Podatki o tem, kako lahko naklon vlake in velikost bremena vplivata na zdrs pogonskih koles (in s tem na obseg poškodb na tleh), pomembno pripomorejo k poznavanju tovrstne problematike. Tudi porazdelitev mase traktorja na posamezna kolesa (med vožnjo po vlaki) in različno breme bistveno vplivata na obremenitev prednjega in zadnjega dela traktorja. Iz teh razmerij lahko posredno sklepamo tudi na njegovo stabilnost – zanima nas torej, kako se z naklonom vlake ta razmerja spreminjajo.

Pri vlačanju lesa nas zanimajo predvsem velikosti parametrov pri spravi navzgor, posebno v povezavi z mejnimi vrednostmi, ki jih posamezni delovni stroji v posebnih delovnih razmerah zmorejo. Pri tem imamo v mislih zlasti vzdolžne naklone in velikosti bremen. Ob presoji primernosti delovnega sredstva ali njegovi izbiri je poznavanje teh vrednosti pomembno.

Očitno je, da pri spravi lesa ne zadošča zgolj poznavanje parametrov pri delu navzgor – čeprav so obremenitve pri spravi navzgor večinoma večje, s tem pa so tudi omejitve pri delovnih strojih drugačne. Pri vlačanju enako velikih bremen navzdol nastajajo na strojih bistveno drugačne obremenitve, njihova odvisnost in povezanost temelji na popolnoma drugačnih zakonitostih. Prav zato pomemben del raziskave obravnava parametre, njihove velikosti in odvisnosti, tudi pri vlačanju navzdol.

3 DOSEDANJE RAZISKAVE

V dosedanjih raziskavah spravila lesa pri nas je poleg časovnih študij dela obravnavan predvsem tehnični razvoj posameznih strojev. Pri tem je večinoma poudarjen razvoj novih traktorjev z boljšimi voznimi lastnostmi in večjo ekološko primernostjo (Košir, 1997). V ospredje se kot pomembno postavljajo daljinsko krmiljenje stroja in vitla, premagovanje velikih naklonov in ergonomsko primerno oblikovanje. Pri delu v gozdu, zlasti na težkih terenih, avtorji opozarjajo na vedno večji pomen in vlogo hidrostatičnega pogona, ki v kombinaciji s procesorsko avtomatiko kaže na izrazite okoljske prednosti. V to področje lahko umestimo tudi razvoj domačega traktorja Woody 110 (Košir in Lipoglavšek, 1999).

Tudi delavčeve obremenitve (Robek in Medved, 1999) in vpliv spravila na poškodbe sestojev in tal obsegajo pomemben del raziskav na področju traktorskega spravila (Košir, 1998, Robek, 1994, Robek, 1997).

V preteklosti v gozdarstvu pri nas v raziskavah niso bili obravnavani parametri, ki vplivajo na samo spravilo ali na primernost uporabe posameznih delovnih sredstev. Pri tem mislimo predvsem na parametre, ki se nanašajo na učinkovitost prenosa sil s kolesa na tla (navor, porazdelitev mase traktorja med vožnjo na posamezna kolesa, vlečne sile pri vožnji po vlaki, zdrs pogonskih koles). Tako se je ob vključitvi prvih zgibnih traktorjev Woody 110 v gozdno proizvodnjo leta 1999 začel razvojni projekt, ki je združeval izdelovalca traktorja (VILPO Ljubljana), izvajalsko podjetje (Gozdno gospodarstvo Postojna d. d.), ki je uporabljalo traktor, in raziskovalne institucije, ki so sodelovale v raziskavi (Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire BF, Gozdarski inštitut Slovenije in Kmetijski inštitut Slovenije). V prvih prispevkih, ki obravnavajo omenjeno tematiko, so prikazani izidi modelnega preizkusa značilnosti traktorskega prenosa in rezultati morfološke analize v primerjavi z drugimi zgibnimi traktorji (Košir, 2000). Predstavljene so nekatere tehnične značilnosti in rešitve pri novem traktorju, ki jih obravnavamo tudi v naši raziskavi.

Doslej je bilo pri nas nekaj podobnih raziskav o meritvah parametrov narejenih v kmetijstvu. Opravljene so bile ob uporabi kmetijske mehanizacije na kmetijskih obdelovalnih površinah. Tako v raziskavah ugotavljajo porabo energije pri obdelavi tal z različnimi priključki in načini obdelave tal (Poje, 1996). Na podlagi meritev avtor ugotavlja najpomembnejše parametre, ki vplivajo na to porabo. Pri tem navaja tudi deleže porabljene energije, potrebne za premagovanje kotalnega upora in vpliva zdrsa na pogonskih kolesih obdelovalnega stroja. Drugi avtorji (Bernik in Godeša, 1994) pri obdelavi kmetijskih površin proučujejo realizacijo vlečne sile in z njo povezani zdrs pogonskih koles. Ista avtorja (Godeša in Bernik, 1998) ugotavljata odnos zdrsa in poškodb tal ob uporabi različnih tehničnih izvedb traktorja. Pri tem ugotavljata razlike v vrednostih zdrsa pri delu na travniški površini.

V dosedanjih raziskavah v tujini so merili tehnične parametre podobno na ravninskih in krajših razdaljah ali pa na objektih, ki so bili v celoti prirejeni in namenjeni zgolj takšnim meritvam. Razlog je predvsem v tehničnih omejitvah, ki nastajajo pri zajemanju in prenašanju izmerjenih podatkov.

Bekker (1956, 1960) v svojem delu prav gotovo podaja temeljno teoretično podlago in kompleksno informacijo vsem, ki se ukvarjajo z odnosi na relaciji stroj – tla, predvsem pri premikanju po brezpotju. V obeh delih daje bogato teoretično podlago v mehaniki tal in koles, različnih vlečnih vozil, nosilnosti tal v povezavi z vozili, ki se pomikajo po različni podlagi. Obe deli bistveno pripomoreta k boljšemu razumevanju odnosov, odvisnosti in mnogih težav, ki nastajajo pri delu z različnimi stroji na neutrjenih tleh. Delo s stroji v gozdu na utrjenih vlakih in brezpotju je eno takšnih značilnih zgledov.

V raziskavah, ki obravnavajo vpliv spravila na spremembe v tleh, avtorji ugotavljajo odnos vlečnih sil, zdrsa in specifičnega pritiska na tla (Wasterlund, 1989 in 1992, Saarilahti in Ilomaki, 1997) ali vpliv dimenzij in tlaka v traktorskih gumah na poškodbe v tleh (Koger in sod., 1984, Ziesak in Matthies, 2001).

Mnogi avtorji v svojih raziskavah navajajo predloge za izbiro primerne mehanizacije pri delu v gozdu, posebno na občutljivih gozdnih tleh. Pri tem poudarjajo, da je treba vsa dela v gozdu opravljati s stroji, tehnologijo in v času, ki je za posamezno delovišče najprimernejši (Owende in sod., 2002).

Izvedba merilnih inštrumentov in način zajemanja podatkov določata izbor objektov na terenu. Tako so ugotavljali vrednosti vlečnih sil in njihov vpliv na vlačenje lesa na delu pomožnega skladišča v gozdu (Sever, 1980) – v tem primeru je bila potrebna vzporedna prometnica, namenjena gibanju dodatnega vozila za sprejem merjenih podatkov. Isti avtor ugotavlja tudi spreminjanje parametrov glede na različne delovne razmere (Sever, 1987). Pri tem so na prirejenem objektu izmerili tehnične parametre traktorja ob različnem bremenu in naklonu vlačanja. Sever (Sever, 1990) ugotavlja odnos med vlečnimi silami traktorja glede na spreminjanje tehničnih in tehnoloških dejavnikov. Pri tem ugotavlja spremembe glede na uporabo različnih tehnologij spravila (drevesna, debelna, sortimentna metoda).

Podobno tudi Horvat (1987) pri vlačanju lesa prikazuje uporabnost prednjega pogona in uporabe kolesnih verig pri spravilu lesa. Pri tem ugotavlja upravičenost uporabe verig na obeh oseh ne glede na smer vlačanja bremena. Ob tem meri in primerja obe komponenti vlečne sile pri bremenu, zdrs na kolesih in moment na posameznem kolesu.

Nekateri avtorji razvijajo v svojih raziskavah računalniške programe, ki bi ob simulaciji teoretičnih lastnosti stroja lahko predvideli vlečne lastnosti določenega traktorja (Horvat, 1990). Pri tem avtor navaja nujnost povezovanja lastnosti tal, dimenzij bremena in traktorja. Na podlagi tako oblikovanega modela je bila opravljena raziskava na dveh primerih prilagojenih traktorjev in dveh srednje velikih zgibnikih (Horvat, 1996). Isti avtor (Horvat, 1993) ugotavlja in primerja parametre na trdi podlagi (asfalt) in ravnih, dovolj širokih mehkih in trdih gozdnih tleh. Pri tej raziskavi so bile meritve opravljene na zgibni polprikolici. Ob 17 izmerjenih tehničnih parametrih na vozilu ugotavlja povezave in odvisnosti glede

na značilnosti tal, vlečne lastnosti vozila in poškodbe tal ob prehodu vozila za transport lesa.

Z meritvami in analizo momentov na kolesih bogie pri zgibnih polprikolicah se je ukvarjal Horvat (Horvat, 1993). Poleg analize izkoristka in porazdelitve posameznih momentov navaja in opisuje metodo merjenja momentov, ki se uporablja v mehaniziranem delu v gozdarstvu.

Wong (Wong, 2001) pri delovnih operacijah opozarja na pomembnost in značilnosti odnosa stroj – tla. Pri tem poudarja, da je doseganje maksimalne trakcije s tem odnosom omejeno, posebno pri delu na neutrjenih gozdnih tleh. Pozornost namenja zlasti odporom pri gibanju po brezpotju, ki so posledica interakcije med tlemi in strojem ter naklona terena, po katerem se stroj giblje.

Nekateri avtorji ugotavljajo razmerje med tehničnimi parametri in pogonskimi kolesi spravilnih sredstev. V različnih spravilnih razmerah primerjajo vlečne značilnosti glede na kotalni upor, učinkovitost vlačanja in zdrs (Dwyer in sod., 1991, Bashford in Kocher, 1999). Pomemben del raziskav obravnava področje uporabnosti širših in ožjih gum na zgibnih traktorjih ter njihov vpliv na vlečni izkoristek in stabilnost spravilnega sredstva (Prebble in sod., 1989) ali pa med seboj primerjajo različne oblike gum na pogonskih kolesih in njihov vpliv na učinkovitost vlačanja (Hassan, 1986, McDonald in sod., 1993).

Veliko avtorjev ugotavlja tehnične parametre traktorjev glede na različno izpeljavo prenosa sil na tla – kolo, in različne izvedbe gosenic (Marsili in Servadio, 1994, Nikolić in Pucuca, 1992).

Na vrednosti izmerjenih parametrov, kot je zdrs, pomembno vplivata tudi količina vlage v tleh in tlak v gumah (Jacke in Drewes, 2004). V delu, v katerem avtorja navajata vrednosti naklonov ob največji vlečni sili, je poudarjena in prikazana možnost zahtevnih meritev v značilnih gozdnih razmerah.

Jenčič (Jenčič, 1979) pri delu na kmetijskih površinah ugotavlja vrednosti in odnose med vlečno silo, zdrsom in kotalnim uporom. Pri tem ob postavljenih mejnih vrednostih zdrs navaja dovoljene obremenitve traktorja.

4 CILJI RAZISKOVANJA

V raziskavi se želimo z izbiro konkretnih objektov na terenu čim bolj približati resničnim delovnim razmeram. Kljub usmerjenemu poskusu na širših vlakah brez usekov (traktor je zaradi nameščenih merilnih inštrumentov širši kot navadno) smo meritve opravili v redni gozdni proizvodnji.

Uspešna rešitev problema – prenosa vlečnih sil na podlago – bi pomenila ne le boljši izkoristek energije traktorja, temveč marsikdaj tudi manjšo poškodovanost tal. Izsledki raziskave bodo pripomogli k boljšemu poznavanju dinamičnih procesov pri spravilu gozdnih lesnih sortimentov. Raziskava je zasnovana celostno, poteka na razgibanih gozdnih vlakah v redni gozdni proizvodnji. Tako dobljene ugotovitve dajejo stvarno sliko dinamičnega dogajanja pri vlačanju lesa. Najnovejši razvoj merilne tehnike danes že omogoča doslej neizvedljivo dinamično zajemanje podatkov v realnih delovnih razmerah, torej na vlakah, kjer sicer vsak dan vlačimo les.

Celostno ovrednotenje posameznih vrednosti in njihove medsebojne vzročne povezanosti in odvisnosti kažejo na zmogljivost posameznega stroja, obenem pa tudi na njegovo omejenost in primernost za delo v posebnih delovnih razmerah. Oblikovana metodologija in zahtevna merilna veriga bosta v prihodnje v pomoč pri podobnih raziskavah transporta lesa z različnimi delovnimi sredstvi.

5 DELOVNE HIPOTEZE

Na podlagi spoznanj, dosedanjih raziskav in pričakovanj smo za naše delo oblikovali tele hipoteze:

- Na vrednosti izmerjenih parametrov najbolj vplivata vzdolžni naklon vlake in velikost izbranih bremen.
- Orientacija bremena ob drugih nespremenjenih pravilnih razmerah pomembno vpliva na velikost merjenih tehničnih parametrov. Vlačenje bremena z debelejšim koncem v smeri vožnje povečuje učinke traktorja.
- Z naraščanjem vzdolžnega naklona se večja vrednost zdrsa na kolesu.
- Zdrs je pri vlačanju navzdol in pri večjih naklonih negativen.
- Vrednosti zdrsa so pri mehanski izvedbi AGT 835 T večje kot pri hidrostatični.
- Z gozdarsko nadgradnjo opremljeni traktor AGT 835 T je lahko primeren tudi za delo v lažjih delovnih razmerah (manjši vzdolžni nakloni in bremena).

6 METODE RAZISKOVANJA

6.1 SPLOŠNO

Kompleksne meritve tehničnih parametrov so prve te vrste na gozdarskih traktorjih v slovenskih razmerah. Zato je bilo treba oblikovati popolnoma novo metodologijo z vsemi potrebnimi merilnimi inštrumenti in postopki za zajemanje in obdelavo zbranih podatkov.

V takšnih raziskavah uporabljamo inštrumente, s katerimi lahko hkrati natančno merimo celo vrsto parametrov, pri tem registriramo njihove spremembe v določenih časovnih presledkih, ugotavljamo njihov medsebojni vpliv ter vse podatke zajemamo za uporabo pri poznejši obdelavi. Najpogostejše merjeni parametri pri tovrstnih raziskavah so:

- obremenjevanje materiala na konstrukcijskih elementih traktorja,
- navori na poloseh traktorja,
- obremenitve posameznih koles glede na naklon in velikost bremena,
- zdrs gnanih koles,
- poraba goriva,
- stabilnost pravilnega sredstva,
- prevožena pot med poskusom,
- čas, porabljen za določeno delo,
- voznikove obremenitve.

V tej raziskavi obravnavamo napore na vseh štirih kolesih, porazdelitev mase traktorja med vožnjo, prevoženo pot na posameznem kolesu, zdrs koles in vlečne sile na vrvi vitla.

Od velikosti navora na posameznem kolesu je neposredno odvisna obodna sila, ki se med vožnjo obremenjenega ali neobremenjenega traktorja prenaša na gozdna tla. Izkoristek te sile je zelo spremenljiv in odvisen predvsem od naklona vlake,

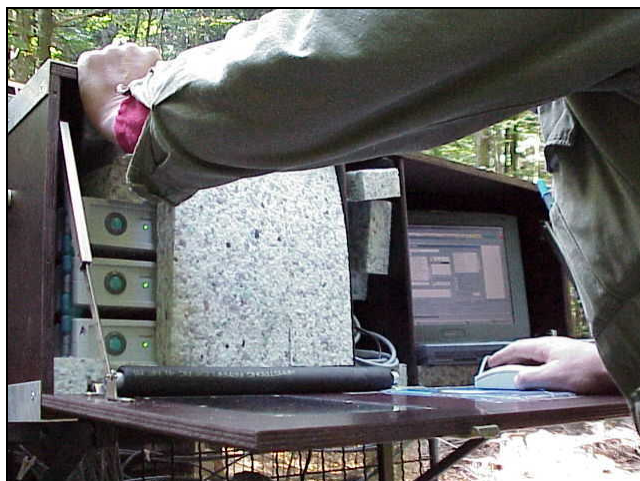
velikosti bremena in smeri vožnje. Vsi ti dejavniki, ki so zajeti v raziskavo, pa bistveno vplivajo na velikost zdrsa koles in s tem na izkoristek obodne sile.

Vrednosti parametrov smo ugotavljali med vlačanjem – med vožnjo obremenjenega in neobremenjenega traktorja. Te vrednosti se s spremembo naklona vlake bistveno spremenijo, zato smo v raziskavi izbrali takšno vlako, pri kateri z njeno dolžino narašča njen vzdolžni naklon. Vlako, na kateri smo opravili poskus, smo razdelili na posamezne odseke; meje med njimi določa sprememba vzdolžnega naklona.

Zaradi različne vlažnosti podlage se lahko pri prenosu sil s traktorskih koles na podlago merjeni parametri spreminjajo. Zato smo za ugotavljanje vlažnosti med meritvami jemali tudi talne vzorce na več značilnih točkah vlake.

Tudi velikost bremena bistveno vpliva na parametre, zato je treba za vsak cikel izmeriti prostornino in maso posameznih sortimentov. Ne glede na različno maso bremen so bila vsa sestavljena iz enakega števila kosov jelke, dolgih 8 m. Pri vlačanju bremen je pomembna tudi njihova orientacija (debelejši ali tanjši kosi, obrnjeni v smeri vožnje – prednji del bremena je dvignjen).

Za potrebe meritev smo izdelali štiri dinamometre in jih za poskus vstavili med polos in kolo traktorja (merjenje navora in mase na kolo), na posamezna mesta pa inštrumente za merjenje poti in vlečnih sil. Vsi podatki so bili zajeti s posebnim programskim paketom Catman, podatki vseh ciklov pa so se zbirali v prenosnem računalniku, nameščenem na traktorju (slika 1).



Slika 1: Namestitev prenosnega računalnika na traktorju Woody 110

6.2 OBLIKOVANJE IN PRIPRAVA MERILNE VERIGE

6.2.1 Osnove

Merilni inštrumenti, s katerimi merimo opisane parametre, se po posebnem razdelilniku v merilni verigi povezujejo z digitalizatorjem (obenem ojačevalnikom), ta pa z osebnim računalnikom, s katerim zajemamo podatke.

Prenašanje podatkov po električni poti ima več prednosti. Razvoj merilne tehnike kaže, da je električni signal, ki predstavlja merjeni parameter, najprimernejši način prenašanja podatkov, posebno pri dinamičnih parametrih visoke frekvence, kot na primer pri tej raziskavi. Tudi pri pravilnih sredstvih v gozdni proizvodnji so spremembe večine mehanskih parametrov tako dinamične, da jih z uporabo različnih mehanskih inštrumentov ni mogoče niti spremljati niti izmeriti. Takšni primeri so npr.: meritve navora na pogonskih kolesih, dinamične obremenitve posameznih koles (obremenitev prednjega in zadnjega dela traktorja) ali vlečne sile na vrvi.

Prednosti takšne metode merjenja so:

- širok razpon merjenega območja glede na jakost izhodnega signala; z uporabo elektronskih inštrumentov lahko povečamo (okrepimo) izhodni signal; to pa nam omogoča registriranje različno močnih električnih signalov merjenih parametrov; tako lahko zajemamo podatke, ki jih z drugimi metodami ne moremo;
- široko frekvenčno območje zajemanja parametrov;
- možnost meritev na večji oddaljenosti – s tem se izognemo zunanjim vplivom (tresenje, ropot, večja temperatura), ki lahko vplivajo na del merilne verige;
- univerzalnost meritev: z isto opremo lahko merimo različne parametre; sočasno jih lahko merimo več, to pa omogoča trenutne medsebojne primerjave in s tem kompleksnejše raziskave.

6.2.2 Dinamometer (vmesnik)

Štiri izdelane dinamometre smo vstavili na mesto med polos in kolo traktorja (slika 2).



Slika 2: Vstavljeni dinamometer

Pri meritvah parametrov v naši raziskavi izrabljamo pojav deformacije in lastnosti, ki nastajajo zaradi delovanja zunanjih sil. Pri izdelavi dinamometrov največkrat uporabljamo jeklo, ki je v merilni tehniki večnamensko uporabno. Na splošno so kovine v svoji strukturi vezane z molekulskimi silami, ki so v medsebojnem ravnotežju. Ob pojavu zunanje sile se to ravnotežje poruši – molekule pri tem zavzamejo drugačen položaj. Če zunanja sila ne preseže meje elastičnosti, se molekule po prenehanju obremenitve povrnejo v prvotni položaj in deformacija se konča. Takšno spremembo dimenzij imenujemo elastična deformacija (Piria, 1987), ker potekajo vse spremembe v elastičnem območju. Z dodatnim obremenjevanjem jeklenega elementa molekule ne zavzamejo več svojega prvotnega položaja, zato ostane material trajno deformiran. To imenujemo plastična deformacija materiala. Ob nadaljnjem povečevanju obremenitve pa se lahko začne material celo lomiti.

Te pojave izrabljamo pri izdelavi dinamometrov.

Oblika, velikost in tehnične značilnosti dinamometra morajo biti prilagojene konkretnemu delovnemu stroju, pri katerem ugotavljamo vrednosti parametrov. Zato je način električnega merjenja neelektričnih vrednosti odvisen predvsem od možnosti izdelave specifičnih dinamometrov. Za merjenje navora in mase na posamezno kolo smo izdelali po štiri dinamometre (slika 3) za vsak traktor (Jejčič in sod., 2001).



Slika 3: Preparirana dinamometra pred poskusom

Če na dinamometre namestimo posebne merilne lističe lahko z njimi sočasno merimo navor in maso na vsakem kolesu.

Elektro uporovni merilni listič (v nadaljevanju uporabljamo izraz merilni listič) je merilni element, s katerim merimo (registriramo) parametre (navore, maso) na kolesu traktorja. Z uporabo lističev po posebnem principu lepljenja pripravimo (prepariramo) vsak dinamometer posebej. Merilne lističe so začeli uporabljati v merilni tehniki leta 1940 (Piria, 1987). Do danes se je njihova uporaba tako izpopolnila in razširila, da je tako merjenje parametrov prevladalo nad vsemi drugimi metodami.

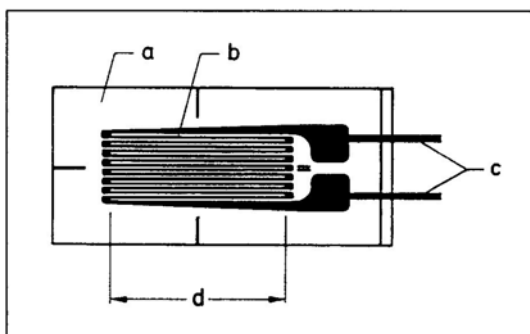
Prvi poskusi z merilnimi lističi segajo v leto 1856, ko je lord Kelvin (Piria, 1987) prvič predstavil odkritje, da se upor bakrene žice spremeni, če žico podaljšujemo (žica se zaradi obremenitve v njeni vzdolžni smeri razteguje). Ta princip je leta 1931 izrabil Carlson v raziskovanju obremenitev betona.

Merilne lističe so začeli izdelovati v Evropi serijsko po drugi svetovni vojni – najprej v podjetju Philips, zdaj pa so najbolj razširjeni izdelki podjetja Hottinger Baldwin Messtechnik.

Delovanje merilnih lističev temelji na tem, da se ob mehanski deformaciji električnega prevodnika merilnega lističa spremeni njegova upornost električnemu toku, ki je premosorazmeren s samo deformacijo (Vuksanović, 1973). Pri deformaciji se ne spremeni samo dolžina prevodnika, ampak s tem tudi njegov premer – zato se posledično spremeni tudi njegova električna upornost. Deformacija merilnega lističa je enaka deformaciji podlage objekta, na katerem je listič prilepljen.

Takšen merilni listič sestavljajo (slika 4):

- a) nosilna folija,
- b) merilna mreža,
- c) priključka (terminala),
- d) razpoložljiva dolžina mreže.



Slika 4: Shema merilnega lističa

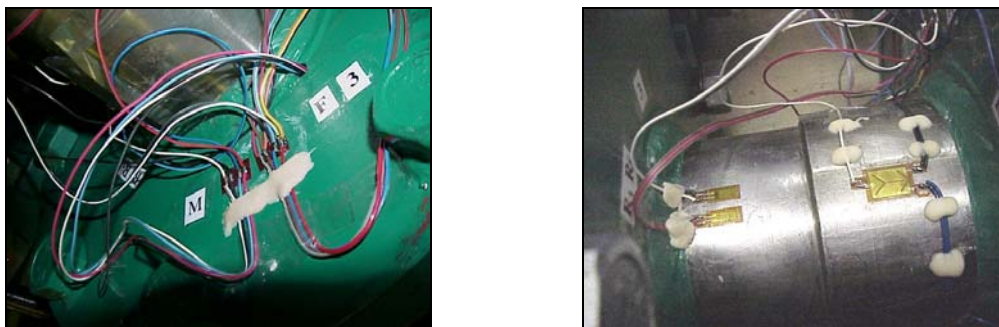
Merilna mreža je iz bakrene folije, ki je pritrdjena (postopek izdelave z jedkanjem bakrene folije) na podlago (nosilno folijo) in prekrita z zaščito.

Material nosilne folije mora (Vuksanović, 1973):

- imeti takšne mehanske lastnosti, da ne ovira deformacije upornika skladno z deformacijo preizkušane materiala,
- biti tak, da ga lahko kakovostno lepimo,
- biti dober izolator,
- biti odporen proti vlagi in temperaturi.

Tudi kakovost lepila (na osnovi epoksidnih smol), s katerim lepimo merilne lističe na podlago, je za natančnost merjenja zelo pomembna. Na to vplivajo predvsem njegove mehanske lastnosti, adhezivnost za različne materiale in obstojnost pri višjih temperaturah. Z lepljenjem nastane čvrst spoj med merilnim lističem in podlago, tako da so deformacije, ki na objektu nastajajo v smeri žic merilnega traku, enake deformaciji merilnega lističa. Tako se lahko vse deformacije, ki nastanejo na površju merjenega objekta, prenašajo na merilni listič. Zelo pomembni sta tudi priprava in čistoča podlage, na katero lepimo lističe – podlago je treba pred lepljenjem očistiti, razmastiti in obdelati s finim brusilnim papirjem.

Tudi sprememba temperature med merjenjem lahko povzroča težave in s tem tudi bistveno vpliva na natančnost meritve. Pri spremembi temperature se lahko deformacija merilnega lističa razlikuje od deformacije konstrukcije, na katero je ta nalepljen, zato se lahko spreminja upornost žice. Posledica tega pojava je registracija navidezne obremenitve, čeprav konstrukcije ne obremenjujemo. Tako dobljeni signal torej ni samo rezultat merjene obremenitve, temveč tudi posledica spremembe temperature. Zato je treba pri meritvah to upoštevati in s posebnim postopkom pri preparaciji dinamometrov (lepljenju lističev) ta vpliv kompenzirati. Ob kakovostno nalepljenih merilnih lističih lahko dosežemo natančnost meritev do 0,1 %, v nasprotnem primeru so napake lahko tudi do 20-odstotne.

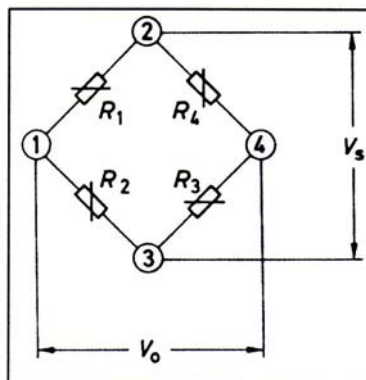


Slika 5: Nalepljeni merilni lističi na podlagi dinamometra

Da bi se dolžina žice na merilnem lističu povečala (povečanje učinka deformacije podlage, ki jo merimo), je bakrena folija oblikovana v pravokotne pentlje. Tako se lahko večkratno spremeni skupna dolžina žice. Merilni listič je na objekt nalepljen tako, da je smer žic na lističu enaka smeri obremenitve, ki jo želimo izmeriti. Merilni listič se odziva na deformacije samo v smeri žic, ne pa na deformacije v prečni (pravokotni) smeri. V našem primeru smo merili obremenitve le v eni znani smeri, tako pri merjenju navora kot tudi sile.

Sicer pa je lahko v enem merilnem lističu hkrati integriranih več uporov, ki so usmerjeni različno, odvisno od namena uporabe. Takšen način se uporablja, kadar merimo obremenitve v več različnih smereh ali pa tedaj, ko natančno v naprej te smeri ne poznamo.

Pri ugotavljanju spremembe upornosti merilnega lističa zaradi deformacije podlage se uporablja električna vezava lističev v tako imenovani Wheatstonov most. To je v bistvu povezava štirih električnih uporov, med te je vezan inštrument, s katerim izmerimo spremembo upora ali napetosti (slika 6). Most se imenuje po Wheatstonu, ki je leta 1843 prvi opozoril javnost na široko možnost njegove uporabe (Ajvaz, 1969).



Slika 6: Wheatstonov most

Na eni diagonali tega mosta dovedemo električno napetost (V_s), na drugi (V_o) pa odčitavamo spremembe v električni napetosti, ki v resnici pomenijo vrednosti merjenih obremenitev. Velikosti uporov morajo biti takšne, da v merilnem inštrumentu na diagonali V_o ni električnega toka ali da je razlika potencialov na tej diagonali enaka ničli. Pravimo, da je most uravnotežen. To je le tedaj, kadar je:

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R$$

Če se spremeni upor v katerem koli elementu mostu, se ravnotežje poruši, zato skozi merjeno diagonalo V_o steče tok, ki ga odčitamo na inštrumentu. Spremembo upora ugotavljamo na podlagi napetosti na merjeni diagonali. Ker je bil most pred meritvijo uravnotežen, pomeni, da je odklon inštrumenta sorazmeren spremembi upora na merilnem lističu.

Jakost toka, ki teče skozi vodnik merilnega lističa, je zaradi vpliva toplote na žico omejena. Zato je omejena tudi napetost, s katero napajamo most in se po navadi giblje od 3 do 6 V. Sprememba upora, ki povzroči porušitev ravnotežja v mostu, je zelo majhna vrednost, zato dobimo na merjeni diagonali po vrednosti zelo majhne signale. Napetost na izhodu je med 1 in 2 mV. Zato je treba za uporabo in nadaljnjo obdelavo takšen signal okrepiti (Ajvaz, 1969).

6.2.3 Rotacijski optični dajalnik

Na osi vsakega kolesa smo namestili poseben senzor (rotacijski optični dajalnik) za meritve prevožene poti z vključenim zdrsom koles (slika 7). Rotacijski optični dajalniki (ROD) optično senzorirajo vrtenje v vrsto električnih impulzov. Število električnih signalov ustreza številu črtic na vrtečem se disku. Vsaka črtica na disku pomeni neko razdaljo na obodu kolesa. S seštevanjem signalov (črtic) dobimo kumulativno vrednosti, ki nam za vsako kolo posebej pove njegovo prevoženo pot.



Slika 7: Rotacijski optični dajalnik

V poskusu smo dolžine teoretično prevoženih poti merili z uporabo tako imenovanega petega kolesa. V ta namen smo posebej skonstruirali kolo in ga namestili na prednji del traktorja, neposredno na prednjo rampno desko (slika 8).



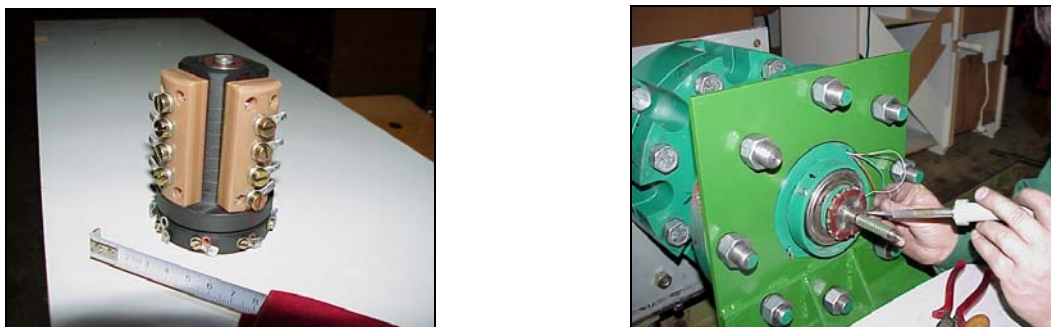
Slika 8: Peto kolo na traktorju Woody 110

Kolo je bilo opremljeno za merjenje prevožene poti enako kot druga gnana kolesa. Primerjava tako izmerjenih razdalj z dejanskimi razdaljami na vlaki je pokazala, da je uporaba petega kolesa v takšnih razmerah vlačanja dvomljiva. Posebno težavno je bilo vlačenje v krivinah, kjer se kolo zaradi svoje konstrukcije ni moglo sproti prilagajati smeri vožnje. Tako izmerjene dolžine posameznih odsekov na vlaki ne bi bile natančne, zato smo te razdalje izmerili z metrom, vrednosti pa primerjali z razdaljo prevožene poti na vsakem kolesu.

6.2.4 Drsni odjemnik toka

Pri merjenju mnogih tehničnih elementov je treba dajalnik signala (v našem primeru merilni listič) postaviti na vrtečo se podlago (npr. kolo traktorja). Klasičen primer takšnega merjenja je ugotavljanje momenta na pogonskih kolesih. Tako imamo v isti merilni verigi del, ki se premika (vrti skupaj s kolesom), in del, ki se ne premika (to je del, ki sprejema signale in jih spreminja v končne vrednosti). Zato je v takšnem primeru nujno, da se signal z merilnega lističa poveže z drugim delom

merilne verige, ki miruje. To nalogo opravi drsni odjemnik toka, ki ves čas meritve omogoča, da sta oba dela povezana. Slika 9 prikazuje oba dela drsnega odjemnika toka.



Slika 9: Drsni odjemnik toka (mirujoči del – levo, vrteči del – desno)

Odjemniki takšne izvedbe se danes pogosto uporabljajo, ker so po konstrukciji preprosti in jih sorazmerno lahko montiramo na vrteče se dele stroja. Njihova pomanjkljivost je v velikih kontaktnih uporih na stiku med vrtečim se in mirujočim delom odjemnika (Todorović, 1986). Ta pojav je posebno izrazit ob majhnem pritisku na drsni površini, h kateremu se nagibamo zaradi nižje obrabe drsnega materiala, in lahko bistveno vpliva na natančnost merjenja. Notranji, vrteči se del merilne naprave namestimo na os kolesa. Ta del ima na svojem osrednjem delu osem obročev, ki so medsebojno izolirani in po vodnikih povezani z merilnimi lističi. Na te obroče nalegajo ščetke, nanje so pritisnjene z vzmetmi. Nosilec teh ščetk je zunanji, mirujoči del drsnega odjemnika toka, ki je po kablju vezan naprej v merilno verigo.

Literatura (Todorović, 1986) navaja, naj bodo obroči čim manjšega premera – tako obodne hitrosti ščetk ne bodo prevelike in se bodo tudi manj obrabile. Posebno pozornost je treba nameniti koncentričnosti obročev in obdelavi drsni površini. Poskus je pokazal, da se s povečanjem pritiska na ščetke zahteva po koncentričnosti in površinski obdelavi zmanjša, seveda na račun njihove trajnosti. Kakovost drsni stikov je odvisna predvsem od izbranega materiala (obroči iz

srebra, ščetke iz zlitine srebra in grafita) in od čistoče kontaktnih površin. V tem primeru so upori na tem spoju majhni in imajo v času merjenja majhna nihanja. Takšni odkloni ne spreminjajo natančnosti izmerjenih podatkov.

Drsni odjemnik toka je skupaj z rotacijskim optičnim dajalnikom nameščen na vseh oseh traktorja in skupaj z nosilci tudi razširi traktor v poskusu (slika 10).



Slika 10: Inštrumenti na osi traktorja Woody 110

6.2.5 Ojačevalnik in analogno-digitalni pretvornik signala

Temeljna naloga vseh ojačevalnikov v merilni verigi je povečanje velikosti signala, ki ga dobimo na izhodu iz merilnega lističa. Ta izhodni signal namreč ni neposredno uporaben, ampak je treba z uporabo elektronskih inštrumentov spremeniti njegovo obliko in velikost. Ojačevalnik je v bistvu prenosnik električnega signala, ki sinusno funkcijo frekvence z določeno amplitudo spreminja

v drugo sinusno funkcijo z isto frekvenco, vendar z večjo amplitudo. Povečanje signala je nujno, saj so njegove izhodne vrednosti zelo majhne. Izhodni signal je analogen, zato ga je treba s pretvorniki spremeniti v digitalnega in s tem primerne za nadaljnjo obdelavo.

V naši raziskavi uporabljamo digitalni ojačevalnik Spider 8 (Hottinger Baldwin Messtechnik). Inštrument združuje funkciji ojačevalnika in digitalnega pretvornika (slika 11).



Slika 11: Ojačevalnik in analogno-digitalni pretvornik (Spider 8)

6.2.6 Kalibracija za navor in maso

Kalibriranje je postopek ustvarjanja odnosa vhodne fizične količine, ki se meri, in izmere, ki jo dobimo na merilnem inštrumentu (Todorović, 1986). S tem postopkom na eni strani nadziramo brezhibnost merilnega mostu in inštrumenta, na drugi strani pa tudi velikost parametra, ki ga merimo. Zaradi nadziranja brezhibnega delovanja merilnega sistema ga občasno preverjamo ali kalibriramo. V ta namen na merilni listič delujemo z natančno določeno vrednostjo merjenega parametra. V našem primeru smo z znanim navorom ali silo ugotavljali vrednosti na izhodnem inštrumentu in te vrednosti primerjali z izmerjenimi vrednostmi z uporabo naših dinamometrov z merilnimi lističi. Kalibracijo smo opravili za vsak dinamometer posebej, in sicer za merjenje navora in mase (slika 12).



Slika 12: Kalibracija navora (levo) in mase na kolo (desno)

6.2.7 Povezava merilne verige

Vsi inštrumenti s katerimi zajemamo podatke, so z električnimi vodniki medsebojno povezani v enotno merilno verigo. Z vsakega od koles zajemamo podatke za navor, maso na kolesu in opravljeno pot, s točke ob naletni deski pa podatka za obe komponenti vlečne sile. Vsi podatki se zbirajo v osrednjem prenosnem računalniku, ki je nameščen na zadnjem delu traktorja (sl. 13). V zaboji so tudi večkanalni ojačevalniki signala in digitalizatorji. Celoten sistem napaja generator, nameščen na prednji rampni deski. Podatke smo zajemali in prenašali z uporabo računalniškega programa Catman. Po vsakem končanem ciklusu smo podatke sproti prenesli na rezervne spominske enote. Pred samimi meritvami smo v zvezi z električnim napajanjem celotnega merilnega sistema razmišljali tudi o povezavi z akumulatorjem na traktorju. To bi bilo mogoče izpeljati ob ustreznem pretvorniku napetosti, vendar je ob uporabi različnih inštrumentov napetost preveč nihala in dogajali so se tudi nenadni izpadi celotnega sistema. Predvsem zaradi nezanesljivosti takšnega načina smo se odločili za bencinski generator, ki je bil sicer manj elegantna, vendar zanesljivejša rešitev električnega napajanja sistema.



Slika 13: Zabož z računalnikom, ojačevalnikom in digitalizatorjem



Slika 14: Traktor AGT 835 T z merilno opremo

Popolnoma enake postopke smo s seveda prilagojeno in posebej izdelano merilno opremo ponovili na obeh manjših traktorjih AGT 835 T (slika 14).

6.2.8 Merjenje časov, videosnemanje

Poleg merjenja tehničnih parametrov, opisanih v prejšnjem poglavju, je ves čas ciklusa potekalo tudi časovno snemanje. Z uporabo ročnih snemalnih ur in več merilcev smo izmerili čase trajanja posameznih voženj in prehode prek posameznih odsekov, ki so bili prej izmerjeni in ob robu vlak označeni. Sočasno smo celotno dogajanje na vlaki posneli z dvema videokamerama, da bi pozneje lažje, predvsem pa dodatno razložili izmerjene parametre. Pri tem so bile pred začetkom snemanja usklajene časovne lestvice na vseh snemalnih točkah: na prenosnem računalniku, ročnih štoparicah in obeh videokamerah.

6.3 IZBIRA SPRAVILNEGA SREDSTVA

V Sloveniji uporabljamo pri spravilu lesa iz gozda večinoma prilagojene kolesne traktorje, na težjih terenih pa specialne zgibne traktorje. Le-te zaradi zgolj gozdarske rabe in visokih nabavnih cen uporabljajo predvsem poklicna izvajalska podjetja. Zaradi pomembnega deleža in vloge, ki jih imajo ti traktorji pri spravilu lesa v slovenskih gozdovih, smo poleg kmetijskih prilagojenih traktorjev v raziskavo uvrstili tudi predstavnika specialnih zgibnih traktorjev.

Večinoma so traktorji opremljeni z mehansko transmisijo – to velja tako za stroje, ki jih uporabljajo lastniki pri delu v svojem gozdu, kot tudi za večino traktorjev v poklicni rabi.

Vrsta transmisije na traktorju pomembno vpliva na učinkovitost prenosa sil na podlago. Pri spravilu lesa namreč želimo imeti ob majhnih hitrostih velike vlečne sile in se tako izogniti velikemu zdrsui; to ne pomeni zgolj izgube energije, ampak tudi škodljivo trganje gornjih plasti tal. Poleg porazdelitve mase traktorja in bremena, vrste podlage in pnevmatik je prav vrsta transmisije tisti dejavnik, ki lahko bistveno pripomore k ekološko primernejšemu spravilu.

Hidrostatski prenos sil, ki nam to tudi omogoča, danes uspešno nadomešča klasični mehanski prenos z menjalnikom in s končnim številom prestavnih razmerij. Takšen prenos je v rabi pri večini velikih strojev. Hidrostatski prenos pomeni spremembo mehanske energije v hidravlično. Pri tem prenosu se sila prenaša z gibanjem olja pod visokim tlakom in z relativno majhno hitrostjo. V ta namen imamo motor z notranjim zgorevanjem, ki na črpalko s spremenljivim naklonom črpanja prenaša in pretvarja energijo, ta pa jo po hidromotorju na svojem izhodu dovaja na kolo ali vmesni mehanski prenos. Ob tem je bistveno, da nam takšen proces omogoča brezstopenjsko prenašanje sil. Pri prenašanju sil oziroma vrsti transmisije govorimo o različnih principih – poleg hidrostatskega in mehanskega tudi o hidromehanskem principu – s svojimi dobrimi in slabimi lastnostmi so zanimivi v različnih rabah (Jejčič, 2000 a, b).

V našo raziskavo smo uvrstili tri traktorje: dva s hidrostatskim prenosom sile in enega s klasičnim mehanskim.

V prvem delu raziskave smo tako meritve opravili na traktorju Woody 110, izdelal ga je VILPO Ljubljana (iz skupine specialnih zgibnih traktorjev). Traktor je opremljen s Perkinsonovim, vodno hlajenim štirivaljnim motorjem s turbinskim dovodom zraka in moči 76,5 kW. Transmisija traktorja je hidrostatska (Sauer-Sundstrand). Pri njem gre v bistvu za kombinacijo hidrostatskega in mehankega prenosa sile. Motorju z notranjim zgorevanjem sledi razdelilno gonilo za črpalke, nanj so vezani črpalka za pogon traktorja, pogon vitla in črpalka za delovno hidravliko (prednja in zadnja deska, krmiljenje traktorja). Sledijo hidravlične cevi za prenos moči do hidromotorja za pogon traktorja in hidromotorja za pogon vitla (Košir, 2000). Po razdelilniku moči, ki razdeli moč na prednjo in zadnjo os, se ta po polosi prenese na planetna gonila v kolesih. Klasični menjalnik za izbiro prestavnih razmerij torej ni potreben, v povezavi s hidrostatskim delom transmisije se uporablja zgolj za izbiro dveh delovnih režimov ali hitrosti vožnje. Le-ta se lahko brezstopenjsko uravnava: prvi režim omogoča delovne hitrosti od 0–15 km/h, drugi pa cestne do 30 km/h. Tudi zaviranje med vožnjo uravnavamo s hidravličnim sistemom, zato zavor ne potrebujemo – traktor pa ima seveda ročno zavoro, ki rabi svojemu namenu tedaj, ko motor ne obratuje. Celoten proces delovanja traktorja Woody 110 se vodi računalniško; s programom se uravnava delovanje več parametrov naenkrat in s tem preprečuje preobremenitev posameznih komponent stroja. Delo s tako vodenim strojem je zato z ergonomskega stališča boljše, predvsem pa tudi varnejše.

Traktor je opremljen z daljinsko vodenim dvobobenskim hidravličnim vitlom vlečne sile 80 kN (slika 15). Daljinsko je mogoče upravljati tudi traktor.



Slika 15: Zgibnik Woody 110

Ker imamo v Sloveniji približno 80 % gozdov v zasebni lasti in je ta zelo razdrobljena, je uporaba večjih in dražjih traktorjev, posebej prilagojenih za delo v gozdovih, zelo omejena. Zato potrebujejo lastniki majhnih, razdrobljenih posesti, ki delajo v svojem gozdu, za takšno delo manjše, cenejše stroje; za delo v gozdu jih dodatno opremijo s potrebno, vendar bistveno cenejšo gozdarsko nadgradnjo (Marenče, 1997). Zato je ob koncu osemdesetih let Agromehanika Kranj začela izdelovati traktor AGT, opremljen z motorji manjših moči (od 13,2 do 26,4 kW), s štirimi kolesi enakih velikosti in pogonom na obe osi. Ti traktorji so v bistvu namenjeni uporabi na manjših kmetijskih površinah. Z dodatno gozdarsko nadgradnjo lahko delamo z njimi tudi v gozdu. Traktorji AGT so narejeni v mehanski in hidrostatični izvedbi. Iz tega obdobja imamo tudi začetke raziskovanja uporabnosti toge izvedbe traktorja AGT 835 T (Jejčič, 1999, 2001).

Pri meritvah smo uporabili dva traktorja AGT 835 T, prvega z mehansko in drugega s hidrostatično transmisijo. Oba traktorja sta enakih dimenzij in mase, z enako velikimi 16-colskimi pnevmatikami. Opremljena sta z vodno hlajenim, trivaljnim dieselskim motorjem, moči 26,4 kW, proizvajalca Lombardinija. Oba AGT 835 T sodita v skupino togih traktorjev z enakimi kolesi, kjer se krmilijo prednja kolesa (Jejčič, 2002) – slika 16.

Traktor mehanske izvedbe ima 6 prestav za vožnjo naprej in 3 prestave za vožnjo nazaj, pri tem pa omogoča največjo hitrost 20 km/h. Za spreminjanje prestave ročico linijsko premikamo (linijska izvedba menjalnika).

Pri traktorju hidrostatične izvedbe imamo zaporedno postavljen osnovni pogonski motor, oljno črpalko, hidromotor, nanj pa je neposredno vezan mehanski prenos. Zato imenujemo takšno izvedbo hidrostatična transmisija neposrednega tipa (Jejčič, 2002). Mehanski del prenosa, ki obsega tri območja, lahko izbiramo s prestavno ročico, v vsakem pa brezstopenjsko spreminjamo prestavno razmerje. S preprostim pritiskanjem na pedal na njegovem prednjem ali zadnjem delu traktor premikamo naprej ali nazaj. Traktor se ustavi s pedalom v nevtralnem položaju.



Slika 16: Prilagojeni traktor AGT 835 T (hidrostatična izvedba)

Glede na navedeno, predvsem na možnost in primernost uporabe zelo različnih traktorjev v gozdni proizvodnji, smo v raziskavi uporabili traktorje, primerne za profesionalno in občasno tudi za zasebno rabo. Traktor AGT 835 T po svojih tehničnih lastnostih in velikosti ne sodi ravno v skupino najpogosteje uporabljenih traktorjev za delo na zasebni gozdni posesti. Pri tem imamo v mislih predvsem velikost traktorja in moč njegovega motorja – po teh lastnostih sodi med manjše

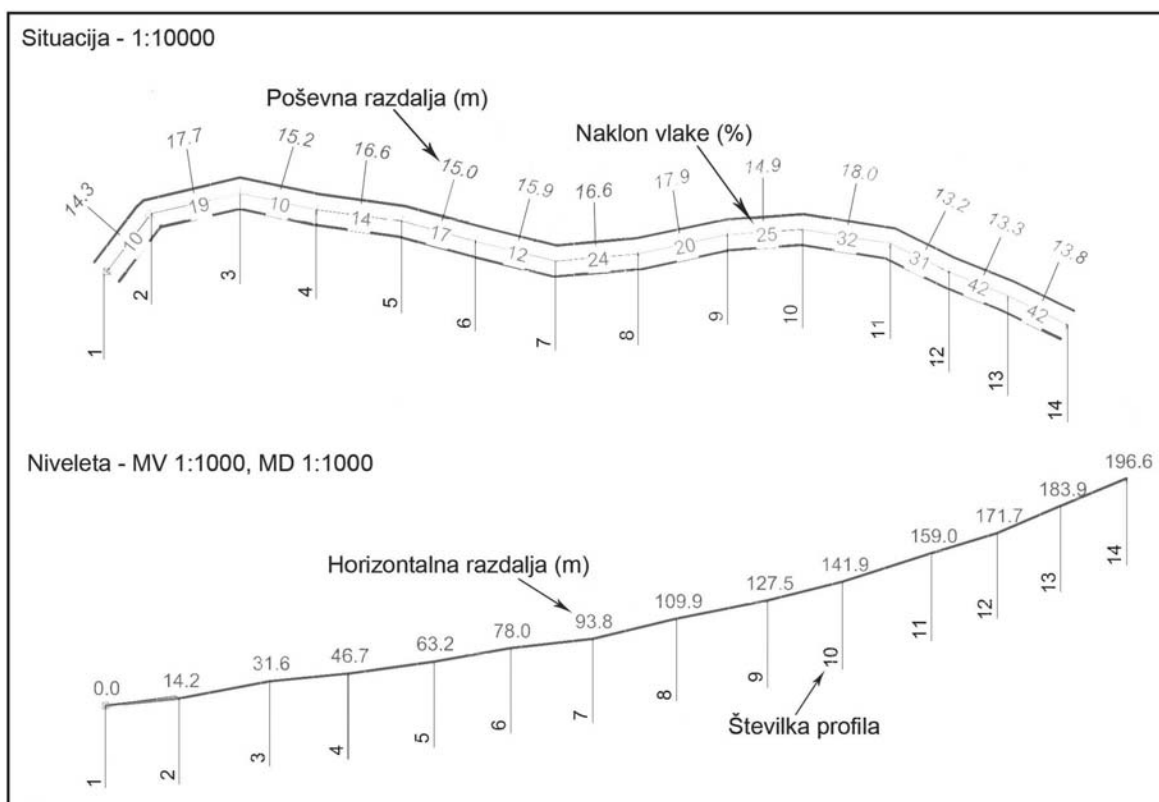
traktorje, ki jih gozdni posestniki uporabljajo pri svojem delu v gozdu (Marenče, 1997). V raziskavi je bil traktor opremljen z varnostno kabino, rampno desko in enobobenskim vitlom Krpan z vlečno silo 30 kN. V postavljenih delovnih hipotezah smo ugotavljali, da bi bil tako nadgrajeni traktor primeren tudi za delo v gozdu. Zato smo z meritvami tehničnih parametrov želeli preveriti to našo oceno in okvirno opredeliti delovne razmere, v katerih bi bila uporaba izbranih traktorjev primerna in smiselna (Jejčič in sod., 2003).

V raziskavi smo opravili meritve parametrov na treh poskusnih traktorjih: Woody 110 in AGT 835 T s hidrostatično oziroma mehansko izvedbo.

6.4 IZBIRA VLAK V RAZISKAVI

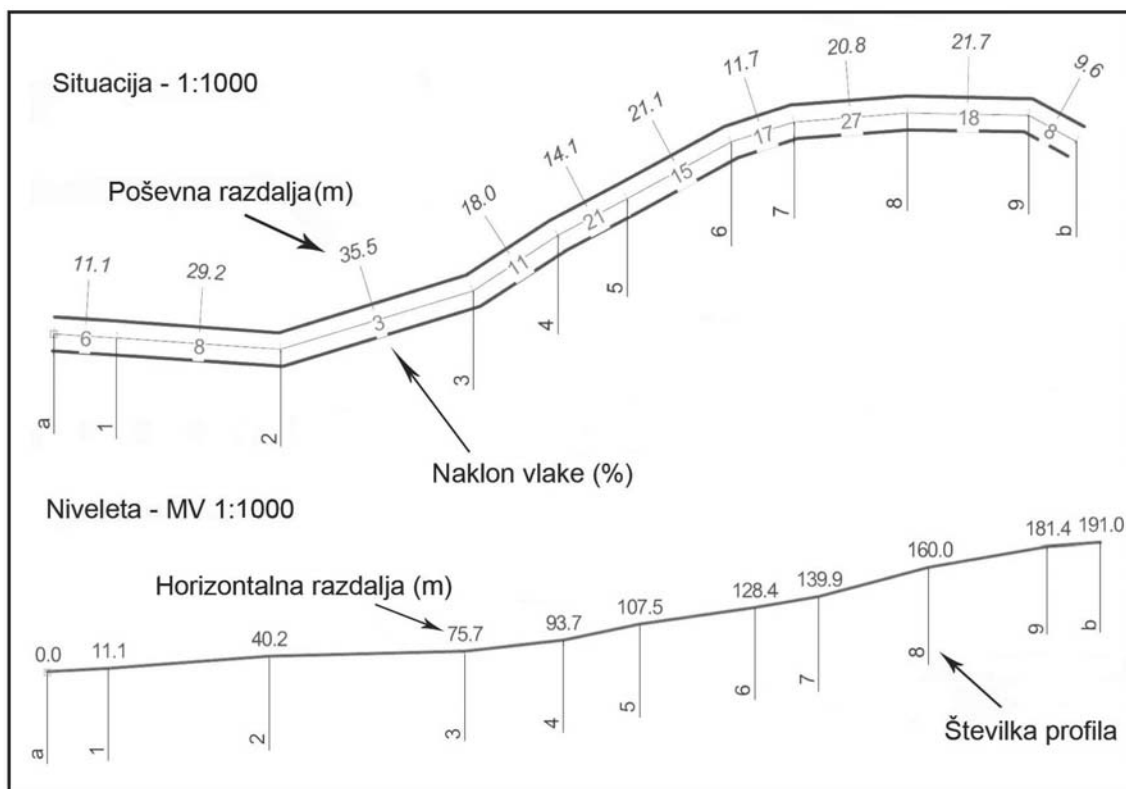
Z izbiro delovišča in vlak smo skušali poskus približati delovnim razmeram, kakršne so navadno v redni gozdni proizvodnji. Obe vlaki sta izbrani tako, da se od kamionske ceste položno vzpenjata navzgor, imata približno konkavno obliko, pri tem pa vzdolžni naklon vlake narašča in v vrhnjem delu ali tik pod njim v obeh primerih doseže največje vrednosti. Tako smo skušali zajeti celoten razpon vzdolžnih naklonov, pri katerih je mogoče z izbranimi stroji vlačiti les.

Prvo vlako (meritve na Woody 110) smo izbrali na postojnskem gozdnogospodarskem območju, GGE Leskova dolina, pod vrhom Velike Kalvarije (1075 m). Vlaka je dolga 220 m (slika 17).



Slika 17: Vlaka v poskusu (Woody 110)

Drugo vlako (meritve na AGT 835 T z mehansko in hidrostatično izvedbo) pa smo izbrali v Jablah, GGE Domžale, oddelek B09, KO Loka (slika 18). Izbrana vlaka je dolga 191 m, tudi ta s svojim največjim vzponom 27 % v zgornjem delu.



Slika 18: Vlaka v poskusu (AGT 835 T)

Obe vlaki smo razdelili na več odsekov, mejo med njimi ponazarja sprememba vzdolžnega naklona. Meje med posameznimi odseki smo na terenu označili s posebnimi oznakami (slika 19).



Slika 19: Oznaka med dvema odsekoma na vlaki (Jable)

Natančno smo izmerili naklone in dolžine posameznih odsekov. Predvsem zaradi kratkih razdalj v posameznih odsekih in s tem posledično manjše uporabnosti izmerjenih vrednosti, smo nekatere odseke na vlaki združili in tako glede na vzdolžne naklone dobili tri tako imenovane združene odseke ali dele vlake, v katerih smo ugotavljali vrednosti izmerjenih tehničnih parametrov (kriterij ob oblikovanju teh odsekov so bili zgolj vzdolžni nakloni posameznih odsekov):

- pri traktorju Woody 110: do 20 %, do 30 %, nad 30 %,
 - pri traktorju AGT 835 T: do 10 %, do 20 %, nad 20 %.

Na vlaki "Woody 110" smo združene odseke poimenovali po profilih, ki jih omejujejo (3–7, 7–10, 10–14), kot vidimo v preglednici 1.

Preglednica 1: Združeni odseki na vlaki v Leskovi dolini

Ime združenega odseka	Nakloni (%)	Dolžina (m)	Skupna dolžina (m)
3–7	10, 14, 17, 12	15,2; 16,6; 15,0; 15,9	62,7
7–10	24, 20, 25	16,6; 17,9; 14,9	49,4
10–14	32, 31, 42, 42	18,0; 13,2; 13,3; 13,8	58,3

Zaradi izrazito slabših vozniških lastnosti in vožnje v krivini v tej raziskavi nismo upoštevali izmerjenih podatkov med profiloma 1 in 3.

Enako smo obravnavali tudi vlačenje na vlaki v Jablah.

Preglednica 2: Združeni odseki na vlaki v Jablah

Ime združenega odseka	Nakloni (%)	Dolžina (m)	Skupna dolžina (m)
1–3	8, 3	29,2; 35,5	64,7
3–7	11, 21, 15, 17	18,0; 14,1; 21,1; 11,7	64,9
7–9	27, 18	20,8; 21,7	42,5

Ti nakloni hkrati ponazarjajo značilne razmere, v kakršnih pri vlačanju lesa uporabljamo obe skupini traktorjev. Pri tem smo upoštevali načelo, po katerem so v obdelavah zajete vse tiste izmerjene vrednosti tehničnih parametrov, ko je bil traktor z obema osema v konkretnem združenem odseku.

Pri oblikovanju združenih odsekov smo kot pglavitni kriterij upoštevali vzdolžni naklon. Pri tem nismo bili popolnoma dosledni. Tako smo pri vlaki v Jablah (AGT 835 T) v združeni odsek z naklonom nad 20 % uvrstili tudi odsek z manjšim naklonom. Enako smo storili tudi pri odsekih do 20 %, kamor je uvrščen odsek z 21-odstotnim naklonom. Razlog je predvsem v že omenjenih kratkih odsekih, v katerih je zaradi specifičnosti zajema podatkov njihove vrednosti težko vrednotiti.

S tema dvema nedoslednostima ne spremenimo bistveno povprečnega vzdolžnega naklona v združenem odseku, ki je za nas primeren okvir za vrednotenje vseh izmerjenih podatkov.

Pri spravi navzgor se je traktor z bremenom v nekaterih ciklikih ustavil pred koncem vlake. To velja predvsem za večino ciklov pri vlačanju bremen s traktorjem Woody 110 in ob vlačanju največjega bremena pri obeh izvedbah traktorja AGT 835 T. V vseh takšnih primerih smo navedli, v katerem združenem odseku se je traktor ustavil, razdaljo od zadnjega prevoženega profila do točke ustavitve pa izmerili z metrom.

6.5 IZBRANA BREMENA V POSAMEZNIH CIKLUSIH

Bremena, ki smo jih izbrali v raziskavi, smo prilagodili tehničnim zmožnostim posameznih traktorjev. Pri tem so bila bremena pri večjem in tehnično zmogljivejšem traktorju (Woody 110) večja kot pri drugih dveh, za raziskavo izbranih traktorjih.

Pri traktorju Woody 110 smo uporabili bremena od 2 do 6 m³, bremena so naraščala od najmanjšega proti največjemu za 1 m³. Vedno smo uporabili 4 kose dolžine 8 m, drevesna vrsta je bila vedno jelka. Pri tehnično slabših traktorjih (oba AGT 835 T) pa so bila bremena ustrezno bistveno manjša – od 0,25 do 1,00 m³ (bremena so naraščala za 0,25 m³). Pri tem smo vedno uporabili 1 kos dolžine 8 m. Z izbrano velikostjo bremen in številom kosov v njem smo se skušali približati siceršnjim obremenitvam posameznih vrst traktorjev; z največjimi bremenami pa hkrati tudi ugotoviti mejne vrednosti njihovih vlečnih sposobnosti.

Pri smeri vlačanja smo upoštevali pravilo navzgor ali navzdol, pri orientaciji bremena pa tudi dve možnosti: breme z debelejším ali tanjšim delom, obrnjenim v smeri vožnje, in prednjim delom dvignjenim od tal. Pri vseh izmerjenih vrednostih različnih parametrov je treba upoštevati vpliv različne orientacije bremena. Pri enako velikih bremenih je prav orientacija bremena tisti dejavnik, ki različno obremenjuje zadnjo os traktorja, s tem pa vpliva na vrednosti merjenih parametrov. V praksi je pomembno, da lahko vlačimo različno velika bremena, če je njihova orientacija različna, čeprav so razmere za pravilo enake.

Pri vseh traktorjih smo za bremena uporabili kose jelke, katerim smo izmerili prostornino in jih po koncu vsakokratnega poskusa tudi stehali (slika 20). Pri vsakem analiziranem ciklusu je navedena velikost bremena, njegova orientacija in smer spravila. Tako oznaka "2m³ DD" pomeni vlačenje bremena 2 m³ debel dol ali z debelejším delom naprej, smer vlačanja navzdol. Oznaka "TG" pomeni vlačenje bremena tanjši gor ali s tanjšim delom naprej in smer vlačanja navzgor.



Slika 20: Tehtanje bremen po končanih meritvah

Podatki za vsa bremena v poskusu so zbrani v preglednicah 3, 4 in 5.

Preglednica 3: Bremena pri traktorju Woody 110

Velikost bremena	Prostornina (m ³)	Masa (kg)
2 m ³ DD, TG	2,15	1789
2 m ³ TD, DG	2,16	1768
3 m ³ DD, TG	2,89	2383
3 m ³ TD, DG	3,11	2430
4 m ³ DD, TG	4,13	3353
4 m ³ TD, DG	4,07	3170
5 m ³ DD, TG	5,15	3633
5 m ³ TD, DG	5,12	3958
6 m ³ DD, TG	6,14	4729
6 m ³ TD, DG	6,10	4537

Preglednica 4: Bremana pri traktorju AGT 835 T (hidrostatična izvedba)

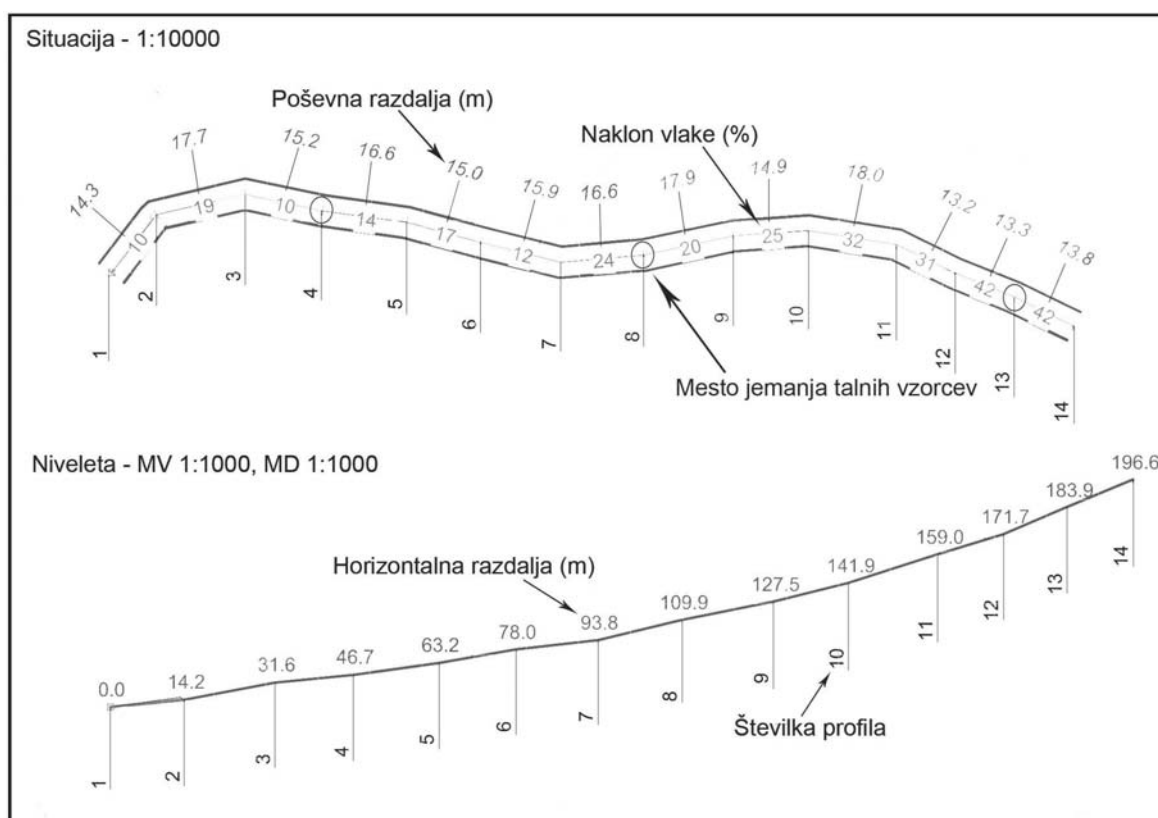
Velikost bremana	Prostornina (m ³)	Masa (kg)
0,25 m ³ DD, TG	0,22	192
0,25 m ³ TD, DG	0,24	236
0,50 m ³ DD, TG	0,44	396
0,50 m ³ TD, DG	0,45	416
0,75 m ³ DD, TG	0,74	514
0,75 m ³ TD, DG	0,66	561
1,00 m ³ DD, TG	0,95	847
1,00 m ³ TD, DG	1,03	774

Preglednica 5: Bremana pri AGT 835 T (mehanska izvedba)

Velikost bremana	Prostornina (m ³)	Masa (kg)
0,25 m ³ DD, TG	0,30	256
0,25 m ³ TD, DG	0,27	220
0,50 m ³ DD, TG	0,56	488
0,50m ³ TD, DG	0,54	464
0,75 m ³ DD, TG	0,79	674
0,75 m ³ TD, DG	0,83	657
1,00 m ³ DD, TG	1,03	890
1,00 m ³ TD, DG	1,03	770

6.6 VLAŽNOST TAL

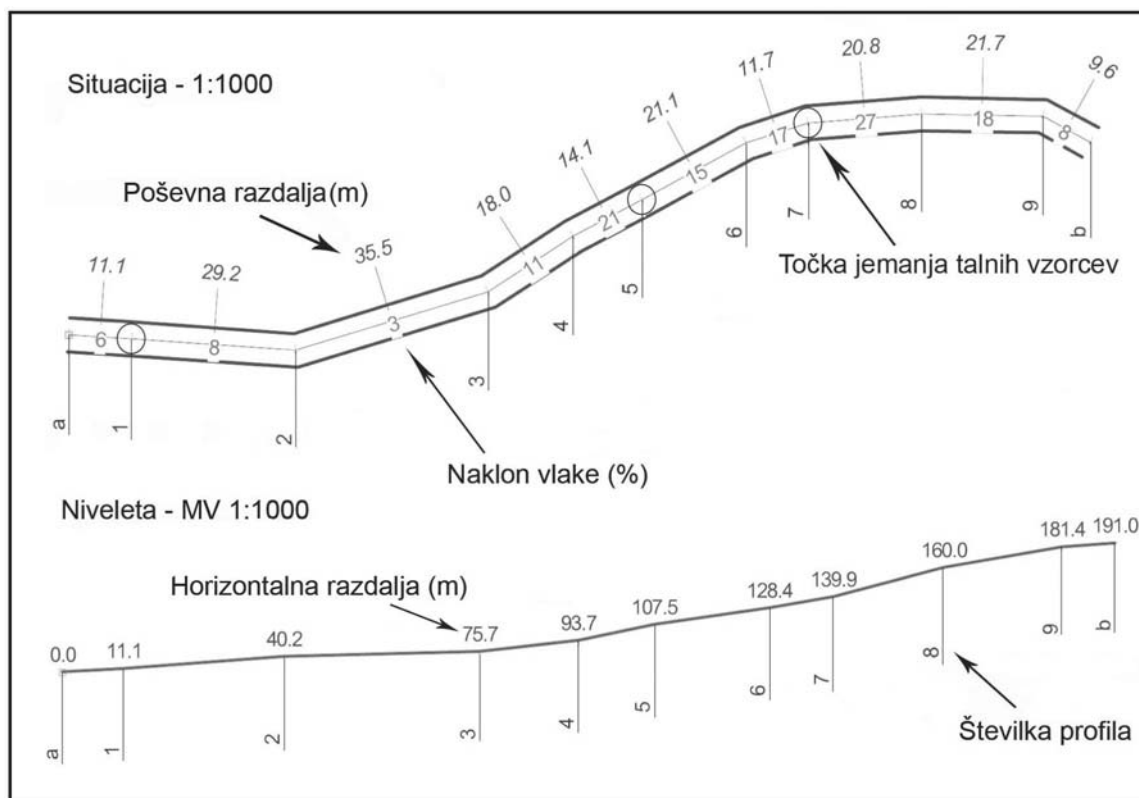
Zaradi ugotavljanja vlažnosti tal na vlaki smo v dnevih, ko je potekal poskus, redno jemali talne vzorce. Vlaga se čez dan spreminja, zato smo za potrebne analize dvakrat na dan jemali vzorce na značilnih točkah vlake. Vzorce smo pobirali zjutraj pred začetkom vlačanja in celoten postopek ponovili še ob koncu dneva. Mesto odvzema talnih vzorcev kaže slika 21 – to je vlaka, kjer smo vlačenje opravili s traktorjem Woody 110. Vzorce smo jemali na profilih 4, 8 in 13.



Slika 21: Jemanje talnih vzorcev na vlaki v Leskovi dolini

Izbrane točke na vlaki so v vseh treh združenih odsekih – tako smo želeli ugotoviti vlažnost tal na krajih, ki se med seboj bistveno razlikujejo glede na vzdolžni naklon. Na vsakem profilu smo vzeli dva vzorca: enega na kolesnici (oznaka K) in drugega vmes med obema kolesnicama (oznaka V).

Enak postopek smo ponovili tudi na vlaki v Jablah, kjer smo vlačili z obema izvedbama traktorja AGT 835 T. V tem primeru smo enako vzeli vzorce na treh izbranih profilih – na profilih 1, 5 in 7. Tudi tu smo v enem združenem odseku vzeli vzorca z enega profila (slika 22).



Slika 22: Jemanje talnih vzorcev na vlaki v Jablah

Talni vzorec smo jemali v porušenem stanju, površine 2–3 dm² in globine do 10 cm. Velikost vzorca je znašala od 800 do 1500 g; vzorec smo prenesli v prej stehtano PVC-vrečko, jo označili, nepredušno zaprli in vzorec v 12 urah stehtali na tehtnici z natančnostjo 0,1 g (Robek in Krajnc, 2001).

Vzorci tal z vlake v Leskovi dolini so obdelali v pedološkem laboratoriju Gozdarskega inštituta Slovenije po načelih, ki veljajo pri določanju momentalne vlažnosti vzorcev tal (Kalan, 1994, Resulović, 1971). Pri tem je treba vsak vzorec

tal pretresti v ALU-posodo z znano maso, tla razgrniti in vzorec sušiti v laboratoriju na zraku vsaj 14 dni. Zračno suhe vzorce tal je treba sušiti 48 ur v sušilniku pri 105 °C ter jih v peči ohlajati 2 uri, nato pa znova stehtati in izračunati momentalno vlažnost. Z vzorci z vlake v Jablah smo enak postopek ponovili v laboratoriju oddelka za gozdarstvo.

Momentalna vlažnost je količina vode, ki jo odda vzorec, če ga sušimo pri 105 °C. V vzorcu ostane po sušenju samo kemijsko vezana voda, voda v porah in adhezijsko vezana voda izpari. Momentalno vlažnost vzorca tal smo izrazili z odstotkom mase izhlapele vode glede na maso suhega vzorca (masni odstotek) kot:

$$MV (\%) = \frac{(mv + mvre - mvre) - (ms + mban - mban)}{(ms + mban - mban)} * 100$$

... (1)

MV	masni % momentalne vlažnosti
mvre	masa PVC-vrečke (0,0 g)
mv	masa vlažnega vzorca (0,0 g)
ms	masa suhega vzorca (0,0 g)
mban	masa ALU-korita (0,0 g)

Momentalna vlažnost reprezentativnega vzorca tal je ocena vlažnosti tal na mestu odvzema v trenutku izkopa tal (Robek in Krajnc, 2001). V analizi nas ni zanimala značilnost razlik med vlažnostjo vzorcev na posameznih profilih – za to bi potrebovali tudi podatke o teksturi tal. Tako smo dobili zgolj povprečne orientacijske podatke o vlažnosti tal, ki so veljali za celotno vlako med našim poskusom.

6.7 TEHNIČNI PARAMETRI V RAZISKAVI

6.7.1 Splošno

V raziskavi primerjamo med seboj različne parametre – med vožnjo po vlaki se njihove vrednosti bistveno spreminjajo, saj so odvisni od več različnih dejavnikov:

- izbranih traktorjev: Woody 110, AGT 835 T (hidrostatična izvedba), AGT 835 T (mehanska izvedba),
- velikosti bremena,
- vzdolžnega naklona na vlaki,
- smeri vlačanja,
- orientacije bremena.

Za nekatere izmerjene tehnične parametre (masa na kolo, navor, zdrs) smo podatke obdelali za vsako kolo posebej. Pri tem smo za posamična kolesa uporabili oznake, ki označujejo posamezno kolo:

- 1L – prednje levo kolo,
- 1D – prednje desno kolo,
- 2L – zadnje levo kolo,
- 2D – zadnje desno kolo.

Te oznake smo večkrat uporabili v različnih prikazih, ko smo želeli krajše prikazati mesta posameznih meritev.

6.7.2 Porazdelitev mase na kolesih traktorja – obremenitev posamezne osi

Masa na posameznem kolesu ali osi traktorja bistveno vpliva na njegovo stabilnost in s tem tudi na samo traktoristovo varnost. Pri vlačanju po vlaki se vrednosti mase na posameznih kolesih bistveno spreminjajo. V analizi rezultatov nismo poudarjali obremenitve posameznih koles, ampak zgolj obremenitev prednje ali zadnje osi traktorja. Ta je odvisna predvsem od vzdolžnega naklona in velikosti bremena.

Pri vlačanju navzgor se ob večanju vzdolžnega naklona obremenitev prednje osi bistveno zmanjša. K temu predvsem pripomore tudi breme, ki še dodatno obremenjuje zadnji del traktorja. Analiza porazdelitve mas v skrajnih razmerah (največje breme in naklon) kaže na obremenitev prednjega in zadnjega dela traktorja, s tem pa posredno na stabilnost stroja in varnost dela.

Domnevamo, da je pri vlačanju navzdol največja obremenitev prednje osi v zgornjem, strmem delu vlake; pri prehajanju v spodnji del vlake se to razmerje spreminja. Ob upoštevanju različnih vzdolžnih naklonov, bremen in smeri vožnje želimo s spremembami vrednosti na posameznih kolesih ugotoviti obremenitev traktorja pri delu v različno težavnih delovnih razmerah.

Podatke smo zajemali pri frekvenci 10 Hz (to pomeni, da smo v vsaki sekundi zajeli 10 vrednosti). Zajete vrednosti so rezultat trenutne obremenitve na vrtečem se kolesu, predvsem pa so odvisne tudi od položaja merilnega lističa v danem trenutku. Pravilno vrednost dinamične obremenitve izmerimo takrat, ko je listič na zgornji ali spodnji strani vrtečega kolesa – takrat dobljena vrednost realno kaže trenutno porazdelitev mase na določeno kolo in hkrati tudi dodano dinamično obremenitev. Vse druge vmesne vrednosti, izmerjene ob drugačnem položaju merilnega lističa, so torej popačena slika realnega dogajanja. Zato smo pri analizi obremenitev na kolo upoštevali zgolj največje vrednosti, za katere z večjo verjetnostjo domnevamo, da so prave vrednosti, ki nastajajo pri vlačanju lesa. Vse druge vmesne vrednosti smo izračunali z linearno interpolacijo.

Masa na prednji oziroma zadnji osi je bila pri traktorju Woody 110, opremljenem za poskus, v razmerju 57 : 43. Enako meritev smo opravili tudi na obeh manjših traktorjih AGT 835 T – razmerje mas je znašalo 64 : 36.

6.7.3 Navor na kolesih

Na mestu vseh štirih polosi smo vstavili dinamometre za merjenje navorov na pogonskih kolesih (opisano v poglavju 6.2.2). Dinamometri so bili izdelani v podjetju VILPO Ljubljana in na Oddelku za kmetijsko tehniko Kmetijskega inštituta Slovenije.

Kolo traktorja se zaradi navora, ki nastane v osi kolesa, vrti po podlagi (v našem primeru gozdni vlaki). Zaradi samega delovanja navora v osi kolesa nastaja na njegovem obodu tangencialna sila, ki se prenaša na tla. Na podlagi navora izmerjenega na posameznem kolesu, in polmera kolesa lahko izračunamo tangencialno silo po znani formuli (2):

$$F_t = \frac{M}{r_d} ,$$

... (2)

Pri tem je: F_t – tangencialna (obodna sila),
 M – moment v osi kolesa,
 r_d – polmer kolesa.

Pri tem smo upoštevali dinamični polmer kolesa, ki smo ga izračunali na podlagi meritev med gibanjem kolesa po vlaki. Teoretični polmer kolesa po Krpanu (Krpan, 1962) se vedno nanaša na neobremenjeno kolo in ob običajnem delovnem tlaku v zračnici. Dinamični polmer, ki je manjši od teoretičnega polmera, je vertikalna razdalja med osjo kolesa in tlemi, po katerih se traktor giblje. Po Severju (Sever, 1980) je odvisen od navpične obremenitve kolesa, velikosti in oblike gume, tlaka v zračnici, vrste podlage, hitrosti premikanja in prožnosti gum. Dinamični polmer kolesa smo izmerili glede na razdaljo, ki jo je traktor prevozil na delu vlake, na kateri je sicer potekal naš poskus. Ta podatek smo izmerili le enkrat, pri tem je bil tlak v gumah enak kakor med poskusom. Ta podatek je deloma odvisen tudi od velikosti bremena, ki obremenjuje zlasti zadnji del traktorja, zato nastajajo različne

deformacije pnevmatike – na tovrstni problem opozarjajo številni avtorji (Saarilahti, 2002).

Potrebna obodna sila na kolesu je enaka vrednosti, potrebni za premagovanje uporov pri vožnji, in horizontalni vlečni sili na vrvi, potrebni za vlačenje bremena (Košir, 1997). Poleg same velikosti obodne sile nas v raziskavi zanima predvsem, koliko smo to silo sposobni izkoristiti. Obravnava izkoristka koles na izbranih traktorjih je pomemben del raziskave. Ta delež pa je odvisen zlasti od zdrsa in kotalnega upora.

6.7.4 Vlečna sila

Pri obravnavi vlečne sile imamo v mislih izmerjeno vrednost v vrvi, s katero vlačimo breme. Tako ugotovljena vrednost vlečne sile predstavlja njeno rezultanto – v naši raziskavi smo jo zaradi načina obravnave razdelili na njeno horizontalno in vertikalno komponento. Ob različno velikih bremenih, spreminjanju naklona vlake in predvsem smeri vlačjenja se spreminjata tudi obe komponenti. Ugotoviti želimo velikosti in spremembe teh vlečnih sil.

V raziskavi nas je posebej zanimala horizontalna komponenta vlečne sile, saj pomeni tisti koristen del skupne obodne sile, ustvarjene na kolesih traktorja, ki jo porabimo za vlačenje bremena. Preostanek je sila, potrebna za premagovanje kotalnega upora.

Na merilnem okvirju, ki smo ga namestili na naletno desko, sta medsebojno pod pravim kotom postavljena dva dinamometra, ki merita obe komponenti vlečne sile. Vodoravnost in navpičnost obeh merilnih doz glede na vlako dosežemo z natančno določeno višino naletne deske. Breme je zmeraj enako dvignjeno od tal. Merilna naprava je konstruirana tako, da jo lahko uporabljamo pri meritvah na različnih traktorjih. V našem primeru smo isto napravo uporabili pri meritvah na vseh traktorjih v poskusu (sliki 23 in 24).



Slika 23: Merjenje vlečnih sil pri traktorju Woody 110



Slika 24: Merjenje vlečnih sil pri traktorju AGT 835 T

Pri oblikovanju merilnega okvirja smo skušali čim manj spreminjati položaj bremena in geometrijo samega traktorja glede na razmere, v katerih poteka

vlačenje lesa. S takšnim načinom, ko hkrati merimo obe komponenti vlečne sile, lahko spremljamo vse dinamične spremembe, ki nastajajo v razmerju tla – breme in tla – kolo.

6.7.5 Zdrs koles

Prenos obodnih sil s koles na tla praviloma spremlja določena velikost zdrsa. Ta pojav je pogost zlasti pri kolesnih traktorjih ob gibanju po neutrjenih tleh oziroma brezpotju. Zdrs definiramo različno.

Košir (Košir, 1997) ga definira kot:

$$Zdrs = \frac{(st - ss)}{st},$$

... (3)

pri tem je:

st – teoretično prevožena pot (m),

ss – dejansko prevožena pot (m).

Definiran je lahko tudi drugače (Poje, 1996):

$$\delta = 1 - \frac{s_r}{s_t},$$

... (4)

pri tem je:

δ – koeficient zdrsa,

s_r – dejansko prevožena pot,

s_t – teoretično prevožena pot.

Zdrs lahko izražamo kot relativno število ali v odstotkih.

V raziskavi smo za izračun zdrs izmerili dejansko prevoženo pot v merjenem združenem odseku – razdaljo izmerjeno z metrom, smo primerjali s teoretično prevoženo potjo, ki jo opravi posamezno kolo med vlačanjem. Metodologijo ugotavljanja teoretične prevožene poti smo opisali v poglavju 6.2.3. Rotacijski optični dajalnik.

Izkoristek tangencialne sile, ki se po kolesih prenaša na tla, je bistveno odvisen od velikosti zdrs. Ta vrednost vpliva na to, koliko sile bomo v resnici izrabili za koristno vlačenje bremen.

V raziskavi smo pričakovali, da bo zdrs naraščal z večanjem bremena in vzdolžnega naklona vlake. V težjih delovnih razmerah je potrebna večja obodna sila na kolesih, ob tem pa lahko pričakujemo tudi večji zdrs. Gume na gozdarskih traktorjih so na obodu izrazito rebraste oblike; to jim omogoča prenos večjih sil na tla, s tem pa tudi večji izkoristek same sile. Zdrs nastane v trenutku, ko je obodna sila na kolesu večja od kohezijske sile v podlagi (Sever, 1980). Na to pomembno vplivajo vrsta in lastnosti podlage, po kateri se giblje traktor. Nekateri avtorji (Popov, 1971) navajajo, da hitrost gibanja traktorja ne vpliva bistveno na velikost zdrs. Ugotavlja, da vpliva na zdrs predvsem vlečna sila traktorja, ne pa stopnja prenosa ali sprememba hitrosti gibanja. Pri tem navaja, da se z večanjem hitrosti premikanja traktorja ob enaki vlečni sili zdrs minimalno zmanjša.

Povečana vrednost zdrs pomeni tudi večjo porabo goriva, krajšo življenjsko dobo gum, manjše učinke, v skrajnem primeru pa onemogoča nadaljnje delo (Sever, 1980). Isti avtor v zvezi z zdrsom ugotavlja, da:

- se že pri najmanjši obodni sili pojavlja zdrs,
- zdrs ni, če se ne pojavi obodna sila na kolesu,
- je pri določeni vrednosti zdrs vrednost obodne sile mejna,
- z uporabo posebnih verig vplivamo na velikost zdrs.

V raziskavi smo na vseh treh traktorjih uporabili verige na vseh štirih kolesih. Na traktorju Woody 110 so bile nameščene posebne verige, ki jih sicer vsak dan uporabljamo pri delu v gozdu (slika 25).



Slika 25: Traktor Woody 110 z verigami na pogonskih kolesih

Na obeh traktotjih AGT 835 T pa smo posebej za poskus uporabili verige TEMPO (izdelovalec CMC SYSTEM, d. o. o., Lesce), ki so po informacijah izdelovalca namenjene predvsem terenskim vozilom (slika 26). V njihovem proizvodnem programu so za gozdarsko rabo takšnih dimenzij gotovo zanimivejše verige KRPAN GSL (kovana izvedba), namenjene za delo v težjih razmerah (Marenče, 2002).



Slika 26: Traktor AGT 835 T z verigami na pogonskih kolesih

Pri 100-odstotnem zdrsuh se traktor ne premika, njegova hitrost premikanja je enaka ničli. Učinek zdrsuh (*Slip efficiency*) η_δ (Sever, 1985) znaša:

$$\eta_\delta = 1 - \delta,$$

... (5)

pri tem je:

η_δ – učinek zdrsuh,

δ – koeficient zdrsuh.

Ugotavljanje velikosti zdrsuh kaže tudi na to, kolikšne so lahko poškodbe tal pri vlačanju ob izbiri določenega pravihnega sredstva in težavnosti dela. V raziskavi iščemo povezavo med velikostjo vzdolžnega naklona, velikostjo bremena in zdrsuh. Zanima nas tudi zdrsuh pri vožnji navzdol – njegova velikost in morebitno nastajanje “negativnega zdrsuh” (pri kolikšnih bremenih in vzdolžnih naklonih). V oblikovanih delovnih hipotezah omenjamo, da se to lahko zgodi ob vlačanju bremen po vlaki navzdol. Zdrsuh je na splošno dober kazalec velikosti vpliva našega dela na okolje.

6.8 UPORI PRI VLAČENJU IN IZKORISTEK KOLES

6.8.1 Učinek kotalnega upora

V bistvu se sila, ki se ustvari na kolesu kot obodna sila, porablja za premagovanje kotalnega upora traktorja in za vlačenje koristnega bremena. V raziskavi želimo odgovoriti tudi na vprašanje, kakšno je razmerje med obema in koliko na to razmerje vplivajo naklon vlake, smer in velikost bremena.

Pri premikanju traktorskih koles po podlagi se zaradi deformacije pnevmatike in podlage ter trenja med kolesom in tlemi ustvarja kotalni upor, ki je nasproten smeri gibanja vozila. Pri vlačanju lesa je ta odpor še izrazitejši, saj so kolesa zaradi bremena še dodatno obremenjena, praviloma pa se gibljejo po mehkejših podlagah. Pri tem nastajajo elastične deformacije pnevmatik, na vlaki pa nepovratne spremembe in kolesnice. Na to bistveno vplivajo obremenitve koles, njihova velikost in tlak v pnevmatikah (McKyes, 1985).

Tomašić (1994) navaja, da na trdi podlagi manjši tlak v pnevmatikah povzroča njihovo večjo deformacijo, s tem pa večji kotalni upor. Na mehki podlagi pa povečanje tlaka povzroči globlji prodor v tla, s tem nastajanje globljih kolesnic in večji kotalni upor. Tudi večja vsebnost vlage v tleh povzroča večji kotalni upor.

Prav tako večje dimenzije koles zmanjšujejo kotalni upor.

Uporaba kolesnih verig na trdih tleh povečuje kotalni upor, na mehkejših pa se upor zmanjšuje.

Zmanjševanje kotalnega upora vedno pomeni povečanje vlečne sile traktorja. Hkrati to pomeni, da je na voljo več sile za vlačenje bremena.

Učinek kotalnega upora (Efficiency of rolling resistance) η_f se lahko določa različno – na to vpliva predvsem način določanja kotalnega upora. Pri tem izhajamo iz izraza (Sever, 1984):

$$F_f = F_O - F_H ,$$

... (6)

pri tem je:

F_f – sila kotalnega upora,

F_O – obodna (tangencialna) sila vseh koles,

F_H – horizontalna komponenta vlečne sile.

V raziskavi smo silo kotalnega upora izračunali posredno z izmerjeno obodno silo na kolesih traktorja in horizontalno komponento vlečne sile.

Učinek kotalnega upora pa takole (Sever, 1985):

$$\eta_f = \frac{F_H}{F_O} = \frac{F_O - F_f}{F_O} = 1 - \frac{F_f}{F_O}$$

... (7)

6.8.2 Izkoristek kolesa

Z izrazom izkoristek kolesa pojmujeemo tisto vrednost, ki nam pove, kolikšen je dejanski izkoristek vlečne sile na kolesih, pri čemer upoštevamo kotalni upor in zdrs. Izkoristek kolesa se izraža takole:

$$\eta_k = \eta_f * \eta_\delta$$

... (8)

Tako izražena vrednost nam kaže razmerje na relaciji kolo traktorja – vlaka, obenem pa je del od skupno ustvarjene sile na kolesu, ki se porabi za koristno delo pri vlačanju bremena.

Izkoristek kolesa je torej določen s kotalnim uporom in zdrsom (oziroma njunima učinkoma).

6.8.3 Koeficient vlačanja

Razmerje med horizontalno vlečno silo na vitlu in adhezijsko obremenitvijo traktorja predstavlja koeficient vlačanja (Tractive coefficient) χ :

$$\chi = \frac{F_H}{G_{adh}},$$

... (9)

pri tem je:

χ – koeficient vlačanja,

G_{adh} – adhezijska obremenitev traktorja,

F_H – horizontalna komponenta vlečne sile.

Adhezijska obremenitev traktorja je v bistvu masa traktorja, ki jo ta prenaša na podlago, povečana za vertikalno obremenitev dela bremena, ki s svojim prednjim dvignjenim delom obremenjuje zadnji del traktorja. Koeficient vlačanja ponazarja, kolikšen del obremenitve pogonskih koles se izrabi za vlačenje bremena. Nekateri avtorji (Sever, 1985) ga imenujejo tudi faktor izkoristka adhezijske teže.

Poudariti je treba, da je v ta koeficient vračunana samo horizontalna komponenta vlečne sile in ne celotna obodna sila na kolesu, ki seveda zajema tudi silo, ki jo povzroča kotalni upor kolesa.

7 REZULTATI MERITEV

V tem poglavju navajamo in razčlenjujemo značilnosti vsakega posameznega ciklusa. Temeljni namen tega poglavja je prikazati vrednosti in predvsem posebnosti merjenih tehničnih parametrov v posebnih delovnih razmerah, ki jih opredeljujejo breme, naklon vlake in smer spravila. Vsak cikel v poskusu pomeni samostojno in enkratno meritev, ki prikazuje vso dinamiko dogajanja med vlačanjem lesa po vlaki – predvsem zaradi te unikatnosti smo v raziskavi prikazali in na kratko razčleniti vsak cikel posebej. Analiza posamičnih ciklusov kaže na posebnosti, ki nastajajo med vlačanjem, ter na tehnične lastnosti stroja in njegove sposobnosti v različnih delovnih razmerah. Prikazane vrednosti pomenijo obenem mejne vrednosti, ki jih morajo traktorji dosegati pri delu v konkretnih razmerah. Menimo, da so pri tej analizi pomembne tako absolutne vrednosti tehničnih parametrov kot tudi zakonitosti njihovega spreminjanja – prav zato rezultate po posameznih ciklikih izjemoma predstavljamo kot preglednice in slike hkrati.

7.1 TRAKTOR WOODY 110

7.1.1 Ciklus W, prazen, gor

Traktor Woody 110 pri vožnji brez bremena po vlaki navzgor. Traktor je prevozil celotno vlako, dolžina dejansko prevožene poti je 167,8 m (v analizi posameznih ciklusov navedena vrednost vedno pomeni dolžino dejansko prevožene vlake). Največji vzdolžni naklon prevožene vlake znaša 42 %.

V tem ciklusu je pri manjših naklonih vlake (do 20 %) masa traktorja porazdeljena v razmerju 46 : 54. Ob navajanju razmerja vedno navajamo deleže mase v odstotkih (%). Z večanjem naklona v smeri vožnje se to razmerje spreminja in doseže pri največjem naklonu (nad 30 %) razmerje 39 : 61. Traktor je brez večjih težav zmogel tolikšno strmino (največji vzdolžni naklon ob koncu tega ciklusa znaša 42 %); pri vseh drugih vožnjah navzgor (z različno velikimi bremenami) pa je

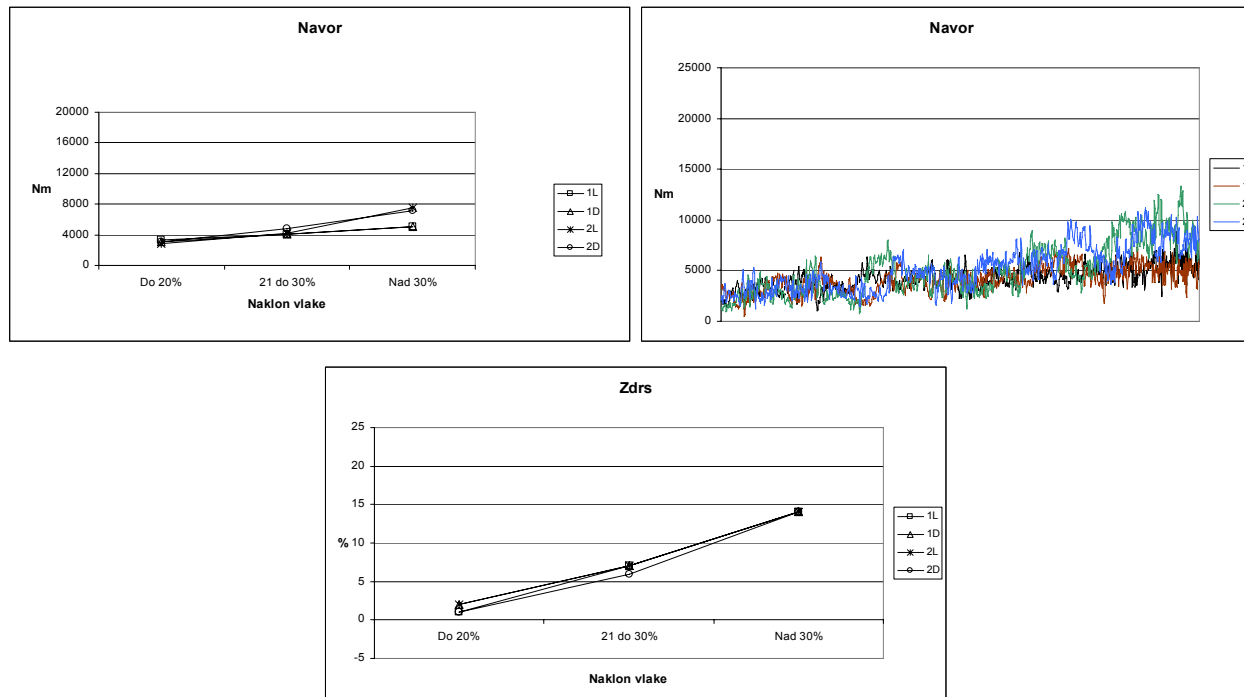
treba poudariti, da se je traktor ob vlačanju različno velikih bremen vedno ustavil. Točko ustavitve pri določenem naklonu sta narekovali predvsem velikost bremena in njegova orientacija.

Navori na kolesih so si do sredine vlake podobni, njihova vrednost narašča, v zadnjem strmem delu (nad 30 %) pa bistveno bolj narastejo vrednosti na zadnji osi. Tako je torej v največji strmini na zadnjih kolesih največji delež mase, prav tako pa tudi izrazito največji navor.

Zdrs je na vseh kolesih glede na vzdolžni naklon podoben. Ves čas je pozitiven in narašča z večanjem vzdolžnega naklona. Pri blagem naklonu je minimalen (1–2 %), v srednjem naklonu od 6 do 7 %, v najbolj strmem delu pa doseže zdrs vrednost 14 % in je na vseh kolesih enak.

Preglednica 6: Tehnični parametri Woody 110, prazen, gor

WOODY 110 prazen G	Naklon	Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
m ³		1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
kg	Do 20 %	46	54	3.350	3.029	2.836	3.118	1	2	2	1		
Ustavitev: m	21 do 30 %	44	56	4.096	4.034	4.175	4.778	7	7	7	6		
Naklon – ustavitev: %	Nad 30 %	39	61	5.044	5.058	7.517	7.206	14	14	14	14		
Prevožena razdalja: 167,8 m													



Slika 27: Tehnični parametri Woody 110, prazen, gor

7.1.2 Ciklus W, prazen, dol

Traktor Woody 110 pri vožnji brez bremena, po vlaki navzdol. Dolžina prevožene poti je 167,8 m. Največji vzdolžni naklon vlake znaša 42 %.

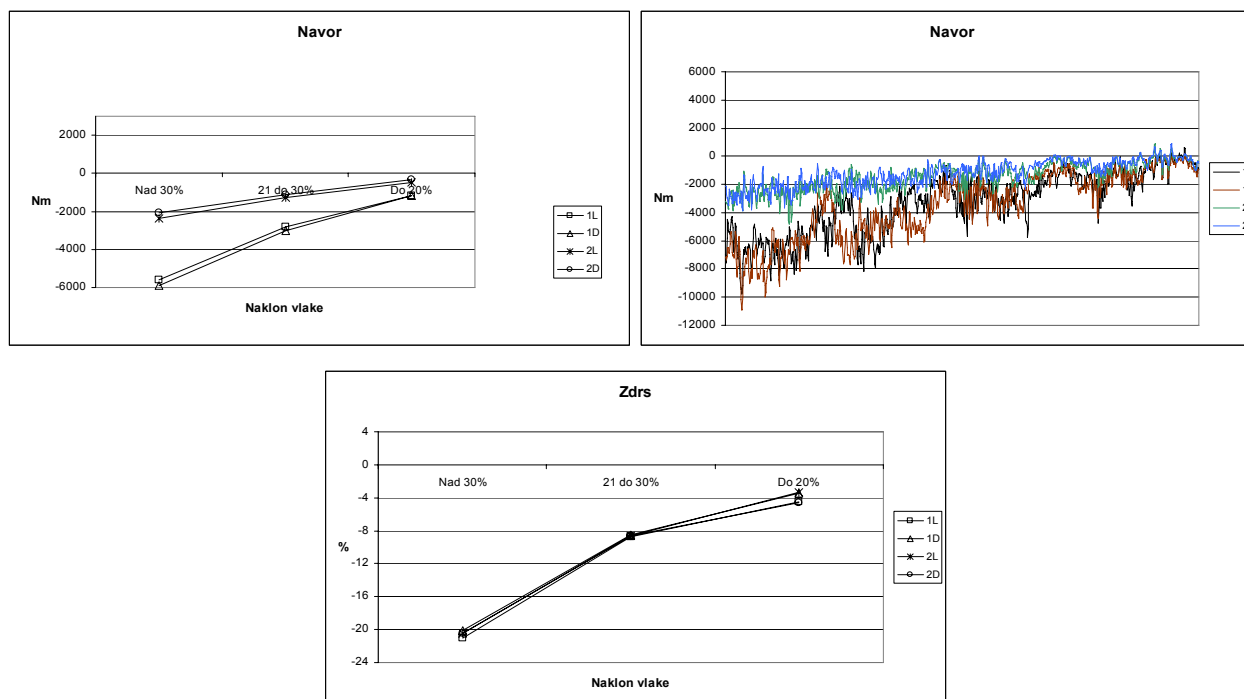
Ne glede na naklon vlake je pri vožnji navzdol večina mase traktorja vedno na prednji osi. V zgornjem strmем delu sta več kot 2/3 mase na prednji osi; pri vožnji navzdol postaja vpliv težnosti ob zmanjševanju vzdolžnega naklona vlake vedno manj izrazit. Tako se obremenitev prednje osi zaradi spremembe vzdolžnega naklona manjša, vendar še vedno tudi v spodnjem bolj položnem delu vlake (vzdolžni nakloni do 20 %) dosega razmerje 60 : 40.

Pri prazni vožnji navzdol so povprečne vrednosti navorov v združenih odsekih negativne. Njihove absolutne vrednosti pri vožnji navzdol se zmanjšujejo, pri tem pa so zaradi porazdelitve mase na posamezne osi in vpliva težnosti večje na prednji osi. V spodnjem delu vlake (nakloni do 20 %) so posamične vrednosti navorov tudi pozitivne.

Zdrs se v združenih odsekih minimalno razlikuje in je ves čas negativen. Vrednost je največja v zgornjem, najbolj strmем delu, in znaša okrog -20 %. Ta vrednost je v primerjavi s ciklusi, v katerih vlačimo breme, bistveno višja. Ugotovitev kaže, da so zdrs pri vožnji brez bremena navzdol večji predvsem zaradi vpliva težnosti na traktor, saj breme dodatno zavira traktor in s tem tudi zmanjša negativni zdrs.

Preglednica 7: Tehnični parametri Woody 110, prazen, dol

WOODY 110 prazen D m ³	Naklon	Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
		1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
kg	Nad 30 %	68	32	-5.598	-5.890	-2.369	-2.091	-21	-20	-20	-20		
Ustavitev: m	21 do 30 %	63	37	-2.823	-3.015	-1.290	-1.105	-9	-9	-9	-9		
Naklon – ustavitev: %	Do 20 %	60	40	-1.155	-1.172	-490	-321	-5	-4	-3	-5		
Prevožena razdalja: 167,8 m													



Slika 28: Tehnični parametri Woody 110, prazen, dol

7.1.3 Ciklus W, 2 m³, DG

Traktor Woody 110 pri vlačanju bremena navzgor, debelejši del je usmerjen naprej. Traktor z bremenom je pri vlačanju navzgor prevozil vlako do p. 13 + 6,1 m in se ustavil pri naklonu 42 %. Breme znaša 2,16 m³ in tehta 1768 kg. Dejanska razdalja vlačanja znaša 160,1 m.

Že pri začetnem naklonu sta skoraj 2/3 mase na zadnjih kolesih. Obremenitev zadnje osi se med vlačanjem navzgor povečuje in doseže v največji strmini približno 3/4 celotne mase (razmerje 26 : 74).

Navor na prednjih kolesih se minimalno povečuje, tudi v največji strmini. Na zadnjih kolesih so vrednosti večje kakor na prednjih, razlika je še očitnejša pri največjem naklonu (nad 30 %). Vrednosti navora so ves čas pozitivne (kolo »vleče«).

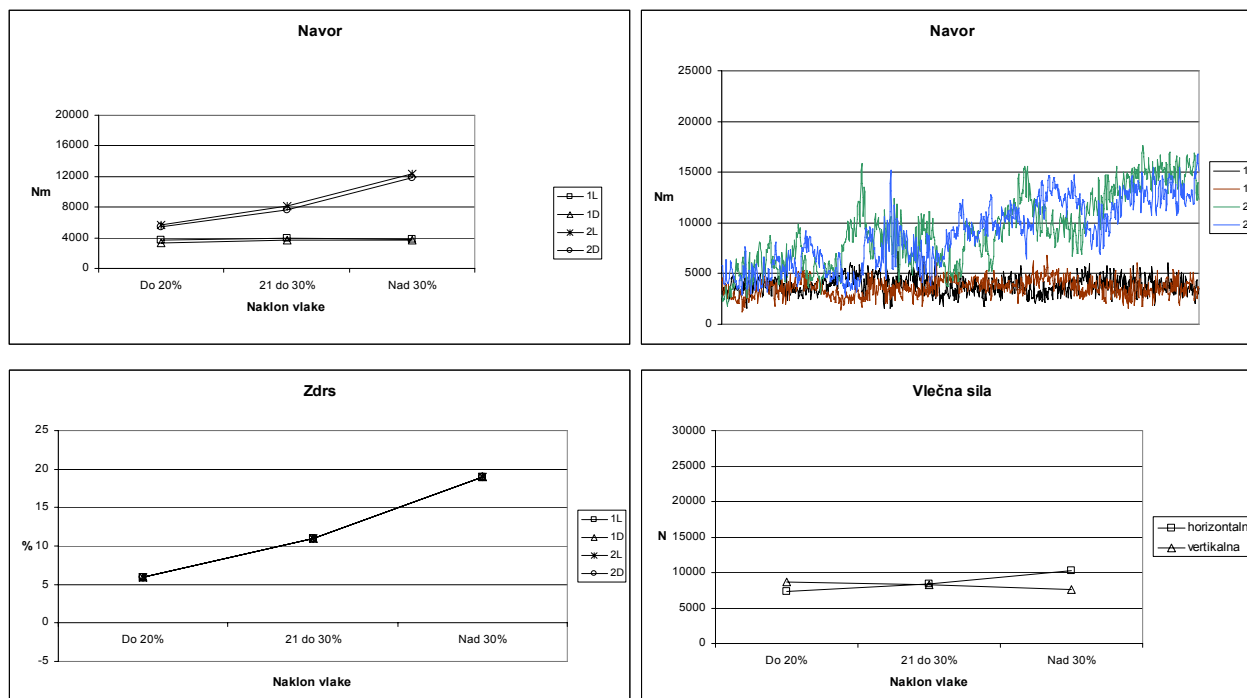
Pri zdrsu so vrednosti na vseh kolesih pri istem naklonu vlake enake. Z večanjem naklona se njegove vrednosti povečujejo. V največji strmini doseže z bremenom 2,16 m³, obrnjenim z debelejšim koncem naprej, vrednost 19 %. Torej se je zdrs v primerjavi s prazno vožnjo navzgor na vseh odsekih vlake povečal za 5 %. Traktor s takšnim bremenom ni zmozel celotne vlake – ustavil se je v zadnjem, najbolj strmem odseku (pri naklonu 42 %).

Vrednost vlečne sile (na vrvi) narašča z večanjem naklona. Horizontalna komponenta vlečne sile se je povečala za 41 %.

.

Preglednica 8: Tehnični parametri Woody 110, 2 m³, debelejši, gor

WOODY 110 2,00 DG 2,16m ³	Naklon	Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
		1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
1768 kg	Do 20 %	35	65	3.738	3.326	5.632	5.397	6	6	6	6	7.269	8.611
Ustavitev: p. 13 + 6,1 m	21 do 30 %	32	68	3.927	3.649	8.141	7.668	11	11	11	11	8.354	8.302
Naklon – ustavitev: 42 %	Nad 30 %	26	74	3.807	3.764	12.293	11.826	19	19	19	19	10.254	7.606
Prevožena razdalja: 160,1 m													



Slika 29: Tehnični parametri Woody 110, 2 m³, debelejši, gor

7.1.4 Ciklus W, 2 m³,TG

Traktor Woody 110 pri vlačanju bremena navzgor, tanjši del je usmerjen naprej. Traktor z bremenom je pri vlačanju navzgor prevozil vlako do p. 13 + 0,2 m in se ustavil pri naklonu 42 %. Breme znaša 2,15 m³ in tehta 1789 kg. Razdalja vlačanja je 154,2 m. Izmerjene vrednosti lahko neposredno primerjamo s prejšnjim ciklusom, saj se obe bremenii po prostornini in masi minimalno razlikujeta. Breme je le za 21 kg večje kot v prejšnjem primeru, pa vendar je traktor z bremenom zmogel za 5,9 m krajšo pot kot pri nasprotni orientaciji bremena.

Orientacija bremena s tanjšim delom naprej pomeni, da je pri spravilu zadnja os traktorja manj obremenjena kakor ob nasprotni orientaciji bremena. Takšna zakonitost se kaže na celotni vlaki razen v srednjem delu pri naklonih do 40 %. Pri vzdolžnem naklonu nad 30 % znaša razmerje 30 : 70.

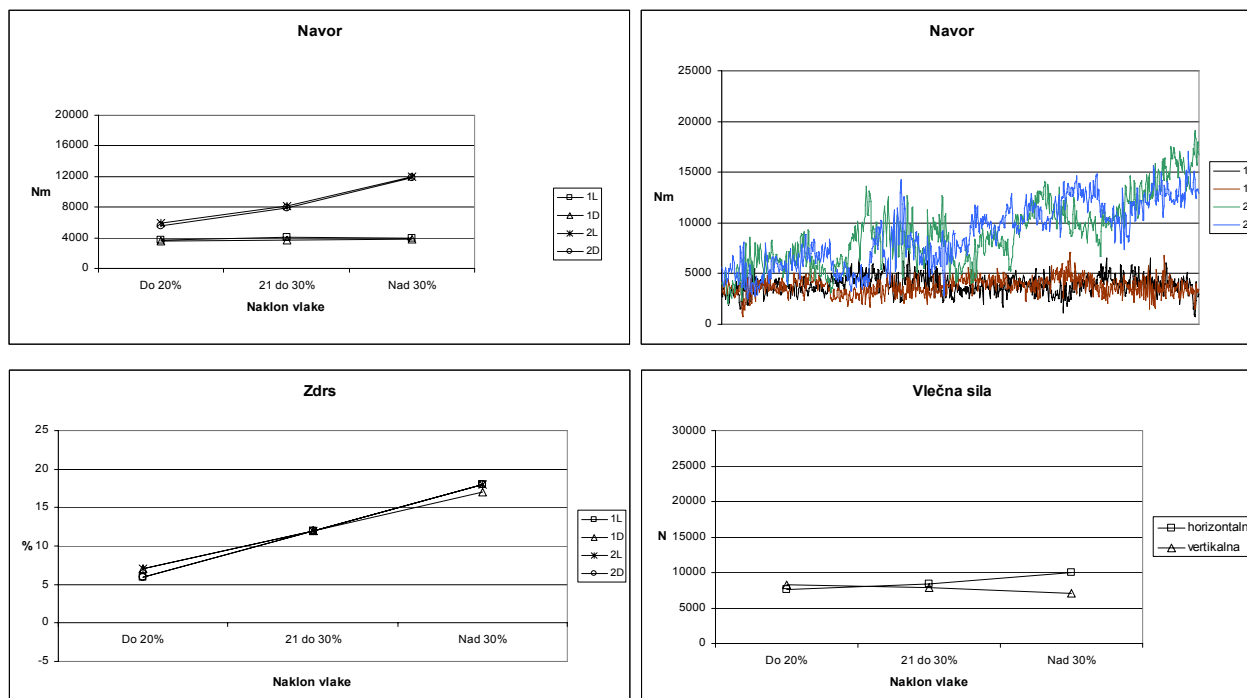
Navori kažejo zelo podobno zakonitost kot v prejšnjem ciklusu pri nasprotni orientaciji bremena. Vrednosti na prednji osi se bistveno ne spreminjajo, so ves čas pozitivne in manjše kakor na zadnji osi. Vrednosti na zadnji osi naraščajo in dosežejo na zadnjem odseku približno 2-kratno vrednost začetne.

Zdrs med vlačanjem navzgor narašča, je na vseh kolesih približno enak in v najbolj strmем delu doseže približno 3-kratno vrednost začetne. Pri zdrsui bistvenih razlik z drugače usmerjenim bremenom ni. Traktor se je ustavil v zadnjem, najbolj strmем delu (42 %). Upravičeno lahko domnevamo, da je razlog krajše prevožene razdalje predvsem v usmerjenosti bremena (tanjši del naprej) in s tem manjši obremenitvi zadnjega dela traktorja, čeprav se vrednosti zdrsai v zadnjem strmем odseku bistveno ne razlikujejo.

Vlečna sila z večanjem naklona vlake narašča. Ob koncu vlačanja je za 33 % večja. V primerjavi z nasprotno usmeritvijo bremena ni bistvenih razlik med obema komponentama vlečne sile.

Preglednica 9: Tehnični parametri Woody 110, 2 m³, tanjši, gor

WOODY 110 2,00 TG 2,15m ³	Naklon	Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
		1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
1789 kg	Do 20 %	38	62	3.655	3.522	5.876	5.590	6	7	7	6	7.539	8.227
Ustavitev: p. 13 + 0,2 m	21 do 30 %	30	70	4.014	3.760	8.134	7.914	12	12	12	12	8.455	7.825
Naklon – ustavitev: 42 %	Nad 30 %	30	70	3.909	3.832	11.954	11.847	18	17	18	18	10.052	7.111
Prevožena razdalja: 154,2 m													



Slika 30: Tehnični parametri Woody 110, 2 m³, tanjši, gor

7.1.5 Ciklus W, 2 m³, DD

Traktor Woody 110 pri vlačanju bremena navzdol, debelejši del je usmerjen naprej. Breme znaša 2,15 m³ in tehta 1789 kg. Razdalja vlačanja je 167,8 m.

Kljub dodatni obremenitvi zadnjega dela traktorja z bremenom je pri vlačanju navzdol predvsem zaradi velikega vzdolžnega naklona vlake (nad 30 %) več mase porazdeljene na prednji osi. Masa bremena sicer obremenjuje zadnji del traktorja, vendar je velika strmina tisti dejavnik, ki odločilno vpliva na takšno porazdelitev mase. V srednjem odseku (od 21 do 30 %) je masa enakomerno razporejena med prednjo in zadnjo osjo, pri naklonu do 20 % pa je večina mase na zadnji osi.

Pri navoru ob vožnji navzdol so vrednosti v ciklusu večinoma negativne, zlasti v zgornjem in srednjem delu vlake (torej pri vseh naklonih nad 20 %). To si lahko razlagamo tako, da je zaradi vlačanja navzdol prevladujoč vpliv težnosti na gnana kolesa. Povprečne vrednosti navorov so pri naklonu od 21 do 30 % podobne na vseh 4 kolesih – tu je tudi masa enakomerno porazdeljena med prednji in zadnji del. V spodnjem, položnejšem delu (do 20 %) se predznak pri vrednostih navora spreminja, povprečne vrednosti pa so še vedno negativne. Ob tem pa ugotavljamo, da so ob koncu vlačanja pri vzdolžnem naklonu do 10 % vrednosti navorov večinoma pozitivne.

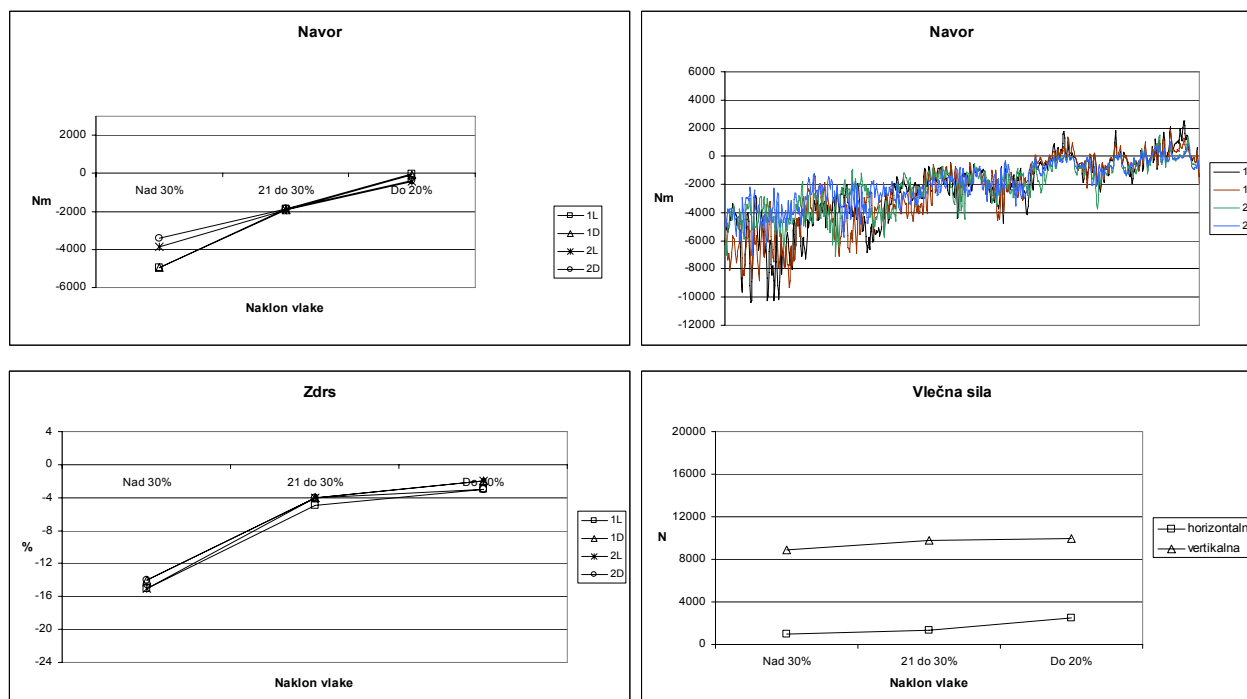
Podobno ugotavljamo pri zdrsu. Ta je ves čas negativen – to pomeni, da je pot, ki jo opravi kolo, manjša od dolžine prevožene vlake. Vrednosti zdrsa so v strmem delu okrog –15 %, v spodnjem delu pa le še –2 do –3 %. Torej so vrednosti zdrsa ob vlačanju 2 m³ bremena pri vzdolžnih naklonih, kot jih imamo v našem poskusu, ves čas negativne.

Vrednosti vlečne sile naraščajo, zaradi zmanjševanja vzdolžnega naklona pa se manjša tudi vpliv sile težnosti. Zato je v položnejšem, spodnjem delu vlake potrebna večja horizontalna komponenta vlečne sile. V zgornjem, strmem delu

vlake se breme naslanja na naletno desko; zaradi vpliva težnosti je zato potrebna za premikanje bremena manjša horizontalna sila.

Preglednica 10: Tehnični parametri Woody 110, 2 m³, debelejši, dol

WOODY 110 2,00 DD 2,15 m ³	Naklon	Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
		1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
1789 kg	Nad 30 %	54	46	-4.952	-4.950	-3.842	-3.414	-15	-14	-15	-14	984	8.900
Ustavitev: m	21 do 30 %	50	50	-1.879	-1.929	-1.914	-1.865	-5	-4	-4	-4	1.355	9.768
Naklon – ustavitev: %	Do 20 %	43	57	-58	-80	-452	-367	-3	-2	-2	-3	2.533	9.999
Prevožena razdalja: 167,8 m													



Slika 31: Tehnični parametri Woody 110, 2 m³, debelejši, dol

7.1.6 Ciklus W, 2 m³, TD

Traktor Woody 110 pri vlačanju bremena navzdol, tanjši del je usmerjen naprej. Breme znaša 2,16 m³ in tehta 1768 kg. Razdalja vlačanja je 167,8 m.

Masa je porazdeljena podobno kot v prejšnjem primeru; v strmini in srednjem delu (21 do 30 % in nad 30 %) je bolj obremenjen prednji del traktorja, šele v položnejšem, spodnjem delu se razmerje obrne. Zaradi orientacije bremena (tanjši naprej) je ves čas prednji del traktorja bolj obremenjen kot pri nasprotno usmerjenem bremenu. Primerjava vrednosti kaže na največ 3-odstotno razliko.

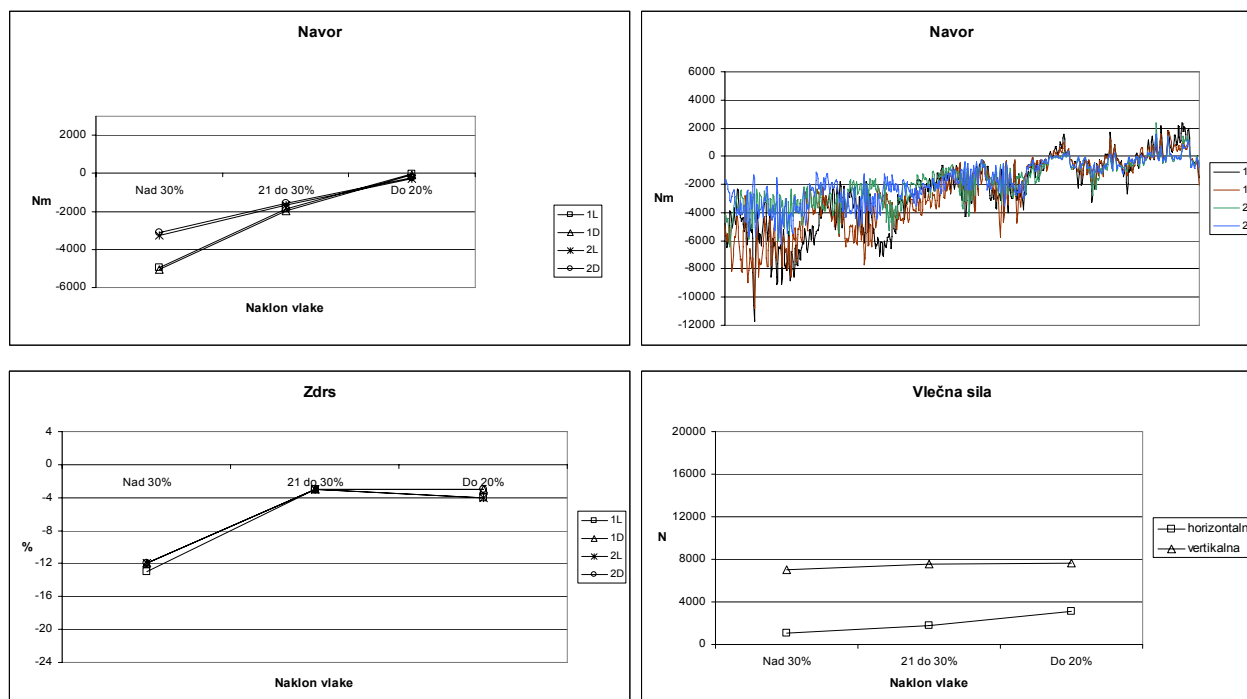
Vrednosti navora imajo negativne vrednosti, njihova velikost je povezana z maso, porazdeljeno na posamezno os. Tudi tedaj so vrednosti navorov negativne, razen v spodnjem, položnejšem delu, kjer se predznaki menjajo, v zadnjem 10 % odseku, ki ga ne analiziramo posebej, pa so vrednosti večinoma pozitivne.

Zdrs ima negativen predznak in je v primerjavi z nasprotno orientacijo pri naklonih od 21 do 30 % in nad 30 % manjši (do 3 %). Te vrednosti bi lahko razložili z orientacijo bremena (tanjši naprej) – manj je obremenjena zadnja os, več mase je na tleh, zato breme dodatno zavira vožnjo. Zdrs se v spodnjem delu vlake (do 20 %) na dveh kolesih celo poveča.

Potrebna vlečna sila narašča in je v spodnjem delu 3-krat večja kakor v največji strmini. Horizontalna vlečna sila je pri orientaciji bremena tanjši naprej večja, vertikalna pa manjša kot pri nasprotni orientaciji.

Preglednica 11: Tehnični parametri Woody 110, 2 m³, tanjši, dol

WOODY 110 2,00 TD	Naklon	Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
2,16 m ³		1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
1768 kg	Nad 30 %	55	45	-4.946	-5.057	-3254	-3.113	-13	-12	-12	-12	1.029	7.034
Ustavitev: m	21 do 30 %	53	47	-1.896	-1.973	-1.657	-1.598	-3	-3	-3	-3	1.804	7.595
Naklon – ustavitev: %	Do 20 %	46	54	-44	-106	-304	-239	-4	-3	-4	-3	3.126	7.619
Prevožena razdalja: 167,8 m													



Slika 32: Tehnični parametri Woody 110, 2 m³, tanjši, dol

7.1.7 Ciklus W, 3 m³, DG

Traktor Woody 110 pri vlačanju bremena navzgor, debelejši del je usmerjen naprej. Traktor z bremenom je pri vlačanju navzgor prevozil vlako do p. 12 + 9,0 m in se ustavil pri naklonu 42 %. Breme znaša 3,11 m³ in tehta 2430 kg. Razdalja vlačanja je 149,7 m.

Obremenitev na prednji osi je pri vlačanju navzgor pri naklonu do 20 % približno v razmerju 1/3 : 2/3. To razmerje se z večanjem naklona spreminja in v vrhnjem delu doseže razmerje 1/4 : 3/4. Obremenitev na prednji osi se je v primerjavi z bremenom 2,16 m³ in njegovo enako orientacijo zmanjšala za 1–7 %.

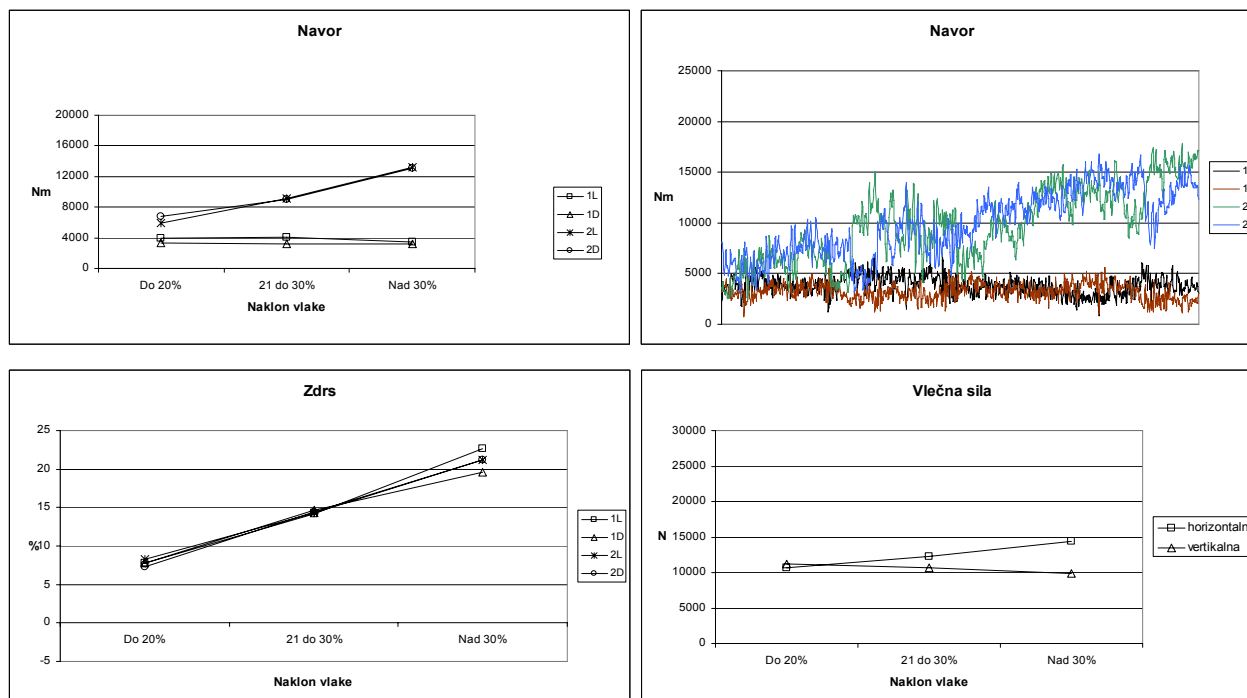
Vrednosti navora so ves čas pozitivne. Navori se pri vlačanju bremena navzgor na prednji osi ne spreminjajo bistveno, v zadnjem najbolj strmem delu, kjer se zaradi naklona vlake traktor ustavi, so vrednosti manjše. Na zadnji osi, ki je z maso traktorja in bremena ves čas bolj obremenjena, so vrednosti navorov bistveno večje in z večanjem naklona naraščajo.

Zdrs je med vožnjo navzgor podoben na vseh 4 kolesih, le v najbolj strmem delu na koncu vlake je nastala do 3-odstotna razlika. V začetku spravila imamo približno 8-odstotni zdrs, ki v najbolj strmem delu pred ustavitvijo traktorja naraste na 23 %. Če zdrs primerjamo z vrednostmi pri 1 m³ manjšem bremenu ugotovimo, da so pri bremenu v tem ciklusu vrednosti zdrsa za 2 do 4 % večje.

Potrebna vlečna sila (njena horizontalna komponenta) se z naklonom povečuje; pri naklonu nad 30 % je glede na vrednost ob začetku vlačanja večja za 35 %.

Preglednica 12: Tehnični parametri Woody 110, 3 m³, debelejši, gor

WOODY 110 3,00 DG 3,11 m ³	Naklon	Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
		1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
2430 kg	Do 20 %	34	66	3.934	3.309	5.966	6.785	8	8	8	7	10.609	11.200
Ustavitev: p. 12 + 9,0 m	21 do 30 %	25	75	4.107	3.187	9.178	9.036	14	15	14	14	12.223	10.726
Naklon – ustavitev: 42 %	Nad 30 %	25	75	3.463	3.171	13.208	13.046	23	20	21	21	14.361	9.837
Prevožena razdalja: 149,7 m													



Slika 33: Tehnični parametri Woody 110, 3 m³, debelejši, gor

7.1.8 Ciklus W, 3 m³, TG

Traktor Woody 110 pri vlačanju bremena navzgor, tanjši del je usmerjen naprej. Traktor z bremenom je pri vlačanju navzgor prevozil vlako do p. 12 + 7,8 m in se ustavil pri naklonu 42 %. Breme znaša 2,89 m³ in tehta 2383 kg. Razdalja vlačanja je 148,5 m. V tem primeru je traktor prevozil za 1,2 m krajšo pot (v tem ciklusu je breme za 47 kg lažje in usmerjeno s tanjšim delom naprej).

Pri porazdelitvi mase na prednji in zadnji del so razmerja podobna kot pri nasprotno orientiranem bremenu. Na delu vlake z nakloni do 20 % je masa porazdeljena v razmerju 1/3 : 2/3. Ob večanju naklona vlake se večja obremenitev zadnje osi, vendar se povprečna obremenitev prednje osi ne zniža pod 27 %. Glede na orientacijo (tanek naprej) imamo v tem primeru zadnjo os za 2 % manj obremenjeno.

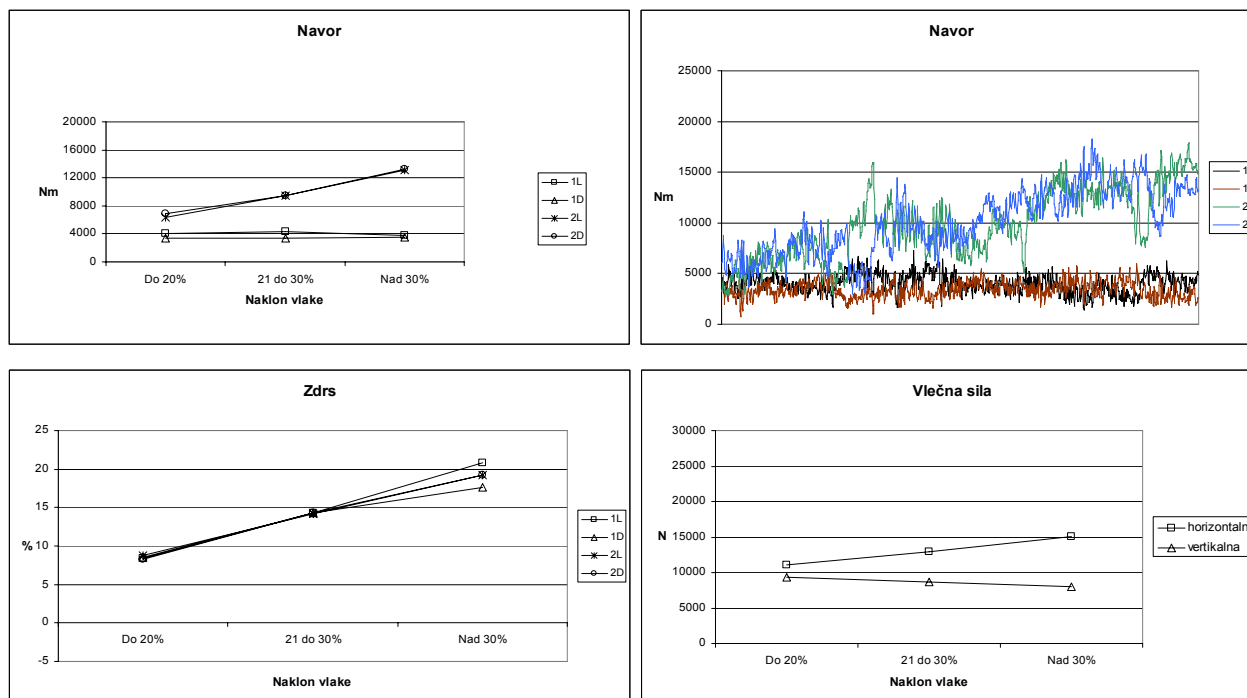
Navori kažejo podobne vrednosti in zakonitosti kot pri nasprotno orientiranem bremenu. Na prednji osi se med vožnjo navzgor vrednosti navorov ne spreminjajo bistveno; na zadnji osi so vrednosti ves čas bistveno večje, naraščajo in dosežejo najvišjo vrednost v vrhnjem, najbolj strmem delu vlake.

Vrednosti zdrs v tem ciklusu kažejo na podobne vrednosti v posameznih odsekih vlake. Izjema je zadnji del, kjer so vrednosti najvišje in različne. Zaradi orientacije bremena je bil zadnji del traktorja manj obremenjen, obenem pa je bil zdrs v najbolj strmem delu manjši.

Horizontalna komponenta vlečne sile z naklonom narašča, ob koncu vlačanja je za 36 % večja kot v položnejšem, začetnem delu. Pri tej orientaciji bremena je horizontalna vlečna sila večja (čeprav je breme 47 kg lažje kot pri nasprotni orientaciji).

Preglednica 13: Tehnični parametri Woody 110, 3 m³, tanjši, gor

WOODY 110 3,00 TG	Naklon	Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
2,89 m ³		1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
2383 kg	Do 20 %	33	67	4.115	3.313	6.337	6.915	8	9	9	8	11.086	9.307
Ustavitev: p. 12 + 7,8 m	21 do 30 %	27	73	4.264	3.393	9.437	9.452	14	14	14	14	12.997	8.718
Naklon – ustavitev: 42 %	Nad 30 %	27	73	3.740	3.462	13.076	13.184	21	18	19	19	15.056	7.992
Prevožena razdalja: 148,5 m													



Slika 34: Tehnični parametri Woody 110, 3 m³, tanjši, gor

7.1.9 Ciklus W, 3 m³, DD

Traktor Woody 110 pri vlačanju bremena navzdol, debelejši del je usmerjen naprej. Breme znaša 2,89 m³ in tehta 2383 kg. Razdalja vlačanja je 167,8 m.

Pri bremenu 2,89 m³ je med vožnjo navzdol samo v najbolj strmem delu vlake več mase na prednjem delu traktorja. V srednjem delu (21 do 30 %) in spodaj (do 20 %) pa je že bolj obremenjena zadnja os. Z dodanim 1m³ se pri enaki orientaciji bremena obremenitev zadnje osi poveča za 4 %. Ob primerjavi s prazno vožnjo traktorja pa znaša to povečanje med 14 in 21 %.

Vrednosti navorov pri bremenu 2,89 m³, ki je z debelejšim delom usmerjen naprej, so v delu vlake, kjer so nakloni večji (21 do 30 % in nad 30 %), negativne; to kaže na prevladujoči vpliv težnosti pri premikanju traktorja navzdol. Te vrednosti so zaradi porazdelitve mase v strmini nad 30 % največje na prednji osi, v srednjem delu pa na zadnji osi. V položnejšem spodnjem delu pa je na prednji osi večina vrednosti pozitivna, povprečje na zadnji osi pa je blizu ničle. Iz grafikona posameznih vrednosti razberemo, da v delu vlake z vzdolžnim naklonom do 20 % vrednosti navora na vseh 4 kolesih izmenično prehajajo v pozitivne vrednosti. Ta pojav je izrazitejši na prednji osi, ki je z maso manj obremenjena. V bistvu gre za hkratno delovanje težnosti in »pozitivnega navora«, ki se pojavljata izmenično. V zgornjem strmем delu prevladuje vpliv težnosti, ta pa se z manjšanjem naklona v spodnjem delu vlake bistveno zmanjša.

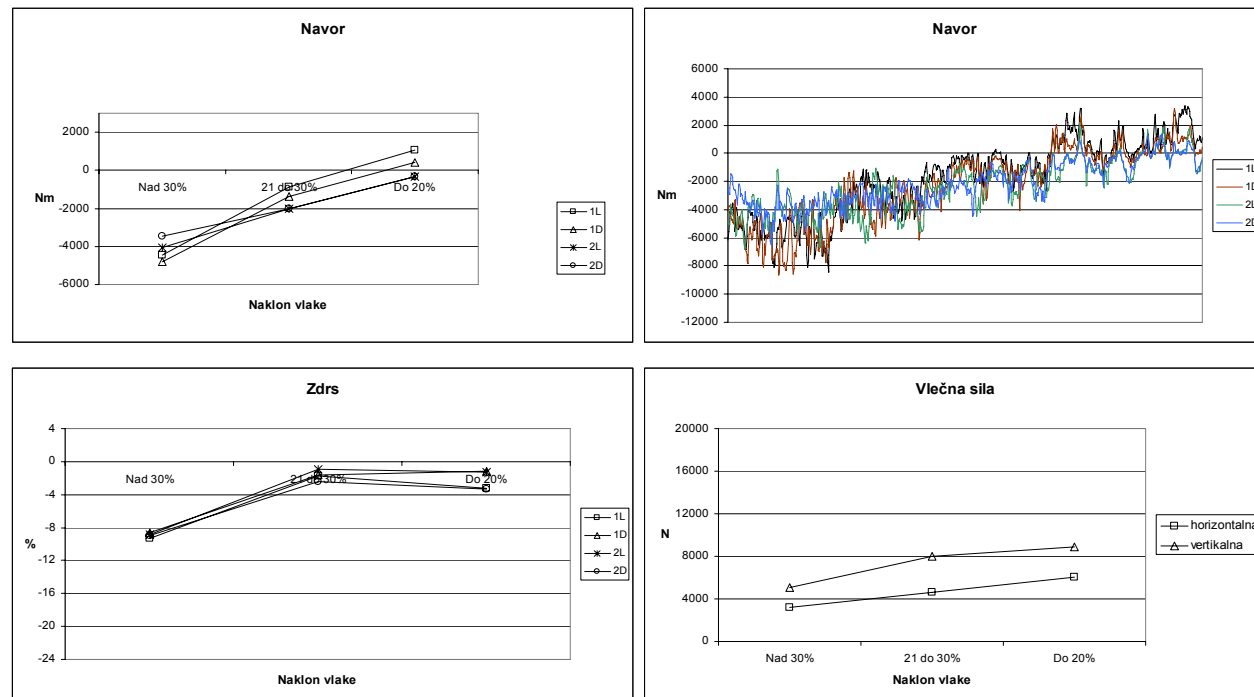
Vrednosti zdrs so ves čas negativne. Največji negativni zdrs pri vožnji navzdol imamo v zgornjem, najbolj strmем delu vlake. Vrednosti se med vožnjo zmanjšujejo in v srednjem delu dosežejo raven okrog -2 %. V zadnjem delu bi pričakovali enake ali manjše vrednosti zdrs – to se res zgodi na enem kolesu – na drugih se vrednosti povečajo za 1 %.

Vrednosti vlečne sile pri vožnji navzdol naraščajo; to kaže na vedno manjši vpliv težnosti pri vlačanju bremena, ki nam pri spravilu navzdol v večjih naklonih

zmanjšuje potrebno vlečno silo. Ob koncu vlačanja je ob tolikšnem bremenu horizontalna vlečna sila za 91 % večja.

Preglednica 14: Tehnični parametri Woody 110, 3 m³, debelejši, dol

WOODY 110 3,00 DD	Naklon	Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
2,89 m ³		1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
2383 kg	Nad 30 %	54	46	-4.470	-4.804	-4.072	-3.459	-9	-9	-9	-9	3.172	5.035
Ustavitev: m	21 do 30 %	46	54	-876	-1.377	-2.022	-2.026	-2	-2	-1	-2	4.594	8.040
Naklon – ustavitev: %	Do 20 %	39	61	1.048	403	-317	-331	-3	-1	-1	-3	6.060	8.927
Prevožena razdalja: 167,8 m													



Slika 35: Tehnični parametri Woody 110, 3 m³, debelejši, dol

7.1.10 Ciklus W, 3 m³, TD

Traktor Woody 110 pri vlačanju bremena navzdol, tanjši del je usmerjen naprej. Breme znaša 3,11 m³ in tehta 2430 kg. Breme je za 47 kg težje od nasprotno orientiranega bremena. Razdalja vlačanja je 167,8 m.

Masa je v zgornjem, najbolj strmem delu porazdeljena približno enako med prednji in zadnji del traktorja. V tem delu bi pričakovali, da bo zaradi orientacije bremena (tanjši del naprej) zadnja os manj obremenjena kot pri nasprotni orientaciji v prejšnjem primeru. Očitno so dinamične obremenitve med vožnjo tolikšne, da povzročijo takšno anomalijo. Pri spravi v srednjem in položnejšem delu pa je zadnji del traktorja manj obremenjen. Ob koncu sprave je dosežena porazdelitev mase v razmerju 40 : 60.

Vrednosti navorov so razen ob koncu vlačanja navzdol ves čas negativne in podobne kot v prejšnjem enako velikem bremenu z nasprotno orientacijo. V strmini (nad 30 %) so si vrednosti navora na vseh 4 kolesih zelo podobne. V srednjem delu so predvsem zaradi večje mase na zadnji osi tudi navori po absolutni vrednosti večji. To razmerje se pri spravi v spodnjem delu bistveno ne spremeni. V položnejšem delu se predznak pri vrednosti navora spreminja, traktor začneja »vleči« na vseh 4 kolesih, pojav je izrazitejši na prednji osi. V spodnjem delu (vzdolžni nakloni vlake do 20 %) so povprečne vrednosti pozitivne samo na prednji osi.

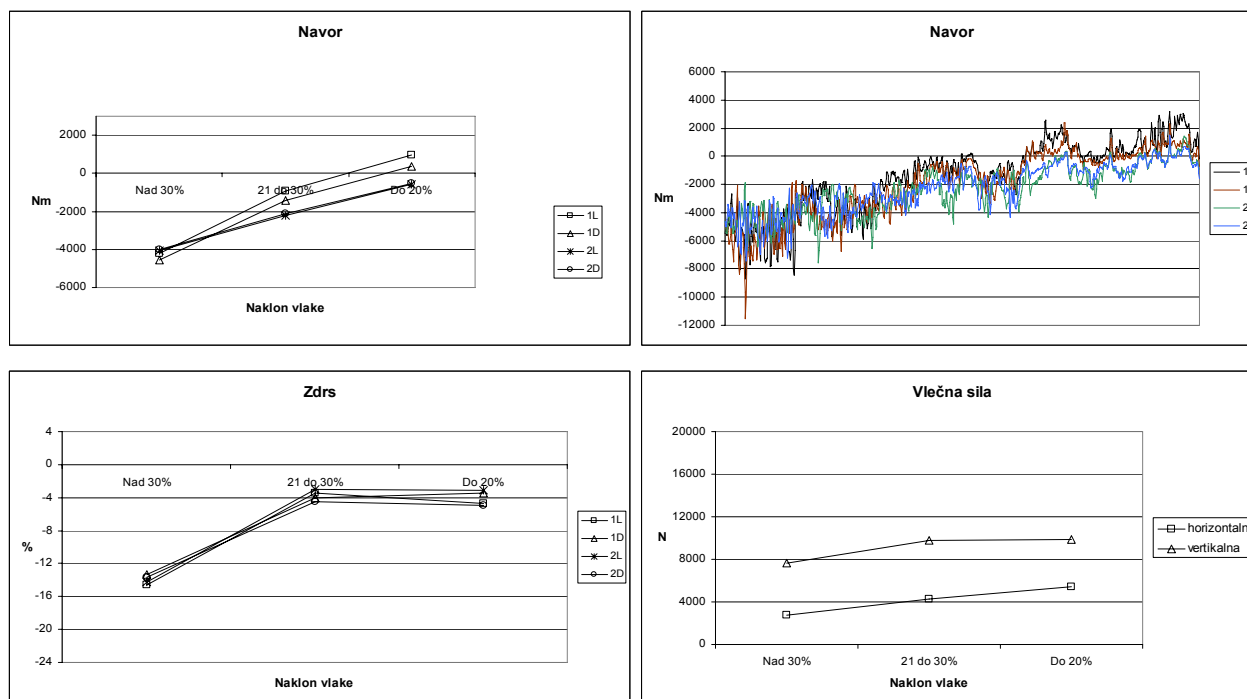
Zdrs zavzema ves čas negativne vrednosti; te se pri vožnji navzdol ob naklonu 21 do 30 % in do 20 % bistveno zmanjšajo in dosegajo vrednosti med –3 in –5 %. Zdrs je po svoji absolutni vrednosti večji kot pri nasprotno orientiranem bremenu in kaže prav obrnjeno zakonitost kot pri vlačanju bremena 2 m³ navzdol.

Vlečna sila z zmanjševanjem vzdolžnega naklona narašča, v spodnjem delu je horizontalna komponenta za približno 94 % večja kot v zgornjem delu vlake.

Horizontalna komponenta vlečne sile je pri orientaciji bremena tanjši naprej manjša kot pri nasprotni orientaciji bremena.

Preglednica 15: Tehnični parametri Woody 110, 3 m³, tanjši, dol

WOODY 110 3,00 TD	Naklon	Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
3,11 m ³		1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
2430 kg	Nad 30 %	49	51	-4.229	-4.565	-4.072	-3.987	-15	-13	-14	-14	2.787	7.643
Ustavitev: m	21 do 30 %	47	53	-933	-1.440	-2.244	-2.099	-3	-4	-3	-4	4.275	9.788
Naklon – ustavitev: %	Do 20 %	40	60	975	351	-559	-541	-5	-3	-3	-5	5.417	9.874
Prevožena razdalja: 167,8 m													



Slika 36: Tehnični parametri Woody 110, 3 m³, tanjši, dol

7.1.11 Ciklus W, 4 m³, DG

Traktor Woody 110 pri vlačanju bremena navzgor, debelejši del je usmerjen naprej. Traktor z bremenom je pri vlačanju navzgor prevozil vlako do p. 11 + 2,0 m in se ustavil pri naklonu 31 %. Breme znaša 4,07 m³ in tehta 3169 kg. Razdalja vlačanja je 129,5 m. Pri manjšem bremenu (3,11 m³) in enaki orientaciji je traktor takšen naklon zmogel in se ustavil šele pri naklonu 42 %.

Pri obremenitvi s 4,07 m³ je v naklonu do 20 % kar 3/4 mase na zadnji osi; ob vožnji navzgor se večja vzdolžni naklon vlake, s tem pa tudi vpliv težnosti, ki povzroči, da je zadnja os vedno več obremenjena. Ob koncu vlačanja (nakloni nad 30 %) je zadnja os obremenjena z 80 % skupne mase traktorja in bremena. Večje breme povzroči tudi večjo obremenitev zadnje osi traktorja. Pri bremenu 4 m³ in enaki orientaciji je za 5 do 10 % več mase porazdeljene na zadnji del traktorja kot pri eni stopnji manjšem bremenu (3 m³).

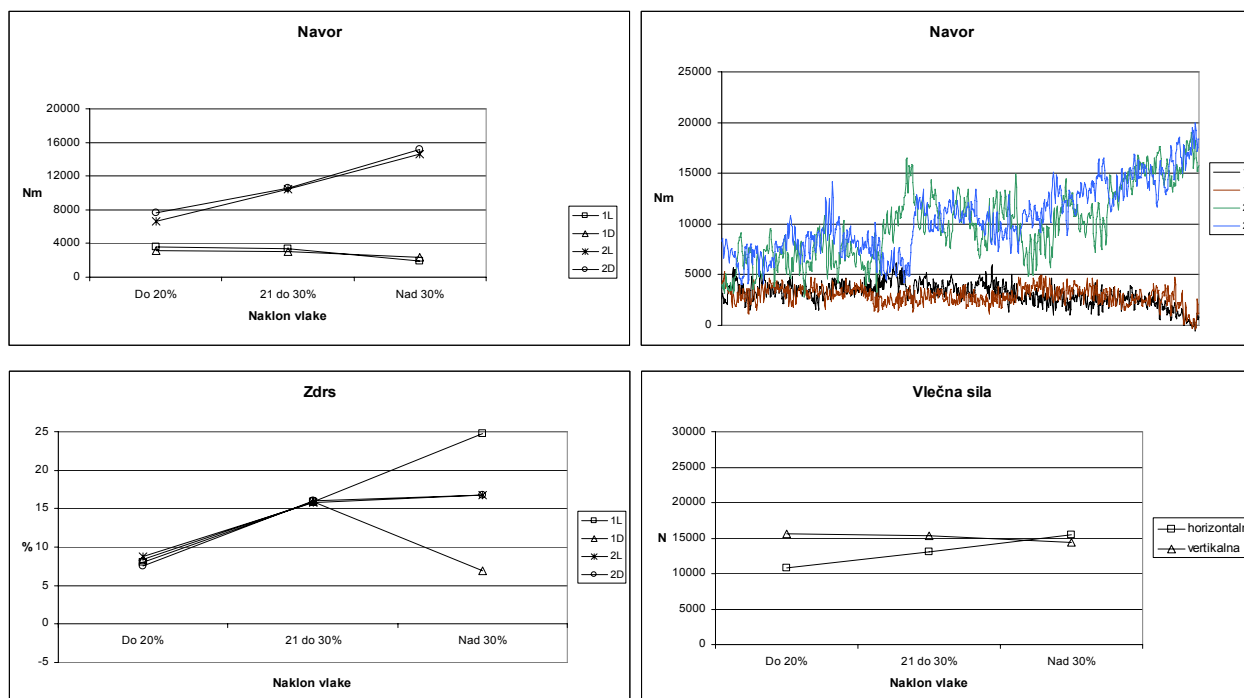
Navor je ves čas vožnje navzgor pozitiven. Na prvi osi se bistveno ne spreminja, njegove vrednosti padejo šele v zadnjem, strmem delu vlake. Na zadnji osi pa se tako kot masa traktorja povečujejo tudi vrednosti navora in dosežejo največjo vrednost v najbolj strmem delu vlake, kjer se traktor tudi ustavi.

Pri vožnji navzgor se zdrs na posameznih kolesih medsebojno ne razlikuje bistveno. To velja za naklone do 20 % in 21 do 30 %; v zadnjem strmem delu se na zadnji osi zdrs še poveča. Na prednji osi, ki je v tem delu obremenjena z zgolj 20 % skupne mase, sta se kolesi pred ustavitvijo različno vrteli.

Vlečna sila narašča, ob koncu vlačanja je njena horizontalna komponenta za 44 % večja kot ob vlačanju pri najmanjšem naklonu.

Preglednica 16: Tehnični parametri Woody 110, 4 m³, debelejši, gor

WOODY 110 4,00 DG 4,07 m ³	Naklon	Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
		1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
3169 kg	Do 20 %	24	76	3.571	3.178	6.638	7.695	8	8	9	8	10.776	15.623
Ustavitev: p. 11 + 2,0 m	21 do 30 %	21	79	3.333	2.989	10.461	10.613	16	16	16	16	13.020	15.374
Naklon – ustavitev: 31 %	Nad 30 %	20	80	1.960	2.350	14.636	15.136	25	7	17	17	15.486	14.341
Prevožena razdalja: 129,5 m													



Slika 37: Tehnični parametri Woody 110, 4 m³, debelejši, gor

7.1.12 Ciklus W, 4 m³, TG

Traktor Woody 110 pri vlačanju bremena navzgor, tanjši del je usmerjen naprej. Traktor z bremenom je pri vlačanju navzgor prevozil vlako do p. 10 + 10,5 m in se ustavil pri naklonu 32 %. Breme znaša 4,13 m³ in tehta 3353 kg. Razdalja vlačanja je 120,0 m. Breme je v tem primeru za 184 kg težje kot pri prejšnjem bremenu z nasprotno orientacijo. Traktor z bremenom se je ustavil med p. 10 in p. 11 – v tem primeru to pomeni, da je prepeljal 9,5 m krajšo pot kot pri bremenu, ki je bilo orientirano z debelejšim delom naprej. Na krajšo prevoženo pot vpliva tudi večja masa bremena, predvsem pa njegova orientacija – zakonitost daljše prevožene poti pri bremenih z debelejšim delom, obrnjenim v smeri vožnje, se kaže tudi pri drugih ciklih.

Porazdelitev mase na traktorju kaže na podobno zakonitost kot v prejšnjem primeru. Breme, obrnjeno s tanjšim delom naprej, pomeni manjšo obremenitev zadnjega dela traktorja, pri največjem naklonu je pri vožnji navzgor na zadnji osi 78 % skupne mase.

Vrednosti navora so pri spravi navzgor ves čas pozitivne. Na prednji osi se bistveno ne spreminjajo, le v zadnjem, strmem delu, se ob manjši obremenitvi z maso traktorja minimalno zmanjšajo. Na zadnji osi obremenitev z navorom ob večanju vzdolžnega naklona narašča.

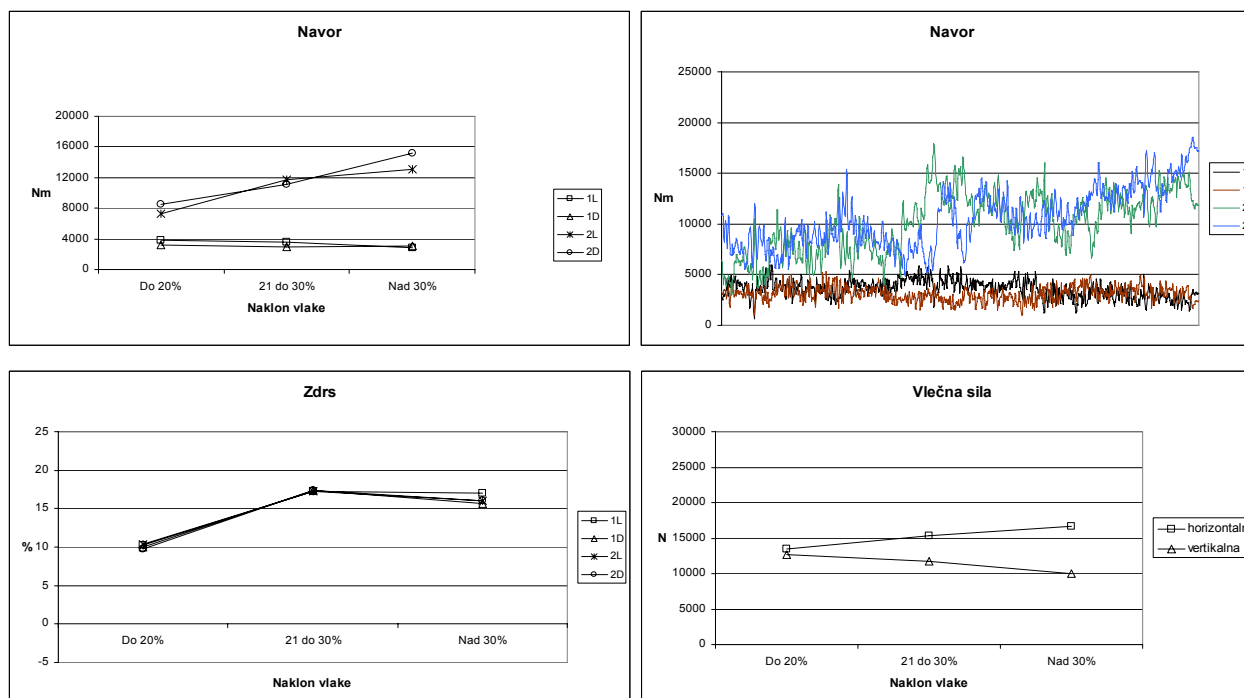
Zdrs pri naklonu do 20 % znaša 10 %, z naraščanjem naklona se poveča na 17 %; ob koncu vlačanja v strmem delu ostane na približno enaki ravni. Pri spravi navzgor je zaradi orientacije bremena na zadnji osi traktorja manjši delež mase, zdrs je na delu vlake z naklonom do 20 % in od 21 do 30 % večji kot pri orientaciji bremena debel naprej.

Potrebna horizontalna vlečna sila pri spravi navzgor narašča – ob koncu vlačanja je njena vrednost za 24 % večja. Vertikalna komponenta je pri orientaciji

tanjši naprej kljub precej večjemu bremenu (184 kg) manjša kot pri njegovi nasprotni orientaciji.

Preglednica 17: Tehnični parametri Woody 110, 4 m³, tanjši, gor

WOODY 110 4,00 TG	Naklon	Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
		1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
4,13 m ³													
3353 kg	Do 20 %	25	75	3.784	3.221	7.310	8.484	10	10	10	10	13.464	12.603
Ustavitev: p. 10 + 10,5 m	21 do 30 %	23	77	3.636	2.959	11.717	11.080	17	17	17	17	15.331	11.683
Naklon – ustavitev: 32 %	Nad 30 %	22	78	2.786	3.036	13.097	15.188	17	16	16	16	16.665	10.003
Prevožena razdalja: 120,0 m													



Slika 38: Tehnični parametri Woody 110, 4 m³, tanjši, gor

7.1.13 Ciklus W, 4 m³, DD

Traktor Woody 110 pri vlačanju bremena navzdol, debelejši del je usmerjen naprej. Breme znaša 4,13 m³ in tehta 3353 kg. Razdalja vlačanja je 167,8 m.

Pri bremenu 4,13 m³ je tudi v največji strmini večina mase porazdeljena na zadnji del traktorja – v tem delu spravila navzdol dosežemo razmerje 42 : 58. Takšno razmerje obremenitve nastaja prvič šele pri tolikšni obremenitvi z bremenom – ob bremenu 3 m³ je bilo to razmerje v strmem delu (nad 30 %) obrnjeno. Razmerje se ob spreminjanju vzdolžnega naklona spreminja in doseže v spodnjem, položnejšem delu vrednost 33 : 67. Pri bremenu 4,13 m³ in naklonu do 20 % imamo torej tudi pri vožnji navzdol kar 2/3 skupne mase porazdeljene na zadnjem delu traktorja.

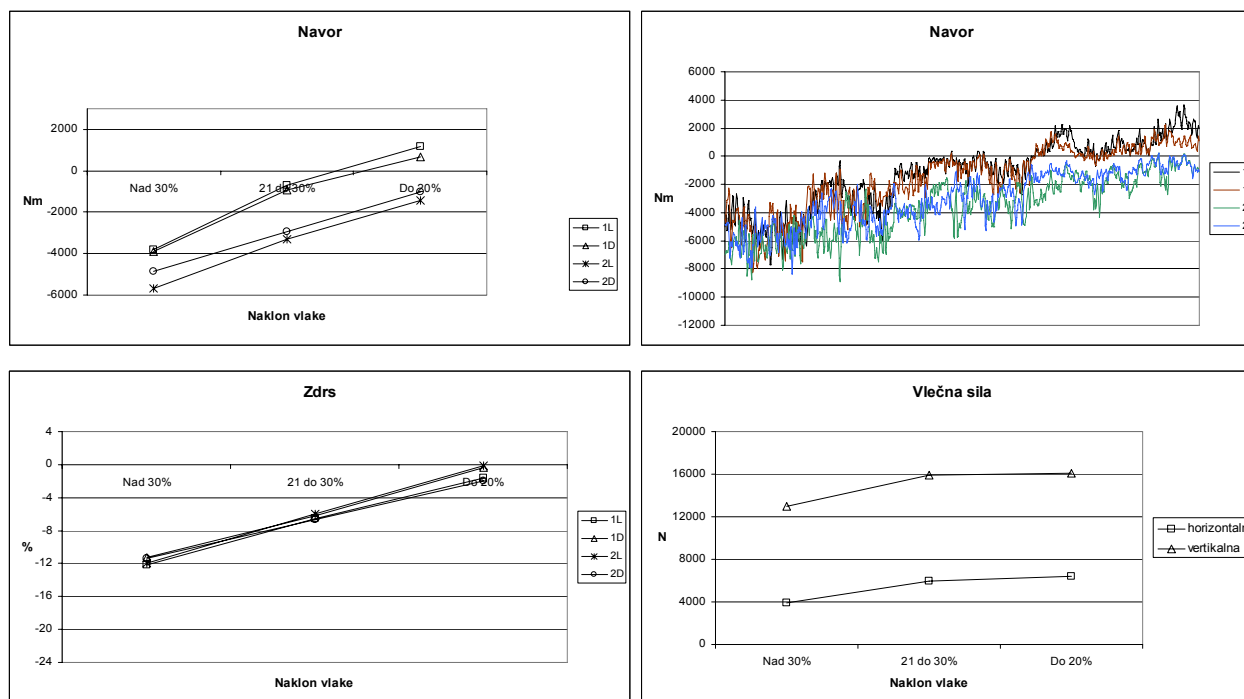
Vrednosti navora na obeh oseh pri vožnji navzdol so večinoma negativne. Izjema so vrednosti na prednji osi, ki se že v delu vlake od 21 do 30 % naklona približajo vrednosti nič. V zadnjem delu vlačanja (nakloni do 20 %) pa so večinoma pozitivne, to pomeni, da prednja kolesa že »vlečejo«, zadnja pa še vedno zavirajo. Ob vlačanju 4,13 m³ torej breme s svojo maso v položnejšem delu vlake že povzroči, da so vrednosti navorov na prednjih kolesih pozitivne.

Vrednosti zdrsa so pri vlačanju navzdol večinoma negativne; pri tolikšnem bremenu pa se prvič zgodi, da vrednosti zdrsa v spodnjem delu vlake (do 20 %) dosežejo vrednost nič. Izmerjene in izračunane vrednosti v spodnjem združenem odseku kažejo, da na dveh kolesih ni zdrsa, na drugih dveh pa so še vedno minimalne negativne vrednosti (– 2 %).

Pri vlačanju bremena 4,13 m³ navzdol se potrebna horizontalna komponenta vlečne sile povečuje – zaradi zmanjšanja vzdolžnega naklona vlake je ob koncu vlačanja večja za 64 %.

Preglednica 18: Tehnični parametri Woody 110, 4 m³, debelejši, dol

WOODY 110 4,00 DD	Naklon	Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
4,13 m ³		1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
3353 kg	Nad 30 %	42	58	-3.797	-3.890	-5.688	-4.878	-12	-11	-12	-11	3.900	13.006
Ustavitev: m	21 do 30 %	37	63	-679	-937	-3.293	-2.961	-7	-6	-6	-7	5.958	15.932
Naklon – ustavitev: %	Do 20 %	33	67	1.158	654	-1.447	-1.019	-2	0	0	-2	6.393	16.045
Prevožena razdalja: 167,8 m													



Slika 39: Tehnični parametri Woody 110, 4 m³, debelejši, dol

7.1.14 Ciklus W, 4 m³, TD

Traktor Woody 110 pri vlačanju bremena navzdol, tanjši del je usmerjen naprej. Breme znaša 4,07 m³ in tehta 3169 kg. Breme je za 184 kg lažje od nasprotno usmerjenega bremena. Poševna razdalja vlačanja znaša 167,8 m.

Tudi pri nasprotno usmerjenem bremenu je ne glede na naklon vlačanja na zadnjem delu traktorja vedno več mase kot na prednjem. Ob takšnem bremenu je na zadnji osi za 5–6 % manj porazdeljene skupne mase. V spodnjem delu vlake (do 20 %) znaša razmerje mas 38 : 62.

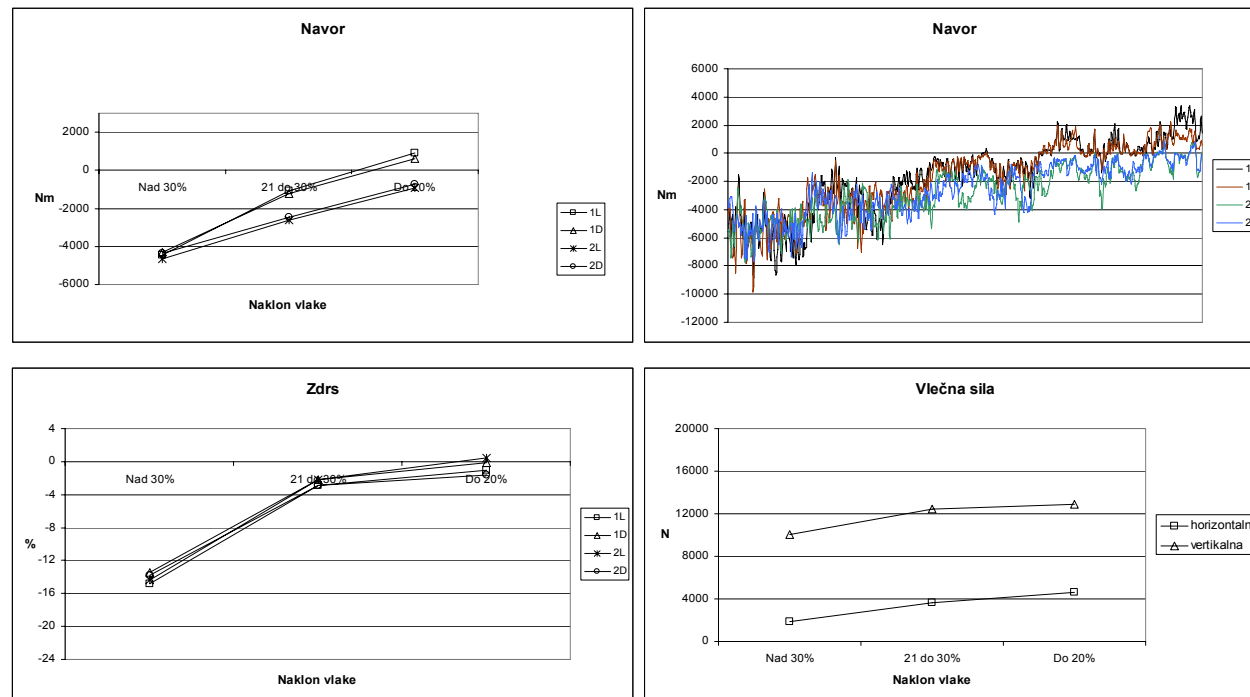
Zakovitost pojavljanja vrednosti navorov je podobna kot pri nasprotno usmerjenem bremenu. Vrednosti so negativne, izjema so le vrednosti na prednji osi v najpoložnejšem delu vlake (do 20 %). Vrednosti navorov na prednji osi so ves čas manjše, razen v že omenjenem spodnjem delu vlake.

Vrednosti zdrs so negativne in se z manjšanjem naklona bližajo vrednosti nič. To vrednost dosežejo na dveh kolesih v spodnjem, najpoložnejšem delu vlake. Nikoli pa vrednosti zdrs v oblikovanih združenih odsekih ne dosežejo pozitivnih vrednosti. Sklenemo lahko, da pri bremenu približno 4 m³, ne glede na njegovo orientacijo, pri zdrs nikdar ne dosežemo pozitivnih vrednosti.

Vrednost potrebne vlečne sile narašča, ob koncu vlačanja je horizontalna komponenta vlečne sile za 49 % večja.

Preglednica 19: Tehnični parametri Woody 110, 4 m³, tanjši, dol

WOODY 110 4,00 TD	Naklon	Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
4,07 m ³		1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
3169 kg	Nad 30 %	47	53	-4.450	-4.320	-4.676	-4.379	-15	-13	-14	-14	1.873	10.071
Ustavitev: m	21 do 30 %	43	57	-1.082	-1.244	-2.610	-2.447	-3	-2	-2	-3	3.687	12.437
Naklon – ustavitev: %	Do 20 %	38	62	914	606	-934	-711	-1	0	0	-2	4.665	12.871
Prevožena razdalja: 167,8 m													



Slika 40: Tehnični parametri Woody 110, 4 m³, tanjši, dol

7.1.15 Ciklus W, 5 m³, DG

Traktor Woody 110 pri vlačanju bremena navzgor, debelejši del je usmerjen naprej. Traktor z bremenom je pri vlačanju navzgor prevozil vlako do p. 10 + 9,7 m in se ustavil pri naklonu 32 %. Breme znaša 5,12 m³ in tehta 3958 kg. Razdalja vlačanja je 119,2 m. Pri manjšem bremenu (4,07 m³) in njegovi enaki usmerjenosti je traktor zmogel 10,3 m daljšo pot.

Pri vzdolžnem naklonu vlake do 20 % imamo na zadnji osi traktorja 3/4 celotne mase. V srednjem združenem odseku (nakloni od 21 do 30 %) je zadnji del traktorja še dodatno obremenjen – v tem primeru je kar 81 % mase traktorja in bremena na zadnji osi. Takšna zakonitost se glede na izmerjene podatke ne nadaljuje tudi v zgornjem strmem delu, kjer bi upravičeno pričakovali še večje razlike v obremenitvi med prednjim in zadnjim delom traktorja. Treba je pojasniti, da je dolžina poti, ki jo je traktor opravil v zadnjem odseku, zelo kratka (zgolj 7,1 m). Na tako kratkem odseku je zaradi načina zajemanja in obdelave podatkov o obremenitvi na posamezno kolo težko dobiti dovolj stvarnih podatkov, iz katerih bi lahko sklepali na razmere, ki nastanejo med vlačanjem. Menimo, da je to poglavitni razlog za takšne nelogične vrednosti, ki smo jih ugotovili na tem kratkem, zadnjem odseku.

Vrednosti navorov pri vožnji navzgor so pozitivne – to pomeni, da vsa 4 kolesa »vlečejo«. Vrednosti na prednji osi so bistveno manjše in se z naraščanjem vzdolžnega naklona zmanjšujejo. Zaradi vpliva težnosti in naraščanja vzdolžnega naklona se z maso manjša tudi obremenitev prednjih koles. Na zadnji osi je prav nasprotno: vedno več mase obremenjuje zadnji del, navori ves čas vlačanja naraščajo. Pred ustavitvijo traktorja so vrednosti navora na zadnji osi lahko tudi do 10-krat večje od vrednosti na prednji.

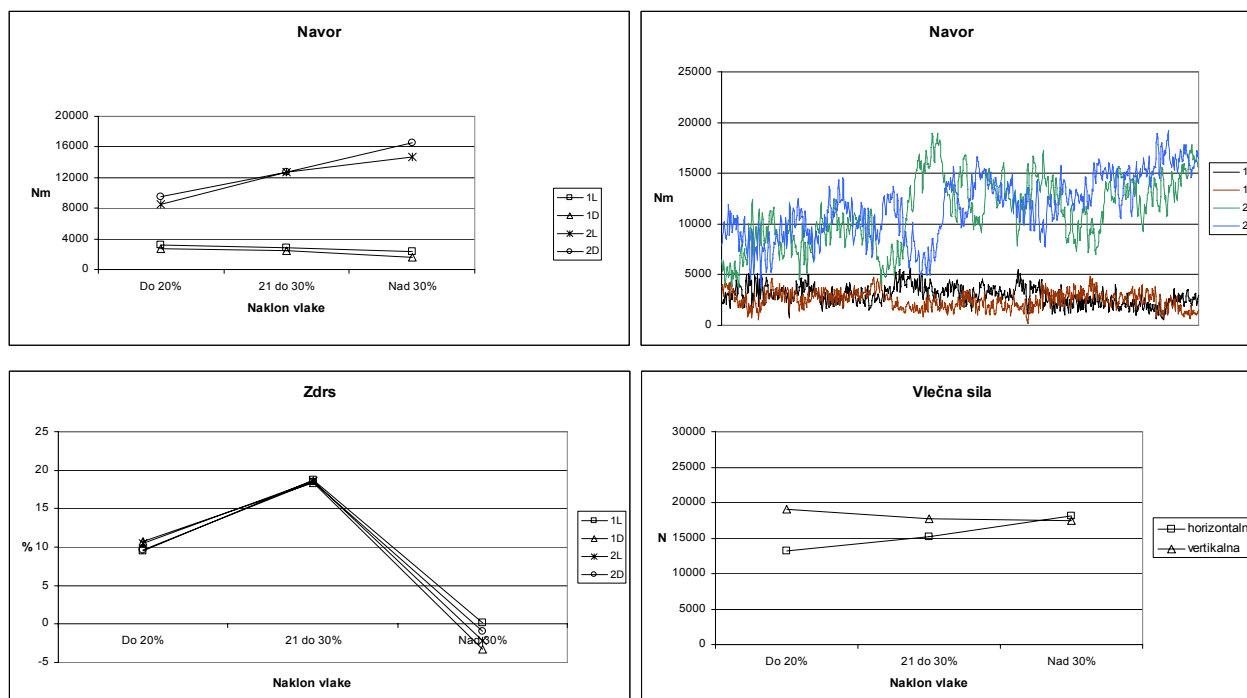
Zdrs pri bremenu 5,12 m³ naraste v srednjem delu vlake (od 21 do 30 %) do vrednosti 19 %. Vrednosti na posameznih kolesih so si podobne. V zadnjem odseku (nad 30 % vzdolžnega naklona) so vrednosti nelogične, zdrs zavzema celo

negativne vrednosti. Domnevamo, da je med merjenjem nastala napaka, ki je žal ne znamo pojasniti.

Za vlačenje $5,12 \text{ m}^3$ bremena navzgor je v najbolj strmem delu potrebna bistveno večja vlečna sila. Njena horizontalna komponenta je v strmini večja za 38 %.

Preglednica 20: Tehnični parametri Woody 110, 5 m³, debelejši, gor

WOODY 110 5,00 DG	Naklon	Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
5,12 m ³		1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
3958 kg	Do 20 %	25	75	3.224	2.754	8.549	9.542	9	11	10	10	13.137	19.093
Ustavitev: p. 10 + 9,7 m	21 do 30 %	19	81	2.826	2.431	12.739	12.703	19	18	19	19	15.227	17.745
Naklon – ustavitev: 32 %	Nad 30 %	27	73	2.338	1.627	14.659	16.545	0	-3	-2	-1	18.085	17.442
Prevožena razdalja: 119,2 m													



Slika 41: Tehnični parametri Woody 110, 5 m³, debelejši, gor

7.1.16 Ciklus W, 5 m³, TG

Traktor Woody 110 pri vlačanju bremena navzgor, tanjši del je usmerjen naprej. Traktor z bremenom je pri vlačanju navzgor prevozil vlako do p. 10 + 10,0 m in se ustavil pri naklonu 32 %. Breme znaša 5,15 m³ in tehta 3633 kg. Razdalja vlačanja je 119,5 m. V tem primeru se breme po prostornini minimalno razlikuje od bremena z nasprotno orientacijo, po masi pa je za 325 kg lažje. Glede na usmerjenost bremena (tanjši del naprej) bi pričakovali, da bo traktor s takšnim bremenom opravil v strmini krajšo pot. Traktor se je ustavil pri p. 10 + 10,0 m pri naklonu 32 %. Opravil je za 0,3 m daljšo pot kot ob nasprotni orientaciji bremena. Menimo, da je vzrok predvsem v bremenu, ki je po prostornini sicer podobno, po masi pa precej lažje od bremena z nasprotno orientacijo.

Masa je porazdeljena podobno kot pri nasprotni orientaciji; v tem primeru (tanjši naprej) je manj obremenitve na zadnji osi. Za porazdelitev mase v delu vlačanja pred ustavitvijo pa velja enako kot v prejšnjem primeru – premalo podatkov, predvsem pa vpliv dinamičnih obremenitev, ki popačijo sliko rezultatov na kratkem odseku ob koncu vlačanja.

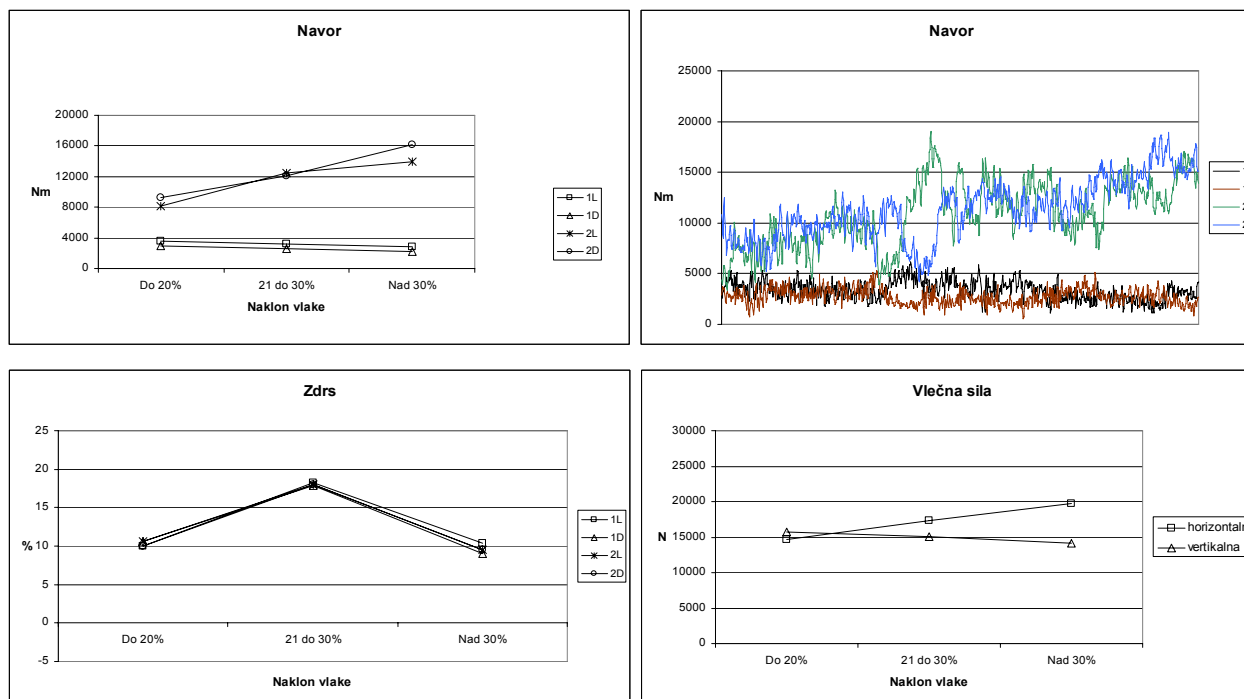
Vrednosti navorov so pozitivne, na prednji osi se ob naraščanju vzdolžnega naklona zmanjšujejo, na zadnji pa strmo povečujejo.

Vrednosti zdrsa se v delu vlake z nakloni do 20 % in od 21 do 30 % kažejo kot logične in predvsem pričakovane; v zadnjem, strmem delu pa so vrednosti zdrsa manjše. Razlog je morda v manjši hitrosti gibanja tik pred ustavitvijo (premikanje traktorja je minimalno) ter posledično manjši dinamiki vrtenja koles in s tem manjšim zdrsem.

Potrebna vlečna sila med vlačanjem navzgor narašča. Ob koncu je horizontalna komponenta vlečne sile za 35 % večja.

Preglednica 21: Tehnični parametri Woody 110, 5 m³, tanjši, gor

WOODY 110 5,00 TG	Naklon	Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
5,15 m ³		1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
3633 kg	Do 20 %	27	73	3.601	2.986	8.158	9.260	10	11	11	10	14.619	15.758
Ustavitev: p. 10 + 10,0 m	21 do 30 %	20	80	3.261	2.637	12.488	12.082	18	18	18	18	17.366	15.078
Naklon – ustavitev: 32 %	Nad 30 %	26	74	2.844	2.278	13.986	16.232	10	9	9	9	19.750	14.099
Prevožena razdalja: 119,5 m													



Slika 42: Tehnični parametri Woody 110, 5 m³, tanjši, gor

7.1.17 Ciklus W, 5 m³, DD

Traktor Woody 110 pri vlačanju bremena navzdol, debelejši del je usmerjen naprej. Breme znaša 5,15 m³ in tehta 3633 kg. Razdalja vlačanja je 167,8 m.

Pri bremenu 5,15 m³, usmerjenem z debelejšim delom naprej, je na zadnji osi 62 % skupne mase, ta delež pa se v spodnjem, položnejšem delu še poveča in doseže v zadnjem delu vlačanja vrednost 70 %.

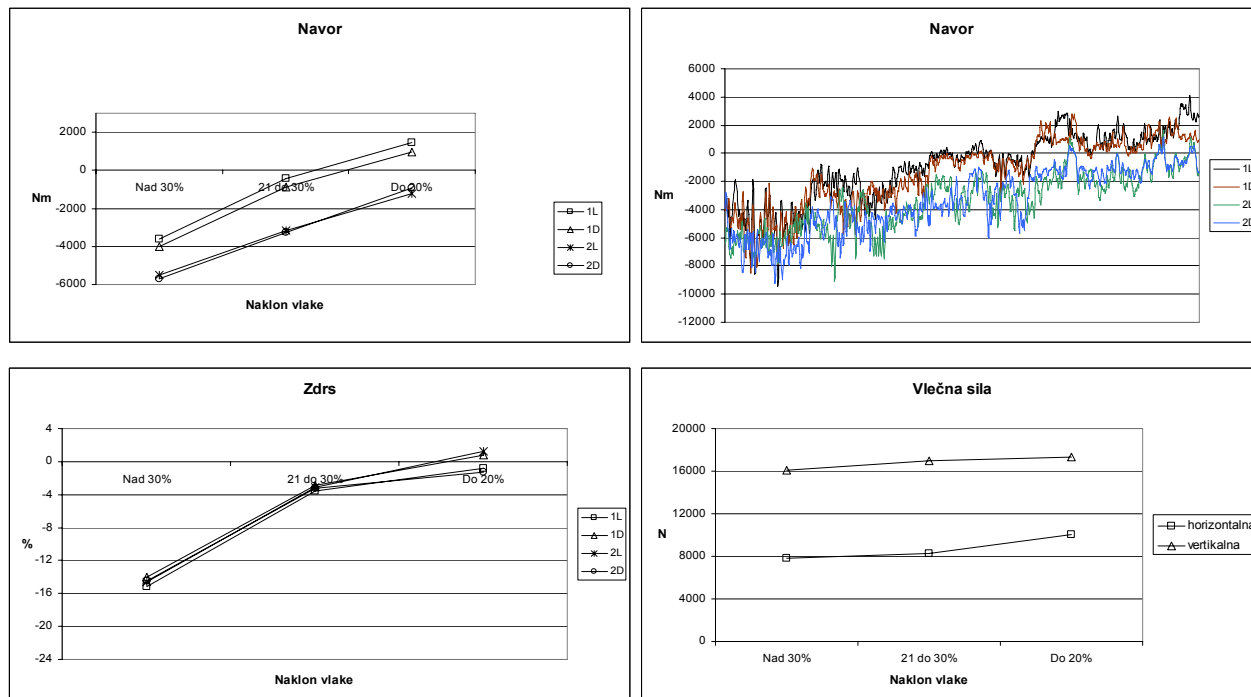
Vrednosti navorov se ravnaajo po podobnih zakonitostih kot druge vožnje navzdol. V zgornjem in srednjem delu vlake so pri vožnji navzdol vrednosti negativne na vseh 4 kolesih, v spodnjem delu (do 20 %) samo še na zadnji osi. Pozitivne vrednosti navorov na prednji osi se povečujejo z večanjem bremena. Samo pri vlačanju 2 m³ navzdol so bile vrednosti navorov na vseh kolesih negativne (tudi v spodnjem, položnejšem delu), pri vseh večjih bremenih pa v spodnjem delu na prednji osi praviloma pozitivne.

Vrednosti zdrsa pri vožnji 5,15 m³ navzdol so negativne, le v spodnjem delu vlake, so na dveh kolesih že pozitivne. Očitno pomeni 5 m³ breme s svojo obremenitvijo tisto mejno vrednost, ki pri vlačanju navzdol na vlaki z naklonom do 20 % na posameznih kolesih že povzroči pozitiven zdrs. Druge vrednosti so blizu ničle.

Med vožnjo navzdol vlečna sila narašča. V spodnjem delu je horizontalna komponenta vlečne sile za 29 % večja kot na začetku vlačanja.

Preglednica 22: Tehnični parametri Woody 110, 5 m³, debelejši, dol

WOODY 110 5,00 DD 5,15 m ³	Naklon	Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
		1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
3633 kg	Nad 30 %	38	62	-3.616	-4.020	-5.496	-5.715	-15	-14	-15	-14	7.816	16.100
Ustavitev: m	21 do 30 %	37	63	-442	-861	-3.162	-3.284	-4	-3	-3	-3	8.276	17.012
Naklon – ustavitev: %	Do 20 %	30	70	1.468	956	-1.235	-933	-1	1	1	-1	10.073	17.299
Prevožena razdalja: 167,8 m													



Slika 43: Tehnični parametri Woody 110, 5 m³, debelejši, dol

7.1.18 Ciklus W, 5 m³, TD

Traktor Woody 110 pri vlačanju bremena navzdol, tanjši del je usmerjen naprej. Breme znaša 5,12 m³ in tehta 3958 kg. Breme je za 325 kg težje od nasprotno orientiranega bremena. Razdalja vlačanja je 167,8 m.

Pri bremenu 5,12 m³ je večina mase ves čas porazdeljena na zadnjem delu traktorja. Ob začetku vlačanja navzdol je zadnja os obremenjena z 61 % skupne mase; med vlačanjem navzdol se obremenitev zadnjega dela povečuje in v spodnjem delu vlake (naklon do 20 %) doseže 71 %. Razmerje porazdelitve mase se med vlačanjem spremeni za 10 %.

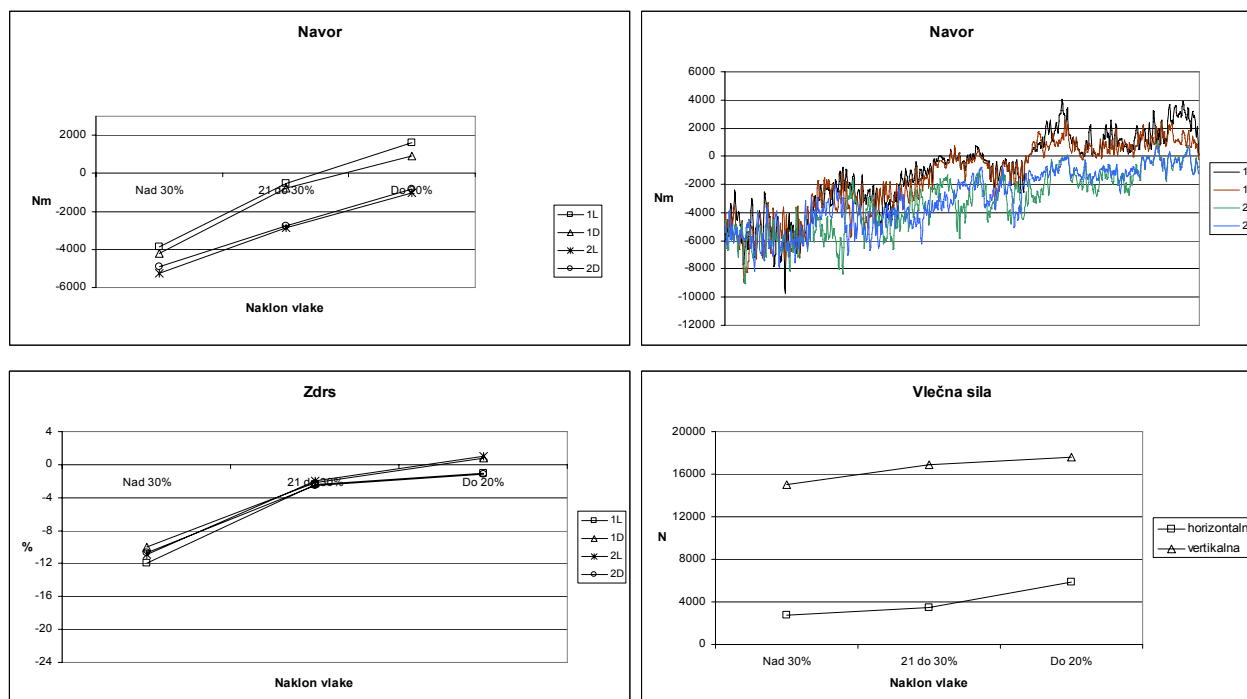
Vrednosti navorov pri vlačanju navzdol so negativne, v pozitivne se spremenijo zgolj na prednji osi v zadnjem delu vlačanja (z nakloni do 20 %). Nekaj vrednosti navorov je pozitivnih tudi na zadnjih kolesih, ko je traktor v spodnjem, položnejšem delu vlake. Takšnih je le nekaj posameznih vrednosti, zato ima izračunana aritmetična sredina navorov še vedno negativen predznak.

Vrednosti zdrs pri vlačanju navzdol so v njegovem začetku negativne in takšne ostanejo vse do srednjega dela naklona (od 21 do 30 %). V spodnjem delu je zdrs minimalen, na dveh kolesih tudi pozitiven. Tudi pri tej orientaciji (tanjši naprej) ugotavljamo pri zdrs enake zakonitosti – pozitiven zdrs na nekaterih kolesih.

Vlečna sila narašča pri prehodu v spodnji del vlake. Ob koncu vlačanja je za 15 % večja.

Preglednica 23: Tehnični parametri Woody 110, 5 m³, tanjši, dol

WOODY 110 5,00 TD	Naklon	Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
5,12 m ³		1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
3958 kg	Nad 30 %	39	61	-3885	-4216	-5270	-4930	-12	-10	-11	-11	2719	15003
Ustavitev: m	21 do 30 %	38	62	-541	-768	-2884	-2762	-2	-2	-2	-2	3469	16852
Naklon – ustavitev: %	Do 20 %	29	71	1597	907	-1016	-811	-1	1	1	-1	5839	17580
Prevožena razdalja: 167,8 m													



Slika 44: Tehnični parametri Woody 110, 5 m³, tanjši, dol

7.1.19 Ciklus W, 6 m³, DG

Traktor Woody 110 pri vlačanju bremena navzgor, debelejši del je usmerjen naprej. Traktor z bremenom je pri vlačanju navzgor prevozil vlako do p. 10 + 5,9 m in se ustavil pri naklonu 32 %. Breme znaša 6,10 m³ in tehta 4537 kg. Razdalja vlačanja je 115,4 m. Pri manjšem bremenu (5,12 m³) in enaki orientaciji je traktor zmogel 3,8 m daljšo pot.

Z večanjem bremena pri vlačanju navzgor vedno več skupne mase obremenjuje zadnji del traktorja. Že ob začetku vlačanja (pri naklonu do 20 %) je skoraj 4/5 mase na zadnji osi. Z večanjem vzdolžnega naklona ta delež narašča in znaša v srednje strmem delu (naklon od 21 do 30 %) kar 85 % celotne mase traktorja in bremena. Komentar k vrednostim v zadnjem, strmem delu je podoben ugotovitvam pri vlačanju 5 m³. Vlačanja na zadnjem odseku je le v dolžini 3,3 m – podatkov za realno oceno posameznih vrednosti je premalo, zato izraža navedeni podatek za maso v zadnjem odseku (nad 30 %) predvsem dinamične obremenitve in ne resničnega dogajanja.

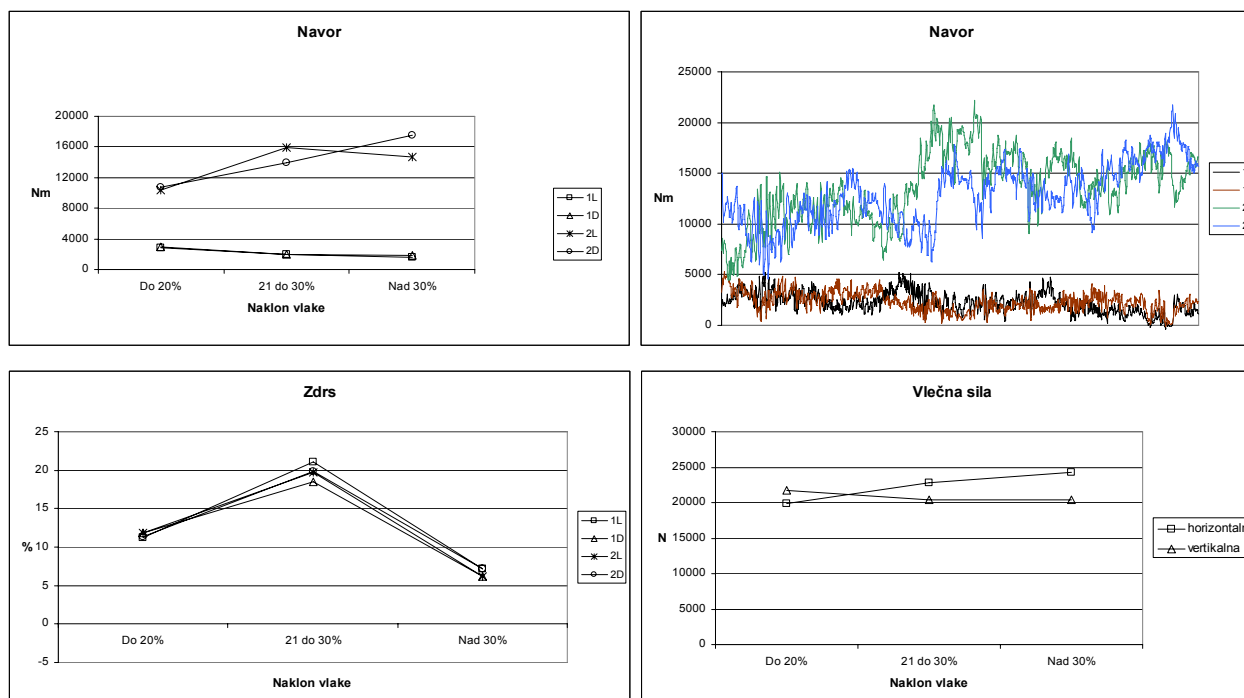
Vrednosti navora so pozitivne in bistveno večje na zadnjih kolesih. Z večanjem vzdolžnega naklona se vrednosti navora na prednjih kolesih manjšajo, na zadnjih pa večajo. Naraščanje vrednosti na zadnji osi je bistveno hitrejše kot zniževanje na prednji – ta zakonitost je skupna vsem ciklusom, pri katerih vlačimo breme navzgor.

Zdrs pri vlačanju navzgor narašča – večji vzdolžni naklon pomeni v tem primeru tudi večji zdrs. Na zadnjem, zgolj 3,3 m dolgem odseku, pa se je vrednost zdrsa bistveno znižala. Razlog je verjetno enak kot v posameznih opisanih prejšnjih primerih pri vlačanju navzgor – manjša hitrost gibanja tik pred ustavitvijo, manjša dinamika vrtenja koles in manjši zdrs. Sicer pa se vrednosti zdrsa na posameznih kolesih ne razlikujejo bistveno.

Vrednosti horizontalne vlečne sile so od vseh ciklusov pri opisanem najvišje, z večanjem vzdolžnega naklona se ta sila večja. Na koncu je večja za 22 %.

Preglednica 24: Tehnični parametri Woody 110, 6 m³, debelejši, gor

WOODY 110 6,00 DG	Naklon	Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
6,10 m		1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
4537 kg:	Do 20 %	21	79	2.796	2.989	10.391	10.761	11	12	12	11	19.828	21.689
Ustavitev: p. 10 + 5,9 m	21 do 30 %	15	85	1.939	1.932	15.887	13.946	21	18	20	20	22.852	20.368
Naklon – ustavitev: 32 %	Nad 30 %	21	79	1.595	1.904	14.731	17.569	7	6	6	7	24.277	20.456
Prevožena razdalja: 115,4 m													



Slika 45: Tehnični parametri Woody 110, 6 m³, debelejši, gor

7.1.20 Ciklus W, 6 m³, TG

Traktor Woody 110 pri vlačanju bremena navzgor, tanjši del je usmerjen naprej. Traktor z bremenom je pri vlačanju navzgor prevozil vlako do p. 7 + 8,7 m in se ustavil pri naklonu 24 %. Breme znaša 6,14 m³ in tehta 4729 kg. Razdalja vlačanja je 68,8 m. Glede na orientacijo bremena je krajša prevožena razdalja pričakovana – v primerjavi z nasprotno orientacijo bremena je traktor opravil kar 46,6 m krajšo pot. Menimo, da k manjši prevoženi razdalji poleg orientacije bremena zanesljivo pripomore tudi njegova masa, ki je bila v tem primeru za 192 kg večja. V celoti je traktor prevozil le združeni odsek od p.3 do p.7, v naslednjem pa se je zaradi naklona in velikega bremena po 8,7 m ustavil.

V tem primeru vlačimo navzgor najtežje breme v celotnem poskusu s tem traktorjem. V srednjem delu vlake (21 do 30 %) imamo kar 86 % skupne mase porazdeljene na zadnji osi traktorja. Izračunana vrednost kaže, da pri tolikšnem vzdolžnem naklonu in največjem bremenu še vedno ostaja povprečno 14 % mase na prednji osi in tudi v posamičnih primerih se prednja os nikoli ne razbremeni povsem. Ta ugotovitev pomeni pomembno spoznanje ob obravnavanju dinamike spravila lesa po vlaki navzgor.

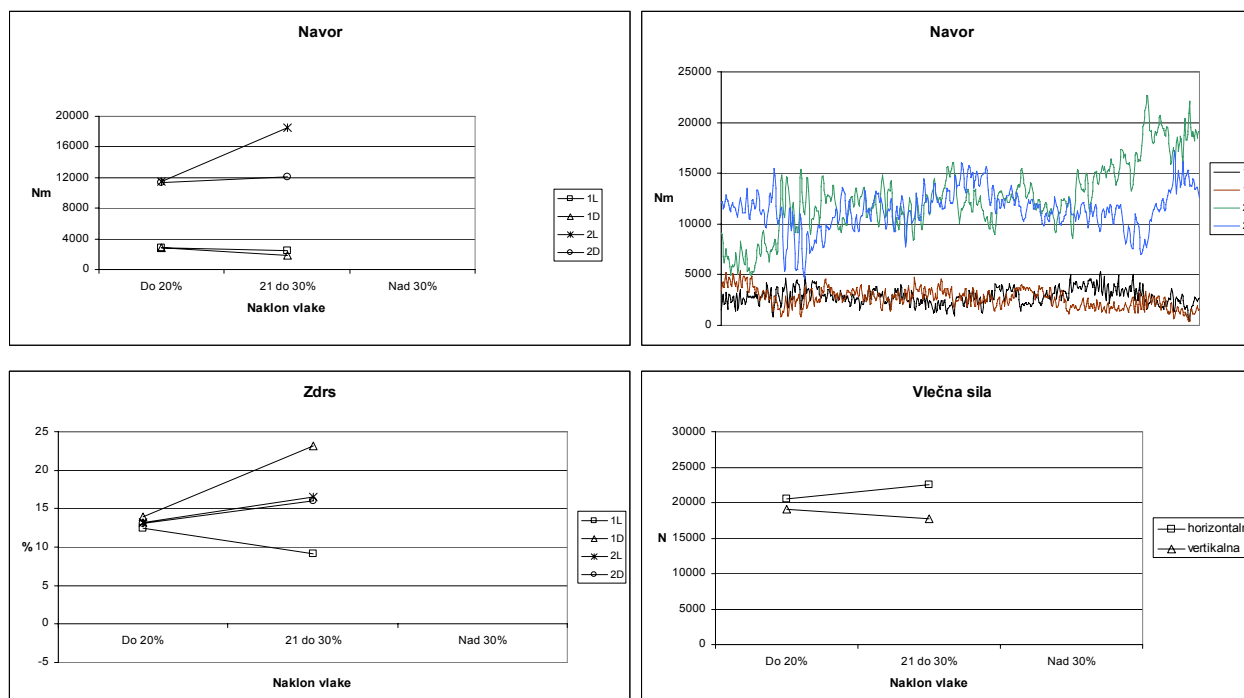
Vrednosti navora so pri vlačanju navzgor pozitivne. Na prednjih kolesih, kjer so manjše, se le-te z večanjem vzdolžnega naklona zmanjšujejo, na zadnjih pa povečujejo. Iz prikaza posameznih vrednosti navora razberemo, da se vrednosti na obeh kolesih iste osi izmenično spreminjajo – sočasno na enem kolesu naraščajo, na drugem pa se zmanjšujejo.

V tem ciklusu ugotavljamo zdrs samo za prva dva združena odseka. V začetku vlačanja znaša 12–14 %, na vseh kolesih je vrednost podobna. V drugem delu pa nastanejo večje razlike na kolesih. To velja posebno za prednjo os, ki je z maso obremenjena le s 14-odstotno. Na levem kolesu prednje osi je zdrs bistveno manjši, obenem pa vrednost navora večja kot na desnem kolesu.

Vlečna sila na vrvi (njena vertikalna komponenta) je pri orientaciji bremena tanjši naprej manjša kot pri njegovi nasprotni orientaciji.

Preglednica 25: Tehnični parametri Woody 110, 6 m³, tanjši, gor

WOODY 110 6,00 TG	Naklon	Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
		1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
6,14 m ³													
4729 kg	Do 20 %	22	78	2.884	2.837	11.449	11.401	12	14	13	13	20.562	19.119
Ustavitev: p. 7 + 8,7 m	21 do 30 %	14	86	2.413	1.801	18.526	12.076	9	23	17	16	22.532	17.701
Naklon – ustavitev: 24 %	Nad 30 %												
Prevožena razdalja: 68,8 m													



Slika 46: Tehnični parametri Woody 110, 6 m³, tanjši, gor

7.1.21 Ciklus W, 6 m³, DD

Traktor Woody 110 pri vlačanju bremena navzdol, debelejši del je usmerjen naprej. Breme znaša 6,14 m³ in tehta 4729 kg. Razdalja vlačanja je 167,8 m.

Pri vožnji navzdol je v zgornjem in srednjem delu vlake masa porazdeljena v podobnem razmerju. Pričakovali bi, da se z zmanjševanjem vzdolžnega naklona dosledno vedno več mase prenaša na zadnjo os traktorja. Očitno na posameznih odsekih vlake v nekaterih primerih vplivajo na rezultat dinamične sile, zato je drugačen kot v večini drugih ciklusov. V spodnjem, najpoložnejšem delu je na zadnji osi 69 % mase.

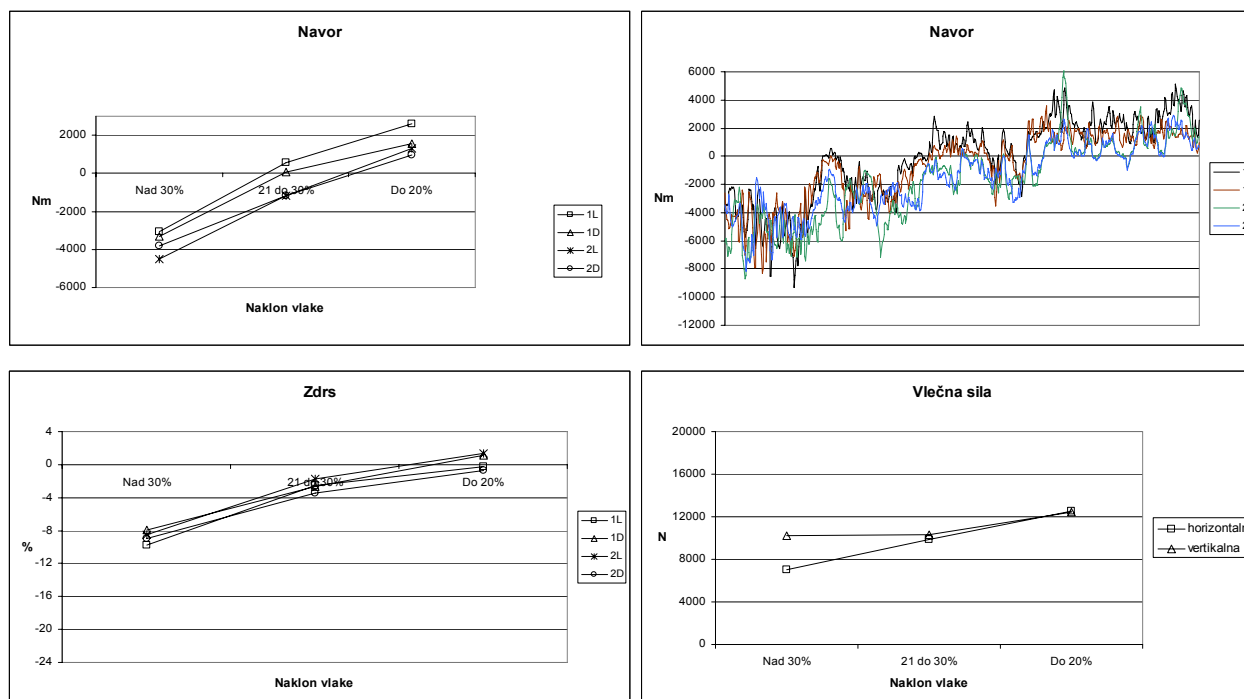
Vrednosti navora na začetku vlačanja v strmini (nad 30 %) so negativne in so si podobne. S preходом v srednji del vlake se spremenijo – na prednji osi so pozitivne, na zadnji pa so njihove povprečne vrednosti še vedno negativne. Prvič se torej v poskusu pri bremenu 6,14 m³ zgodi, da so vrednosti navorov v spodnjem delu vlake (do 20 %) na vseh kolesih pozitivne. Analiza posameznih vrednosti kaže, da je le nekaj meritev negativnih – to se redko zgodi, in sicer le na zadnji osi.

Zdrs je tudi v tem primeru pri večjih vzdolžnih naklonih negativen, z manjšanjem naklona se njegove vrednosti zmanjšujejo. V spodnjem delu (nakloni vlake do 20 %) se vrednosti zdrs bližajo ničli, v nekaterih primerih so že pozitivne. Izmerjeni negativni zdrs se pojavlja samo še na enem kolesu.

Vlečna sila z manjšanjem vzdolžnega naklona narašča. Ob koncu je horizontalna komponenta večja za 80 %.

Preglednica 26: Tehnični parametri Woody 110, 6 m³, debelejši, dol

WOODY 110 6,00 DD 6,14 m ³	Naklon	Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
		1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
4729 kg	Nad 30 %	47	53	-3.061	-3.327	-4.512	-3.799	-10	-8	-9	-9	6.987	10.192
Ustavitev: m	21 do 30 %	48	52	567	78	-1.154	-1.164	-2	-3	-2	-3	9.847	10.289
Naklon – ustavitev: %	Do 20 %	31	69	2.603	1.543	1.318	967	0	1	1	-1	12.563	12.473
Prevožena razdalja: 167,8 m													



Slika 47: Tehnični parametri Woody 110, 6 m³, debelejši, dol

7.1.22 Ciklus W, 6 m³, TD

Traktor Woody 110 pri vlačanju bremena navzdol, tanjši del je usmerjen naprej. Breme znaša 6,10 m³ in tehta 4537 kg. Breme je za 192 kg lažje od nasprotno orientiranega bremena. Razdalja vlačanja je 167,8 m. Žal v spodnjem delu vlake (nakloni do 20 %) nimamo izmerjenih podatkov, saj zaradi tehničnih težav meritev na tem delu vlake ni bila opravljena. Zaradi metodologije dela, oblike vlake in predvsem velikosti bremena se meritve ni dalo ponoviti.

Izračunane povprečne vrednosti porazdelitve mase kažejo na enako razmerje med prednjo in zadnjo osjo ne glede na spremembo vzdolžnega naklona. Pri prosto visečem bremenu na vrvi vitla bi ob večanju mase bremena pričakovali naraščanje obremenitve zadnjega dela traktorja. Samo vlačenje je zelo dinamičen proces, zlasti pri vožnji navzdol, kjer so hitrosti večje. Pri tem se lahko vleče celotno breme, ali pa se le-to občasno naslanja na naletno desko. Zato nastajajo razlike v obremenitvi zadnje osi (in hkrati razbremenitvi prednje) ali vsega traktorja.

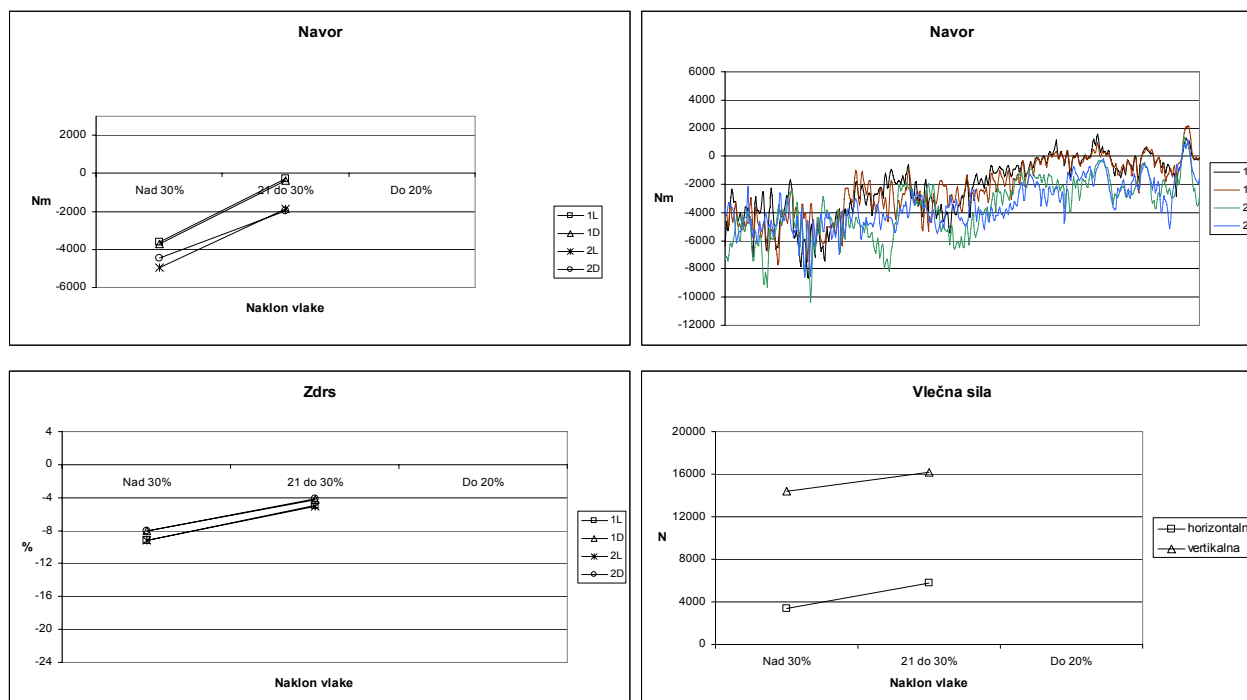
Posamične vrednosti navorov v naklonu nad 30 % zavzemajo negativne vrednosti. Po absolutni vrednosti so na tem delu vlake navori večji na zadnji osi. V nadaljevanju vlačanja ostaja vrednostno razmerje med prednjo in zadnjo osjo podobno. Vrednosti se po absolutni vrednosti zmanjšujejo in so v srednjem delu pri naklonih od 21 do 30 % že pozitivne, na zadnji osi pa večinoma še vedno negativne.

Zdrs je bil ves čas meritve negativen, z manjšanjem vzdolžnega naklona se je manjšal. V srednjem delu vlake pri vzdolžnem naklonu 21–30 % znaša od –4 do –5 %.

Manjši vzdolžni naklon pomeni, da je pri spravilu navzdol potrebna večja vlečna sila. Ob vlačanju v srednjem delu vlake (nakloni 21–30 %) je bila horizontalna komponenta vlečne sile za 72 % večja.

Preglednica 27: Tehnični parametri Woody 110, 6 m³, tanjši, dol

WOODY 110 6,00 TD	Naklon	Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
6,10 m ³		1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
4537 kg	Nad 30 %	44	56	-3.630	-3.701	-4.950	-4.457	-9	-8	-9	-8	3.347	14.373
Ustavitev: m	21 do 30 %	44	56	-299	-402	-1.852	-1.985	-5	-4	-5	-4	5.769	16.208
Naklon – ustavitev: %	Do 20 %												
Prevožena razdalja: 167,8 m													



Slika 48: Tehnični parametri Woody 110, 6 m³, tanjši, dol

7.2 AGT 835 T S HIDROSTATIČNO TRANSMISIJO

7.2.1 Ciklus AGT H, prazen, gor

Traktor AGT s hidrostatično transmisijo pri vožnji brez bremena po vlaki navzgor. Traktor je zmozel celotno vlako, dolžina prevožene poti znaša 170,8 m, največji vzdolžni naklon vlake pa 27 %.

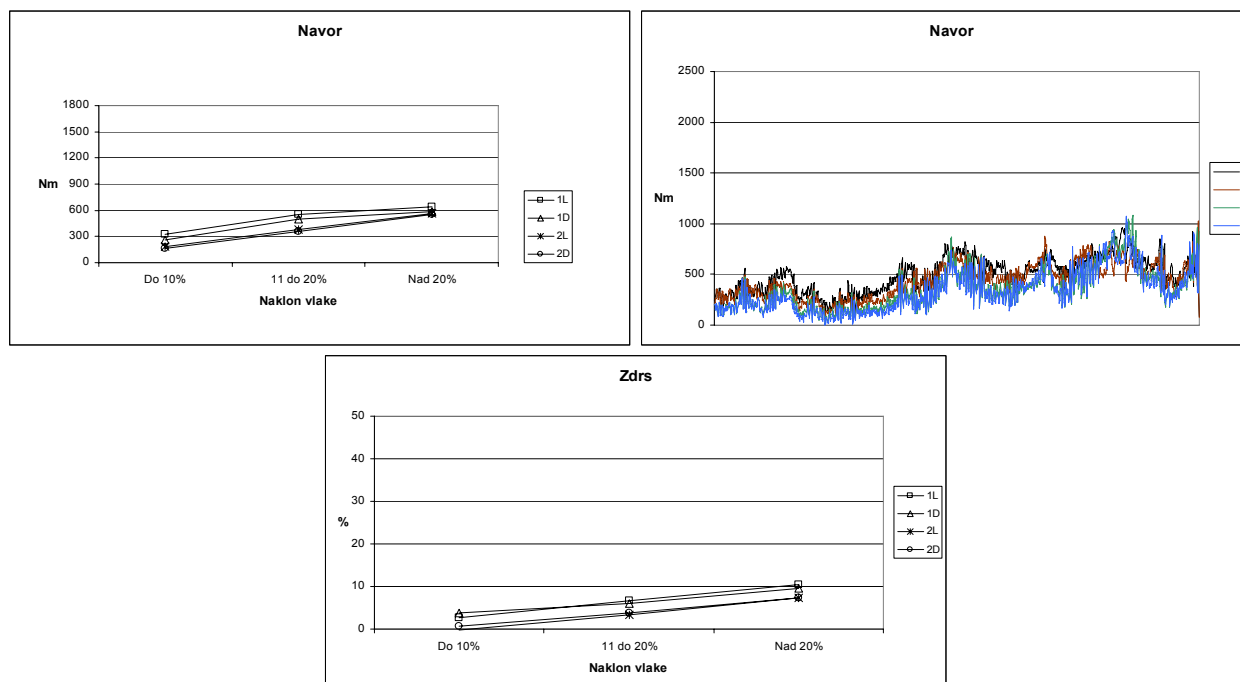
Pri vožnji navzgor je večina mase traktorja na prednji osi. V začetnem, položnem delu (do 10 %) je masa porazdeljena v razmerju 62 : 38. Z naraščanjem vzdolžnega naklona se več obremenitev zadnje osi (54 : 46) oziroma 52 : 48 v zadnjem najbolj strmем delu. Med celotno vožnjo praznega traktorja navzgor imamo torej ne glede na vzdolžni naklon vedno več mase porazdeljene na prednji osi.

Navori so pri vožnji navzgor ves čas pozitivni, z naraščanjem vzdolžnega naklona se večajo. Na prednjih kolesih so vrednosti navora večje, razlika se pri vožnji navzgor manjša in je v zgornjem, najbolj strmем delu najmanjša. V tem delu vlake so si vrednosti navorov na vseh 4 kolesih podobne, pri tem pa je tudi masa na prednjo oziroma zadnjo os skoraj enakomerno porazdeljena (52 : 48).

Vrednosti zdrsa med vožnjo navzgor naraščajo. Na zadnjih kolesih so v položnejšem delu vlake (do 10 %) minimalne, na prednjih od 3 do 4 %; v strmем delu (nad 20 %) narastejo vrednosti zdrsa na 7 do 10 %. Ob večjem navoru na prednjih kolesih je tudi zdrs večji. Njegove vrednosti so ves čas vožnje po vlaki navzgor na prednjih kolesih večje.

Preglednica 28: Tehnični parametri AGT H, prazen, gor

AGT H prazen G	Naklon	Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
		1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
m ³													
kg	Do 10 %	62	38	324	266	181	158	3	4	0	1		
Ustavitev: m	11 do 20 %	54	46	553	496	378	357	7	6	3	4		
Naklon – ustavitev: %	Nad 20 %	52	48	635	584	563	548	10	10	7	7		
Prevožena razdalja: 170,8 m													



Slika 49: Tehnični parametri AGT H, prazen, gor

7.2.2 Ciklus AGT H, prazen, dol

Traktor AGT s hidrostatično transmisijo pri vožnji brez bremena po vlaki navzdol. Prevozil je pot v dolžini 170,8 m.

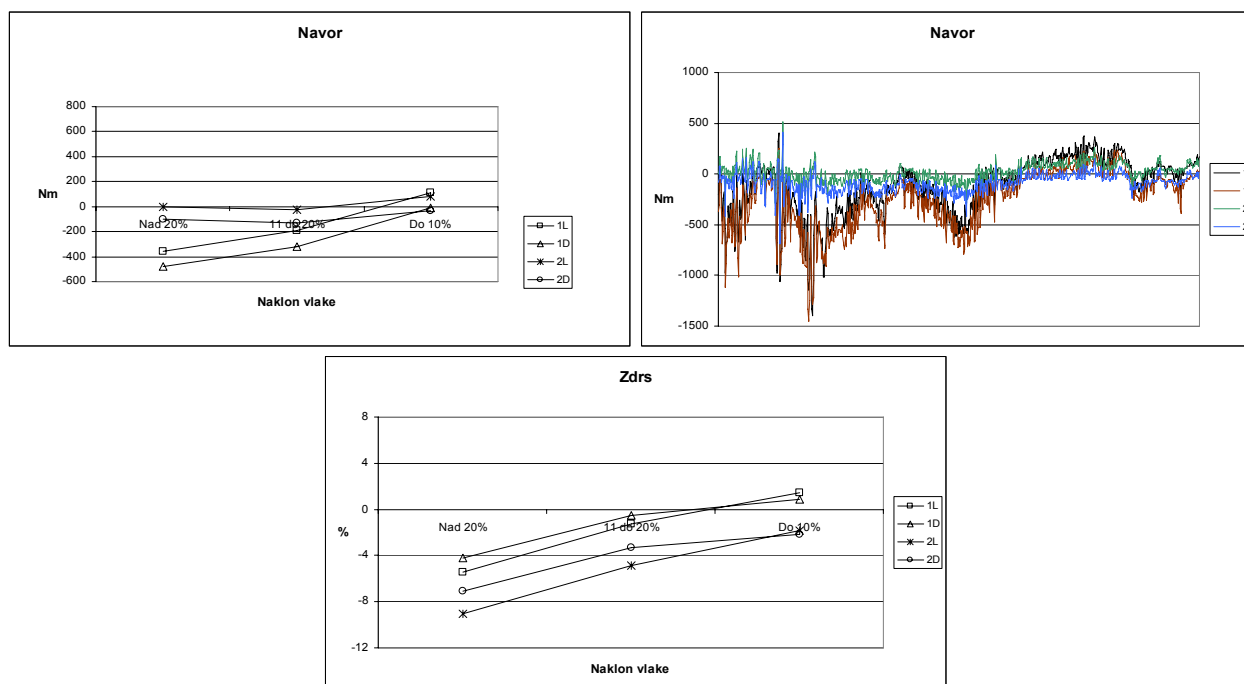
Pri vožnji navzdol je večina mase ves čas porazdeljena na prednji osi traktorja. V strmem delu vlake (nad 20 %) je na prednjem delu približno 3/4 celotne mase. Med vožnjo navzdol se povprečni vzdolžni naklon manjša, večina mase traktorja prehaja na zadnjo os. Ob začetku vožnje (nad 20 %) je na prednji osi 76 % mase, v srednjem delu (11 do 20 %) 72 %, v položnejšem, spodnjem delu (do 10 %) pa še 65 %. Ob koncu vožnje, ko dosežemo z maso najmanjšo obremenitev prednje osi, sta na njej še vedno skoraj 2/3 celotne vrednosti.

Navori so v zgornjem, strmem delu negativni na vseh 4 kolesih. Po absolutni vrednosti so navori večji na prednji osi. V tem delu vožnje so tudi obremenitve z maso večje na prednjem delu traktorja. V srednjem delu vlake (11 do 20 %) se vrednosti navorov na prednjih kolesih zmanjšujejo, na zadnjih pa ostajajo na podobni ravni kot v strmini. Še vedno pa so povprečne vrednosti negativne, čeprav so med njimi posamezne vrednosti tudi že pozitivne. V spodnjem delu vlake (do 10 %) se vrednosti gibljejo okrog ničle, izmenično so pozitivne in negativne.

Vrednosti zdrsa so v začetku vožnje na vseh 4 kolesih negativne. Večje so na zadnji osi, tam so vrednosti negativne ves čas vožnje po vlaki. Na prednjih kolesih je zdrs pozitiven zgolj v spodnjem delu vlake (do 10 %) in znaša 1 %.

Preglednica 29: Tehnični parametri AGT H, prazen, dol

AGT H prazen D	Naklon	Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
		1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
m ³													
kg	Nad 20 %	76	24	-355	-477	-4	-99	-5	-4	-9	-7		
Ustavitev: m	11 do 20 %	72	28	-193	-317	-23	-132	-1	0	-5	-3		
Naklon – ustavitev: %	Do 10 %	65	35	111	-8	79	-34	1	1	-2	-2		
Prevožena razdalja: 170,8 m													



Slika 50: Tehnični parametri AGT H, prazen, dol

7.2.3 Ciklus AGT H, 0,25 m³, DG

Traktor AGT s hidrostatsko transmisijo pri vlačanju bremena navzgor, debelejši del je usmerjen naprej. Traktor z bremenom je pri vlačanju navzgor prevozil celotno vlako. Breme znaša 0,24 m³ in tehta 236 kg. Razdalja vlačanja je 170,8 m.

Traktor je pri vlačanju tolikšnega bremena bolj obremenjen na zadnjem delu – ta trditev velja za vlačenje po celotni vlaki. Na začetku vlačanja obremenitev prednje oziroma zadnje osi ni bistveno različna (49 : 51), pozneje (ob naraščanju vzdolžnega naklona vlačanja) pa je zadnja os traktorja bolj obremenjena. Meritve kažejo na največjo razliko (42 : 58) v delu vlake s povprečnim naklonom od 11 do 20 %. Ob koncu vlačanja v strmem delu (nad 20 %) bi pričakovali največje obremenitve zadnje osi traktorja.

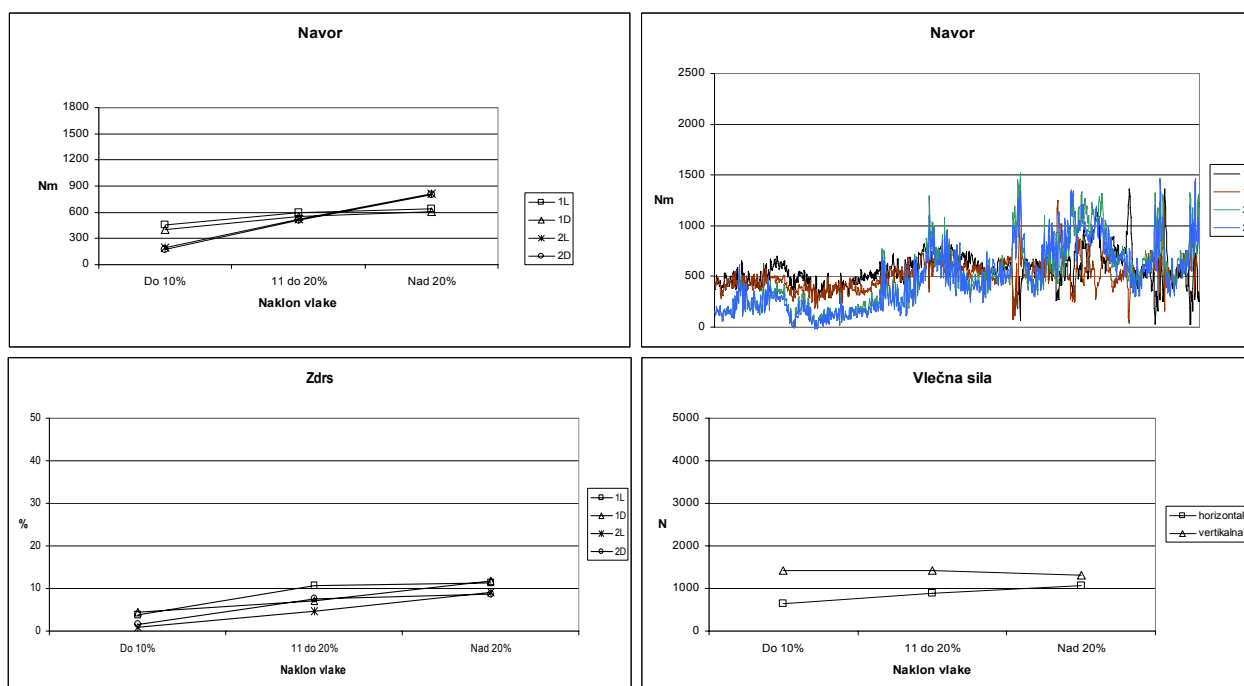
Vrednosti navora so ves čas pozitivne in naraščajo z večanjem vzdolžnega naklona. Na začetku vlačanja so večje obremenitve na prednji osi, v srednjem delu (od 11 do 20 %) so vrednosti navorov na vseh kolesih podobne, v strmem delu pa največje na zadnji osi.

Zdrs je ves čas pozitiven in narašča z večanjem naklona vlačanja. Vrednosti so v celotnem ciklusu večje na prednji osi. Razen v srednjem delu vlake ni bistvene razlike med vrednostmi zdrs med kolesoma na isti osi.

Povprečna horizontalna vlečna sila z večanjem vzdolžnega naklona narašča. Ob koncu vlačanja je za 65 % večja kot na začetku. Vrednosti vertikalne sile se pri tem ne spreminjajo bistveno.

Preglednica 30: Tehnični parametri AGT H, 0,25 m³, debelejši, gor

AGT H 0,25 DG	Naklon	Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
0,24 m ³		1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
236 kg	Do 10 %	49	51	458	396	191	176	4	4	1	2	650	1.422
Ustavitev: celotna vlaka	11 do 20 %	42	58	592	555	522	506	11	7	5	8	884	1.416
Naklon – ustavitev: %	Nad 20 %	45	55	639	602	811	801	11	12	9	9	1.075	1.316
Prevožena razdalja: 170,8 m													



Slika 51: Tehnični parametri AGT H, 0,25 m³, debelejši, gor

7.2.4 Ciklus AGT H, 0,25 m³, TG

Traktor AGT s hidrostatično transmisijo pri vlačanju bremena navzgor, tanjši del je usmerjen naprej. Traktor z bremenom je pri vlačanju navzgor prevozil celotno vlako. Breme znaša 0,22 m³ in tehta 192 kg. V tem primeru je breme za 44 kg lažje kot pri nasprotni orientaciji bremena. Razdalja vlačanja znaša 170,8 m.

V prvem delu vlačanja (naklon do 10 %) je ob bremenu 0,22 m³ in orientaciji tanjši naprej večja obremenitev na prednji osi. Pri nasprotni orientaciji bremena je bila masa porazdeljena nasprotno tudi v začetnem, položnejšem delu vlake. V tem delu je na prednji osi 53 % mase; ta delež se z naraščanjem vzdolžnega naklona manjša – tako je pri večjih naklonih več mase na zadnji osi. Pri nasprotni orientaciji bremena je bila večina mase porazdeljena na zadnji osi med celotnim vlačanjem.

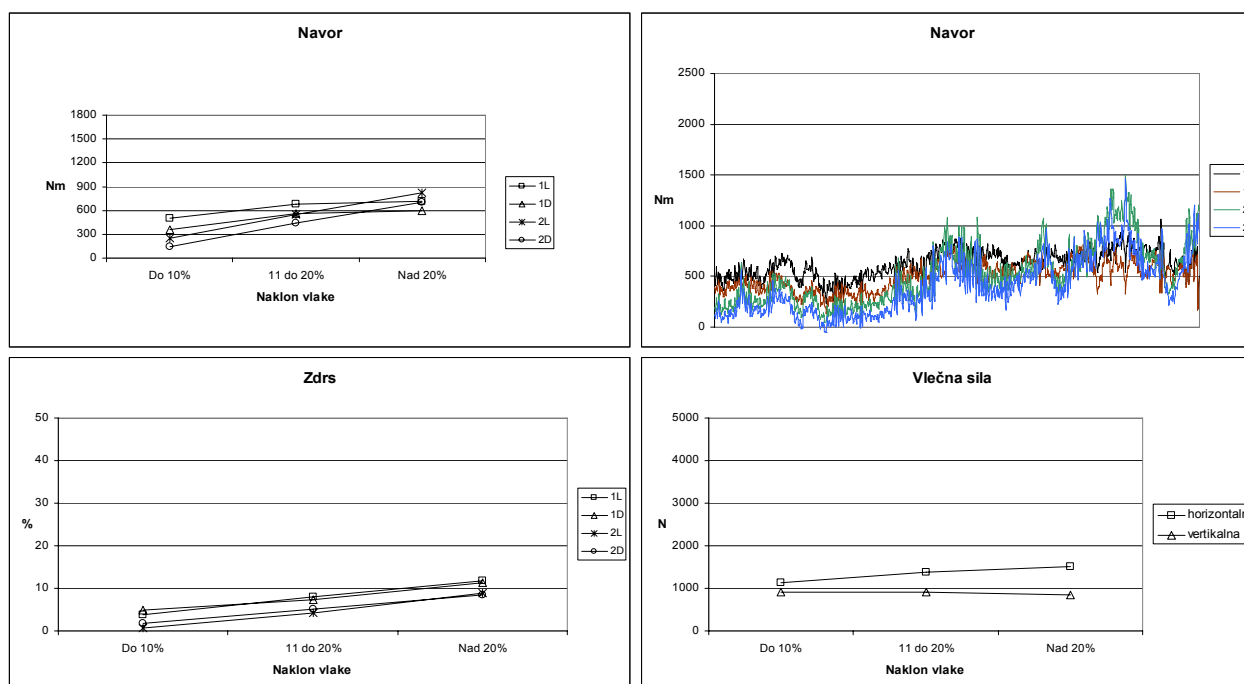
Vrednosti navora so pozitivne in se med vlačanjem navzgor večajo. Na začetku vlačanja so vrednosti večje na prednjih kolesih, ob koncu pa na zadnjih. Pri tem vrednosti v srednjem delu (11 do 20 %) dosežejo raven prednjih koles in jo v posameznih primerih tudi presežejo. V strmini (nad 20 %) so vrednosti navora na zadnjih kolesih večinoma večje.

Zdrs je ves čas vlačanja navzgor pozitiven in narašča. Večji je na prednjih kolesih ne glede na vzdolžni naklon vlake. Razlika med prednjimi in zadnjimi kolesi pri takšnem bremenu znaša 3–4 %. Na začetku vlačanja navzgor (do 10 %) znaša zdrs na prednjih kolesih 4–5 %, na zadnjih pa 1–2 %, ob koncu vlačanja (nad 20 %) pa 11–12 % na prednjih in 8–9 % na zadnjih kolesih.

Vrednosti vertikalne komponente vlečne sile so ves čas vlačanja podobne, vrednosti horizontalne pa z večanjem naklona naraščajo. Pri bremenu 192 kg naraste vrednost s 1144 N na 1519 N v zadnjem delu vlake. Vertikalna komponenta vlečne sile je ob orientaciji bremena tanjši gor bistveno manjša od nasprotne orientacije. Zato je zadnja os med vlačanjem tako orientiranega bremena manj obremenjena.

Preglednica 31: Tehnični parametri AGT H, 0,25 m³, tanjši, gor

AGT H 0,25 TG		Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
0,22 m ³	Naklon	1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
192 kg	Do 10 %	53	47	502	360	250	145	4	5	1	2	1.144	915
Ustavitev: celotna vlaka	11 do 20 %	46	54	677	556	545	439	8	7	4	5	1.372	916
Naklon – ustavitev: %	Nad 20 %	46	54	712	594	825	708	12	11	9	8	1.519	851
Prevožena razdalja: 170,8 m													



Slika 52: Tehnični parametri AGT H, 0,25 m³, tanjši, gor

7.2.5 Ciklus AGT H, 0,25 m³, DD

Traktor AGT s hidrostatsko transmisijo pri vlačanju bremena navzdol, debelejši del je usmerjen naprej. Breme znaša 0,22 m³ in tehta 192 kg. Razdalja vlačanja je 170,8 m.

Breme v tem ciklusu dodatno obremenjuje zadnji del traktorja – v primerjavi s prazno vožnjo navzdol je na zadnjih kolesih 8–10 % več skupne mase. V tem primeru je v zgornjem delu vlake (nakloni nad 20 %) 33 % mase na zadnji osi, v spodnjem pa 43 % (nakloni do 10 %). V srednjem delu znaša razmerje mas 62 : 38.

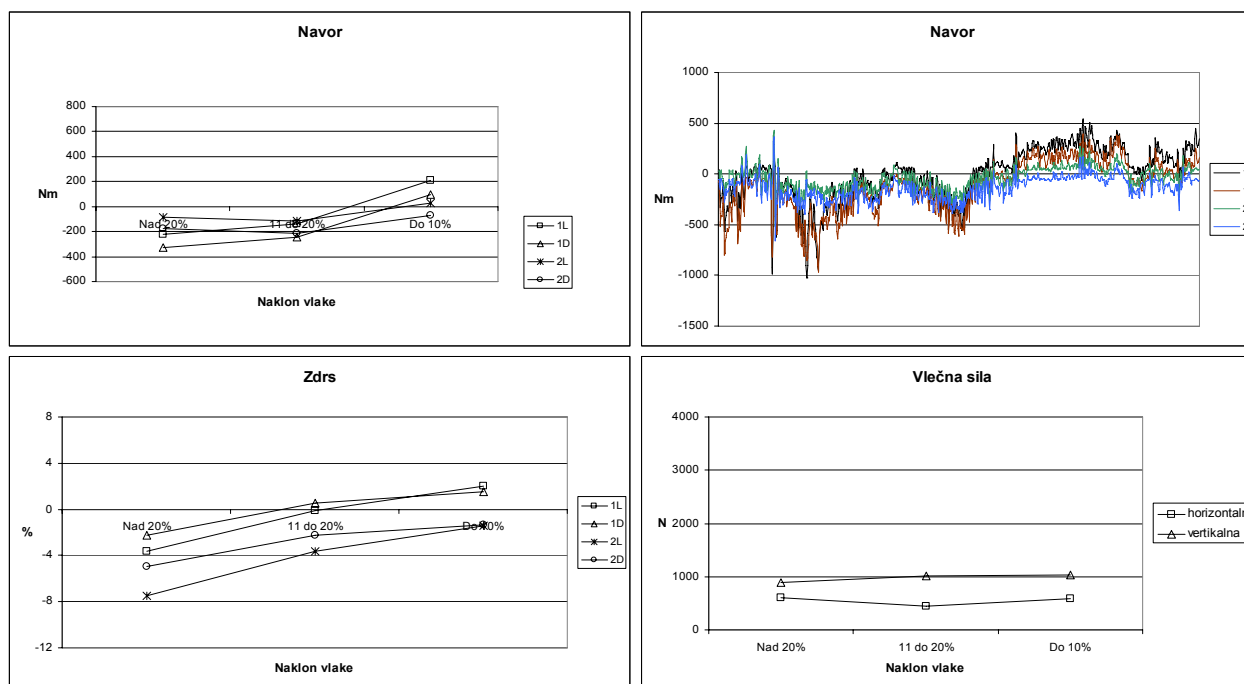
Navori na posameznih kolesih so v zgornjem in srednjem delu negativni, to kaže na velik vpliv gravitacije v bolj strmih delih vlake. Absolutno večjo vrednost kažejo meritve na prednjih kolesih, ki šele v zadnjem delu vlake preidejo v pozitivne vrednosti. V celotnem ciklusu so vrednosti na zadnji osi enakomernejše. Pri tem so večinoma negativne, razen v zadnjem, položnejšem delu vlake, na katerem se gibljejo okrog ničle.

Vrednosti zdrsa v tem ciklusu so po predznaku različne. V zgornjem delu vlake so na vseh 4 kolesih negativne. Te se ob vožnji navzdol zmanjšujejo in so v srednjem delu vlake (od 11 do 20 %) na prednjih kolesih minimalne (od 0 do 1 %) in že pozitivne. Na zadnjih kolesih so v tem delu vlačanja vrednosti še vedno negativne in znašajo od –2 do –4 %. V spodnjem delu vlake so vrednosti zdrsa pozitivne samo na prednjih kolesih (2 %).

V našem primeru se vrednosti horizontalne komponente vlečne sile med začetkom in koncem vlačanja bistveno ne razlikujeta, vmes pa se vrednost celo zmanjša. Domnevamo, da je vzrok predvsem v naslanjanju bremena na naletno desko – to velja predvsem v srednjem delu vlačanja (11–20 %) – s tem pa se zmanjša tudi potrebna vlečna sila. Podobna zakonitost se kaže pri vseh naslednjih ciklikih, kjer vlačimo bremena po vlaki navzdol.

Preglednica 32: Tehnični parametri AGT H, 0,25 m³, debelejši, dol

AGT H 0,25 DD		Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
0,22 m ³	Naklon	1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
192 kg	Nad 20 %	67	33	-219	-330	-84	-175	-4	-2	-8	-5	608	883
Ustavitev: celotna vlaka	11 do 20 %	62	38	-139	-246	-114	-213	0	1	-4	-2	441	1.014
Naklon – ustavitev: %	Do 10 %	57	43	211	97	29	-70	2	2	-1	-1	587	1.029
Prevožena razdalja: 170,8 m													



Slika 53: Tehnični parametri AGT H, 0,25 m³, debelejši, dol

7.2.6 Ciklus AGT H, 0,25 m³, TD

Traktor AGT s hidrostatično transmisijo pri vlačanju bremena navzdol, tanjši del je usmerjen naprej. Breme znaša 0,24 m³ in tehta 236 kg. Razdalja vlačanja je 170,8 m.

Vrednosti pri porazdelitvi mase na posamezne osi kažejo na podobna razmerja kot pri nasprotno orientiranem bremenu – razlike so minimalne. Na delu vlake z naklonom nad 20 % je približno 1/3 mase na zadnji osi, v srednjem delu 37 %, v spodnjem (nakloni do 10 %) pa 44 %. Pri vlačanju bremena 0,24 m³ navzdol je torej prednji del traktorja vedno bolj obremenjen kot zadnji, ne glede na vzdolžni naklon vlake v tem poskusu.

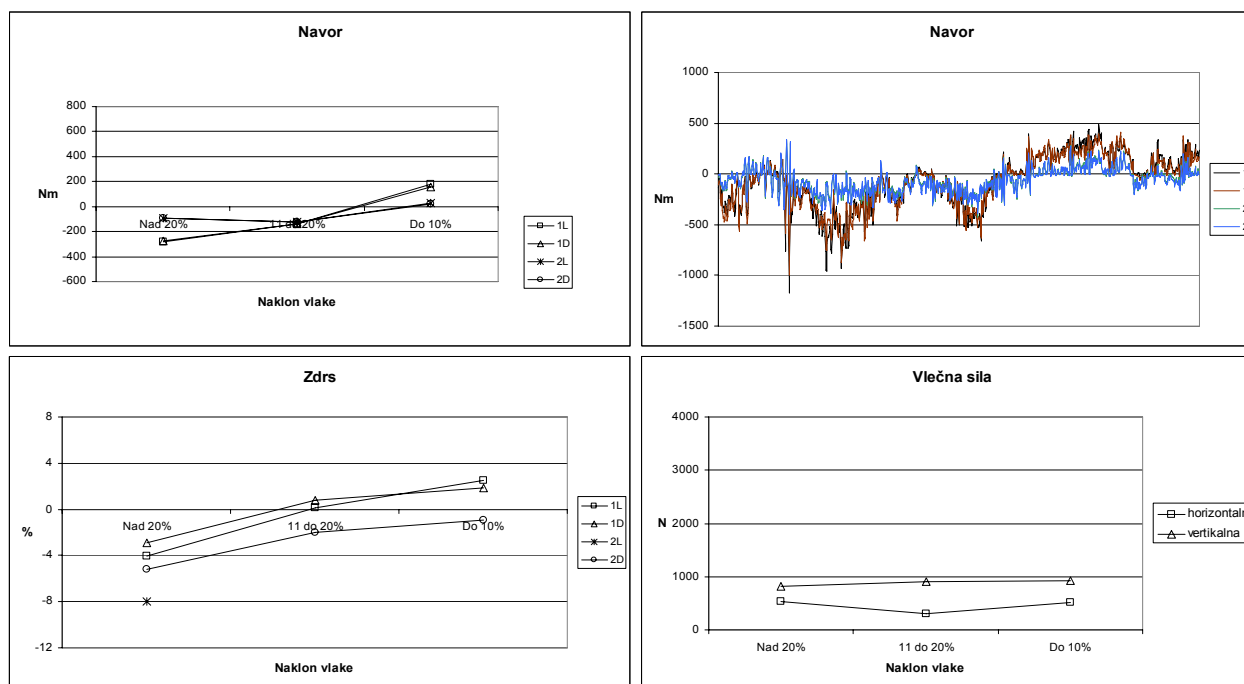
Vrednosti navora so na vseh kolesih negativne – to velja za zgornji strmi del in srednji (torej za vse vzdolžne naklone nad 10 %). V spodnjem, položnejšem delu vlake (do 10 %) so vrednosti navora pozitivne. Meritve kažejo na podobne rezultate kot pri nasprotni orientaciji bremena, le da so vrednosti navorov v tem primeru na vseh kolesih v položnejšem delu (do 10 %) vlačanja pozitivne.

Vrednosti zdrsa so na vseh kolesih pri naklonu nad 20 % negativne in večje na zadnjih kolesih. Pri prehodu v srednji del vlake (od 11 do 20 %) preidejo vrednosti na prednjih kolesih v pozitivne in znašajo v spodnjem delu od 2 do 3 %. Vrednosti zdrsa na zadnjih kolesih pri vlačanju navzdol ostajajo ves čas negativne. Na enem od zadnjih koles vrednosti zdrsa v srednjem in zadnjem delu vlake zaradi tehnične napake v merilni opremi nismo zajeli.

Izmerjene vrednosti vlečne sile kažejo podobno zakonitost kot v prejšnjem primeru. Vrednosti horizontalne komponente so ob začetku in koncu vlačanja podobne, v srednjem delu (od 11 do 20 %) pa manjše.

Preglednica 33: Tehnični parametri AGT H, 0,25 m³, tanjši, dol

AGT H 0,25 TD		Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
0,24 m ³	Naklon	1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
236 kg	Nad 20 %	67	33	-279	-271	-96	-96	-4	-3	-8	-5	527	815
Ustavitev: m	11 do 20 %	63	37	-138	-137	-120	-125	0	1	-	-2	311	912
Naklon – ustavitev: %	Do 10 %	56	44	177	159	26	19	3	2	-	-1	520	926
Prevožena razdalja: 170,8 m													



Slika 54: Tehnični parametri AGT H, 0,25 m³, tanjši, dol

7.2.7 Ciklus AGT H, 0,50 m³, DG

Traktor AGT s hidrostatično transmisijo pri vlačanju bremena navzgor, debelejši del je usmerjen naprej. Traktor z bremenom je pri vožnji navzgor prevozil celotno vlako. Breme znaša 0,45 m³ in tehta 416 kg. Razdalja vlačjenja je 170,8 m.

Pri takšnem bremenu (0,45 m³ z debelejšim delom naprej) so obremenitve zadnje osi traktorja ves čas vlačjenja večje. V primerjavi z bremenom 0,25 m³ in enako orientacijo je v tem ciklusu na zadnji osi za 5–10 % več skupne mase. V začetnem delu (do 10 %) znaša razmerje mas 44 : 56, ob koncu vlačjenja pa 35 : 65. Z naraščanjem vzdolžnega naklona vlake je zadnja os traktorja vedno bolj obremenjena.

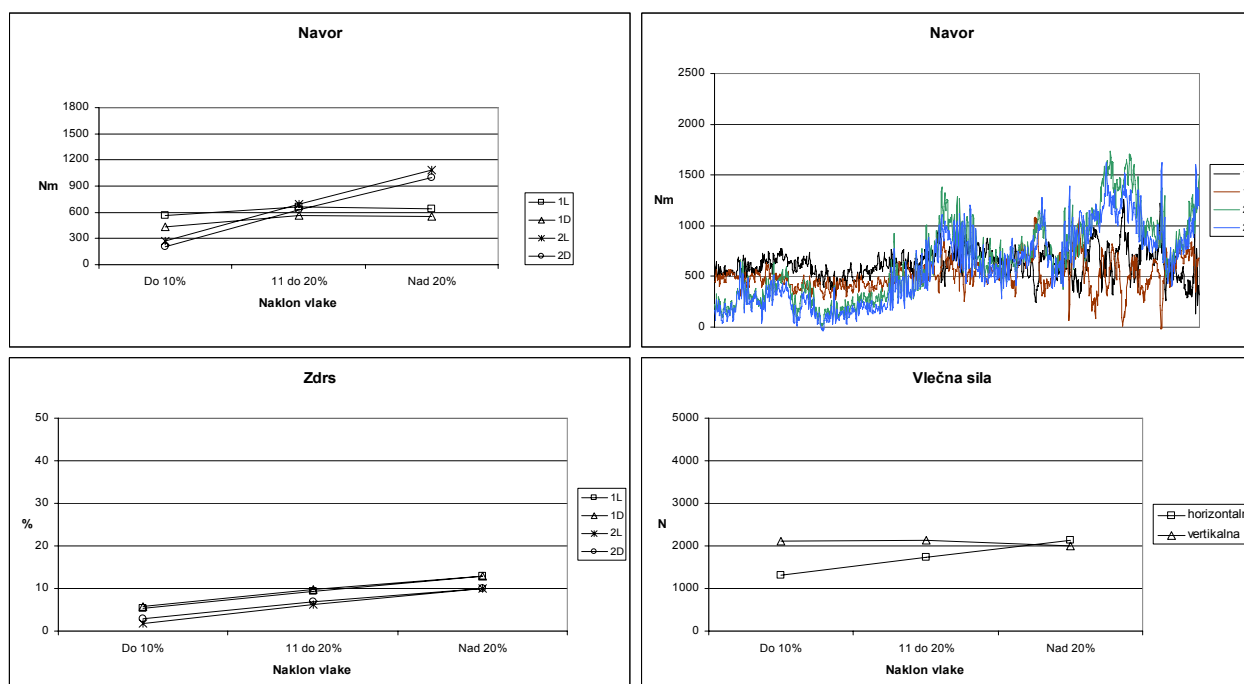
Navor je ves čas vlačjenja pozitiven, na začetku večji na prednjih kolesih. Vrednosti so si v srednjem delu vlake dokaj podobne, v zadnjem strmem delu (nad 20 %) pa se vrednosti izrazito povečajo na zadnjih kolesih. Vrednosti na prednjih kolesih se bistveno ne spreminjajo.

Vrednosti zdrsa so pozitivne in se večajo z naraščanjem naklona. V celotnem ciklusu so vrednosti večje na prednjih kolesih, razlika med prednjo in zadnjo osjo ostaja podobna. Na prednjih kolesih je zdrs v začetku 5–6 %, ob koncu vlačjenja pa 13 %. Na zadnjih kolesih so vrednosti zdrsa manjše – v začetku vlačjenja 2–3 %, ob koncu pa 10 %. V primerjavi z bremenom 0,25 m³ so vrednosti zdrsa v tem ciklusu večje približno za 1–2 %.

Potrebna vlečna sila narašča; pri tem se vrednosti vertikalne komponente bistveno ne spreminjajo, horizontalna pa z večanjem naklona vlačjenja izrazito narašča. Vertikalna obremenitev je zaradi orientacije bremena (debelejši naprej) ves čas večja, razen v zadnjem delu vlačjenja v strmini, kjer je potrebna bistveno večja horizontalna sila in sta si obe komponenti vlečne sile po vrednosti podobni.

Preglednica 34: Tehnični parametri AGT H, 0,50 m³, debelejši, gor

AGT H 0,50 DG	Naklon	Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
0,45 m ³		1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
416 kg	Do 10 %	44	56	564	439	271	208	5	6	2	3	1.318	2.114
Ustavitev: celotna vlaka	11 do 20 %	37	63	660	559	696	629	9	10	6	7	1.737	2.131
Naklon – ustavitev: %	Nad 20 %	35	65	645	550	1.084	998	13	13	10	10	2.133	2.002
Prevožena razdalja: 170,8 m													



Slika 55: Tehnični parametri AGT H, 0,50 m³, debelejši, gor

7.2.8 Ciklus AGT H, 0,50 m³, TG

Traktor AGT s hidrostatično transmisijo pri vlačanju bremena navzgor, tanjši del je usmerjen naprej. Traktor z bremenom je pri vožnji navzgor prevozil celotno vlako. Breme znaša 0,44 m³ in tehta 396 kg. Razdalja vlačanja je 170,8 m.

Porazdelitev mase na prednji in zadnji del traktorja kaže, da je pri tolikšnem bremenu zadnji del traktorja vedno obremenjen bolj kakor njegov prednji del – ne glede na orientacijo bremena. V tem ciklusu je delež obremenitve zadnjega dela traktorja za 2–5 % manjši kot pri nasprotni orientaciji. Na začetku vlačanja (do 10 %) je razmerje mas 47 : 53, ob koncu v največjem naklonu (nad 20 %) pa 40 : 60.

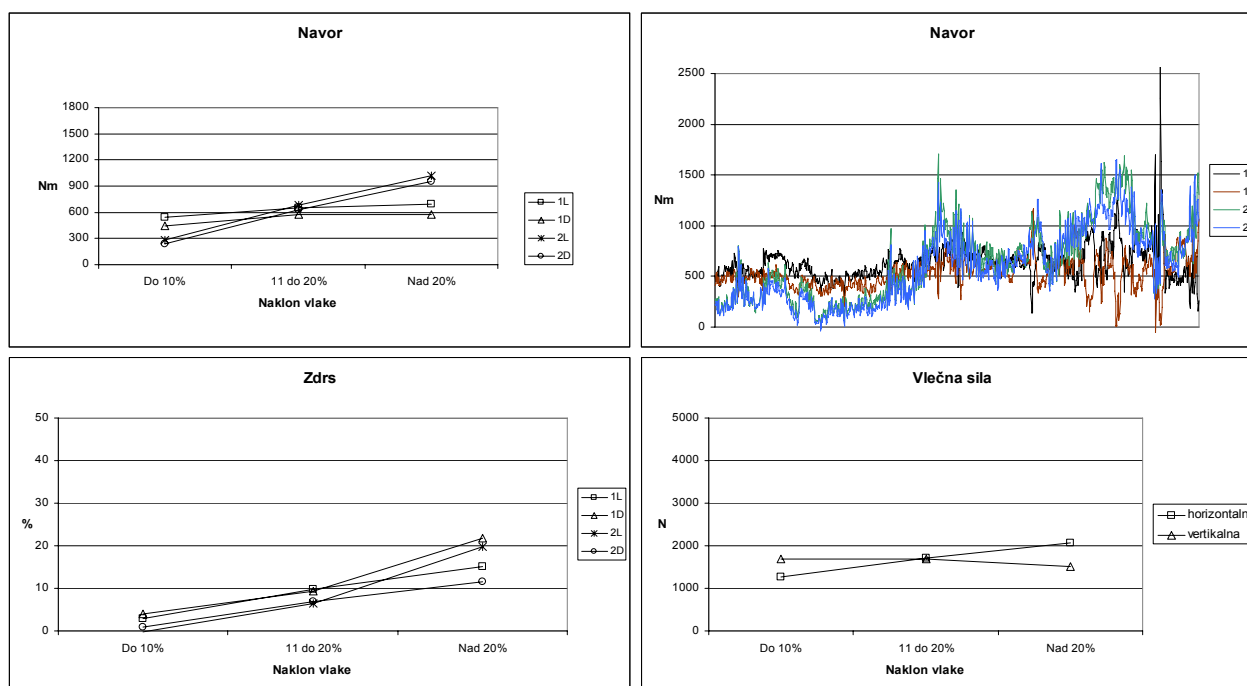
Navor je na vseh 4 kolesih pozitiven, vrednosti ob večanju vzdolžnega naklona naraščajo. Na prednjih kolesih so večje le na začetku vlačanja pri naklonu do 10 %, v srednjem delu so si na vseh kolesih podobne, v strmini (nad 20 %) pa so izrazito večje na zadnjih kolesih.

Vrednosti zdrsa so pozitivne, naraščajo z večanjem naklona in so večje na prednjih kolesih. V začetku vlačanja znašajo na prednjih kolesih 3–4 %, na zadnjih 1 %, ob koncu vlačanja na prednjih 15–22 % in na zadnjih 12–20 %. V primerjavi z bremenom 0,25 m³ in enako orientacijo ugotavljamo, da se v začetku vlačanja (do 10 % naklona) vrednosti ne razlikujejo bistveno, v večji strmini pa so pri večjem bremenu precej večje.

Potrebna vlečna sila (horizontalna komponenta) z večanjem naklona narašča. Primerjava z enako velikim bremenom in nasprotno orientacijo kaže, da pri horizontalni vlečni sili ni bistvenih razlik, vertikalna komponenta vlečne sile pa je pri orientaciji bremena debelejši naprej bistveno večja. V tem primeru je zadnja os traktorja bolj obremenjena; to kažejo tudi podatki o razmerju mas na prednjih in zadnjih kolesih traktorja.

Preglednica 35: Tehnični parametri AGT H, 0,50 m³, tanjši, gor

AGT H 0,50 TG	Naklon	Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
0,44 m ³		1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
396 kg	Do 10 %	47	53	544	441	278	234	3	4	0	1	1.272	1.678
Ustavitev: celotna vlaka	11 do 20 %	39	61	656	575	682	627	10	9	6	7	1.722	1.682
Naklon – ustavitev: %	Nad 20 %	40	60	689	570	1.022	956	15	22	20	12	2.057	1.516
Prevožena razdalja: 170,8 m													



Slika 56: Tehnični parametri AGT H, 0,50 m³, tanjši, gor

7.2.9 Ciklus AGT H, 0,50 m³, DD

Traktor AGT s hidrostatsko transmisijo pri vlačanju bremena navzdol, debelejši del je usmerjen naprej. Breme znaša 0,44 m³ in tehta 396 kg. Razdalja vlačanja je 170,8 m.

V strmini (nad 20 %) znaša razmerje mas 62 : 38, ob koncu vlačanja pa 48 : 52. Pri tolikšnem bremenu in takšni orientaciji je torej zadnji del traktorja pri vlačanju na naklonu do 10 % že bolj obremenjen. Pri bremenu 0,25 m³ in enaki orientaciji je bil zadnji del traktorja vedno manj obremenjen ne glede na vzdolžni naklon vlake.

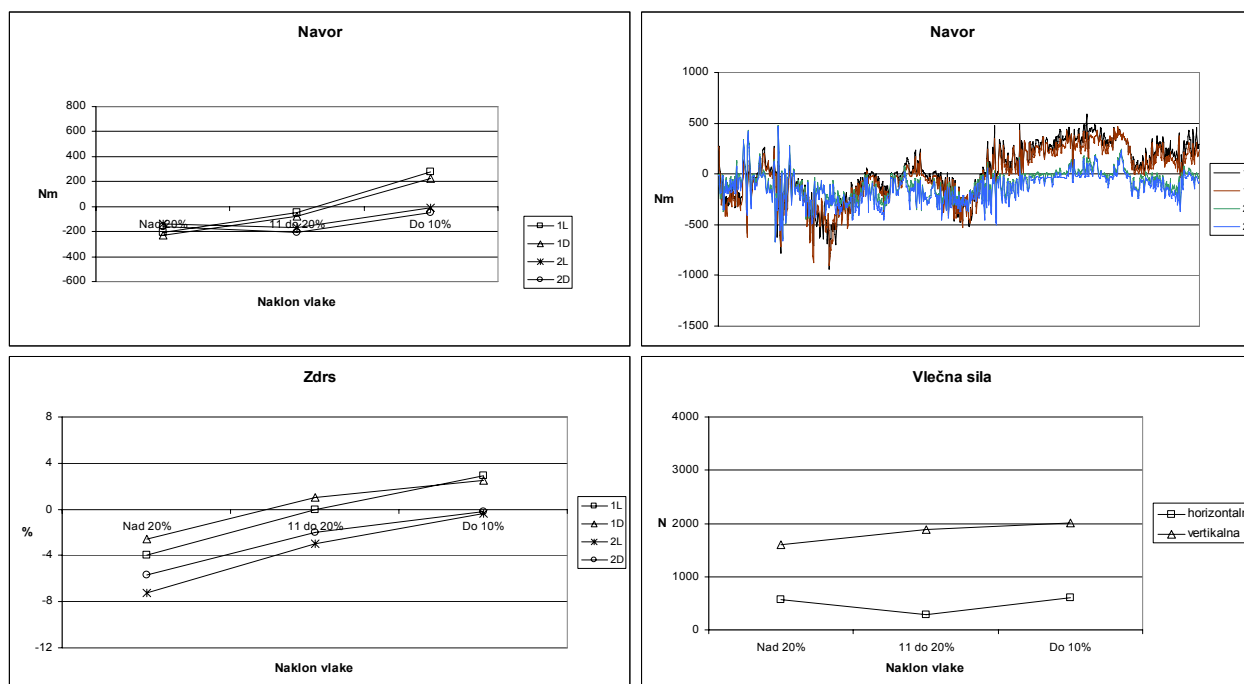
Vrednosti navora so na strmini negativne, kar kaže na prevladujoči vpliv gravitacije. Vrednosti prehajajo pozneje v pozitivne, to je vidno zlasti v položnejšem delu vlake (vzdolžni nakloni do 10 %). Vrednosti navora na prednjih kolesih so v tem delu večinoma pozitivne, povprečne vrednosti na zadnjih kolesih pa so tudi v položnejšem delu vlake še vedno negativne.

Vrednosti zdrsa pri vlačanju tolikšnega bremena so v naklonu nad 20 % negativne v vseh primerih in večje na zadnjih kolesih. V srednjem delu vlake (11–20 %) so pozitivne le na prednjih kolesih, v položnejšem delu pa so na prednjih kolesih pozitivne (3 %) , na zadnjih pa zdrsa ni (vrednosti drsenja so zaradi gravitacije in pozitivnega zdrsa približno izravnane).

Horizontalna komponenta vlečne sile kaže zakonitost vseh ciklusov pri spravilu bremen navzdol. Ob začetku in koncu vlačanja sta si vrednosti podobni, v srednjem delu pri naklonu od 11 do 20 % pa so povprečne izračunane vrednosti horizontalne komponente vlečne sile najmanjše.

Preglednica 36: Tehnični parametri AGT H, 0,50 m³, debelejši, dol

AGT H 0,50 DD		Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
0,44 m ³	Naklon	1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
396 kg	Nad 20 %	62	38	-205	-230	-135	-163	-4	-3	-7	-6	565	1.593
Ustavitev: celotna vlaka	11 do 20 %	55	45	-44	-77	-171	-205	0	1	-3	-2	291	1.887
Naklon – ustavitev: %	Do 10 %	48	52	281	227	-13	-50	3	3	0	0	602	2.013
Prevožena razdalja: 170,8 m													



Slika 57: Tehnični parametri AGT H, 0,50 m³, debelejši, dol

7.2.10 Ciklus AGT H, 0,50 m³, TD

Traktor AGT s hidrostatično transmisijo pri vlačanju bremena navzdol, tanjši del je usmerjen naprej. Breme znaša 0,45 m³ in tehta 416 kg. Razdalja vlačanja je 170,8 m.

Celotna masa v ciklusu je porazdeljena večinoma na prednjo os. V začetku vlačanja pri vzdolžnem naklonu nad 20 % znaša razmerje mas med prednjo in zadnjo osjo 65 : 35. V zadnjem delu vlake je masa porazdeljena enakomerno med obe osi (50 : 50). Breme z orientacijo tanjši naprej pomeni manjšo obremenitev zadnjega dela traktorja – v tem primeru je zadnji del traktorja za 2–3 % manj obremenjen kot pri nasprotni orientaciji bremena.

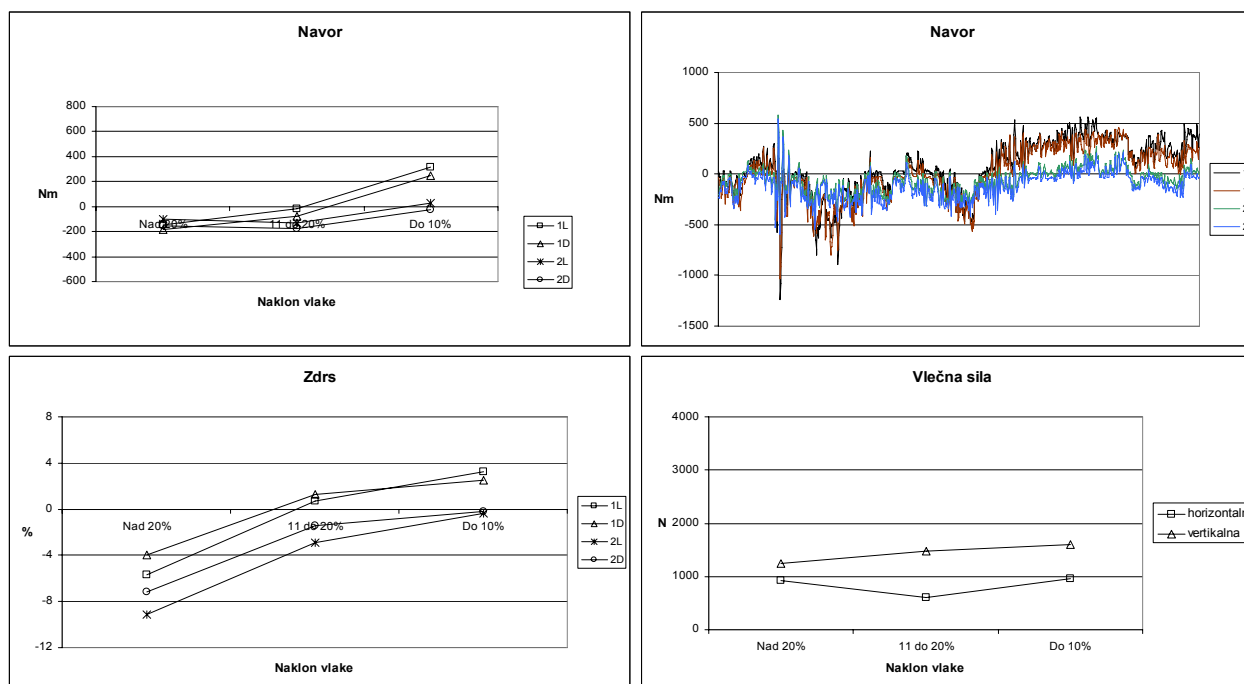
Vse vrednosti navora so pri vlačanju navzdol in vseh naklonih nad 10 % negativne. Razlike med vrednostmi navorov med prednjo in zadnjo osjo so največje v spodnjem, najpoložnejšem delu vlačanja. V delu vlačanja do 10 % so posamične meritve na zadnji osi tudi pozitivne, na prednji pa so takšne praviloma vse.

Vrednosti zdrsa so v zgornjem delu pri naklonu nad 20 % negativne in večje na zadnjih kolesih. V tem delu vlačanja je zdrs večji kot pri nasprotni orientaciji bremena. Enako lahko trdimo tudi za vlačenje v srednjem delu (11 do 20-odstotni naklon), čeprav je razlika minimalna; v spodnjem, položnem delu pa razlike v zdrsu v primerjavi z nasprotno orientiranim bremenom ni.

Horizontalna komponenta vlečne sile ima najmanjše vrednosti v srednjem delu vlake (11–20 %). Ob začetku in koncu vlačanja so vrednosti podobne. Vertikalna komponenta sile je pri orientaciji bremena tanjši naprej bistveno manjša, horizontalna komponenta pa večja od vrednosti pri nasprotni orientaciji.

Preglednica 37: Tehnični parametri AGT H, 0,50 m³, tanjši, dol

AGT H 0,50 TD		Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
0,45 m ³	Naklon	1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
416 kg	Nad 20 %	65	35	-144	-187	-100	-151	-6	-4	-9	-7	931	1.239
Ustavitev: m	11 do 20 %	58	42	-20	-74	-128	-179	1	1	-3	-1	601	1.474
Naklon – ustavitev: %	Do 10 %	50	50	315	249	26	-23	3	3	0	0	964	1.608
Prevožena razdalja: 170,8 m													



Slika 58: Tehnični parametri AGT H, 0,50 m³, tanjši, dol

7.2.11 Ciklus AGT H, 0,75 m³, DG

Traktor AGT s hidrostatično transmisijo pri vlačanju bremena navzgor, debelejši del je usmerjen naprej. Traktor z bremenom je pri vožnji navzgor prevozil celotno vlako. Breme znaša 0,66 m³ in tehta 561 kg. Razdalja vlačjenja je 170,8 m.

Pri tolikšnem bremenu in orientaciji bremena debelejši naprej je na celotni vlaki zadnji del traktorja bistveno bolj obremenjen od prednjega dela. Pri vzdolžnem naklonu do 10 % je razmerje mas 42 : 58, ob koncu vlačjenja pri naklonu nad 20 % pa 34 : 66. Ob koncu vlačjenja sta torej 2/3 mase na zadnjem delu traktorja.

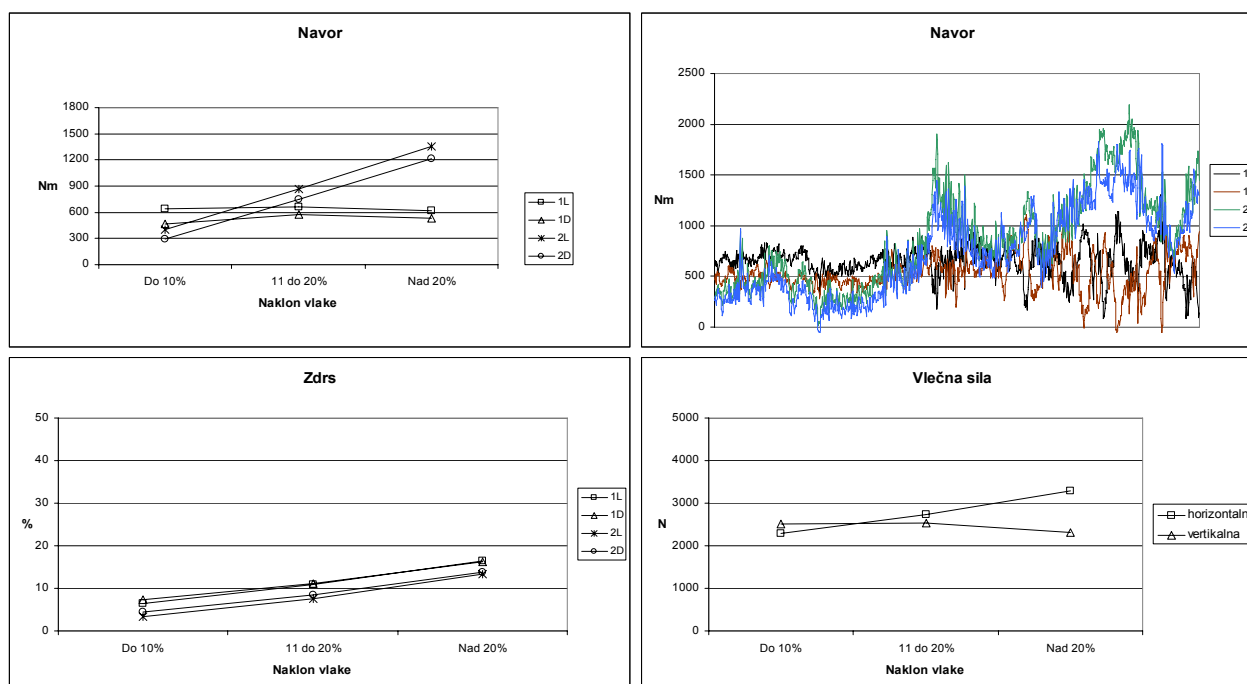
Vrednosti navora so pozitivne; na prednjih kolesih so večje le v začetnem delu vlačjenja. Pozneje se z naraščanjem vzdolžnega naklona vrednosti bistveno povečujejo le na zadnjih kolesih, vrednosti na prednjih pa ostajajo ves čas vlačjenja približno enake.

Vrednosti zdrsa so v celotnem ciklusu pozitivne in enakomerno naraščajo z večanjem vzdolžnega naklona. Vrednosti so večje na prednjih kolesih, razlika je 2–4 %. V primerjavi s ciklusom, kjer smo vlačili 0,50 m³ z enako orientacijo bremena, je vrednost zdrsa večja za 1–3 %. V najbolj strmem delu naraste zdrs na prednjih kolesih na 16 %.

Potrebna vlečna sila (horizontalna komponenta) med vlačanjem narašča. Ob koncu vlačjenja na vrhu vlake se v primerjavi s silo na začetku poveča za 44 %.

Preglednica 38: Tehnični parametri AGT H, 0,75 m³, debelejši, gor

AGT H 0,75 DG	Naklon	Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
0,66 m ³		1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
561 kg	Do 10 %	42	58	641	466	398	292	7	7	3	5	2.283	2.503
Ustavitev: celotna vlaka	11 do 20 %	34	66	667	579	868	748	11	11	8	9	2.731	2.529
Naklon – ustavitev: %	Nad 20 %	34	66	622	535	1.355	1.210	16	16	13	14	3.278	2.319
Prevožena razdalja: 170,8 m													



Slika 59: Tehnični parametri AGT H, 0,75 m³, debelejši, gor

7.2.12 Ciklus AGT H, 0,75 m³, TG

Traktor AGT s hidrostatično transmisijo pri vlačanju bremena navzgor, tanjši del je usmerjen naprej. Traktor z bremenom je pri vožnji navzgor prevozil celotno vlako. Breme znaša 0,74 m³ in tehta 514 kg. Razdalja vlačanja je 170,8 m.

Izračunane vrednosti mas kažejo na podobna razmerja kot pri nasprotni orientaciji bremena. Glede na orientacijo bremena (tanjši naprej) v tem ciklusu bi pričakovali manjšo obremenitev zadnjega dela traktorja, vendar se razmerja ne razlikujejo bistveno. Pri naklonu do 10 % imamo razmerje mas 42 : 58, ob zaključku v strmini (nad 20 %) pa 35 : 65.

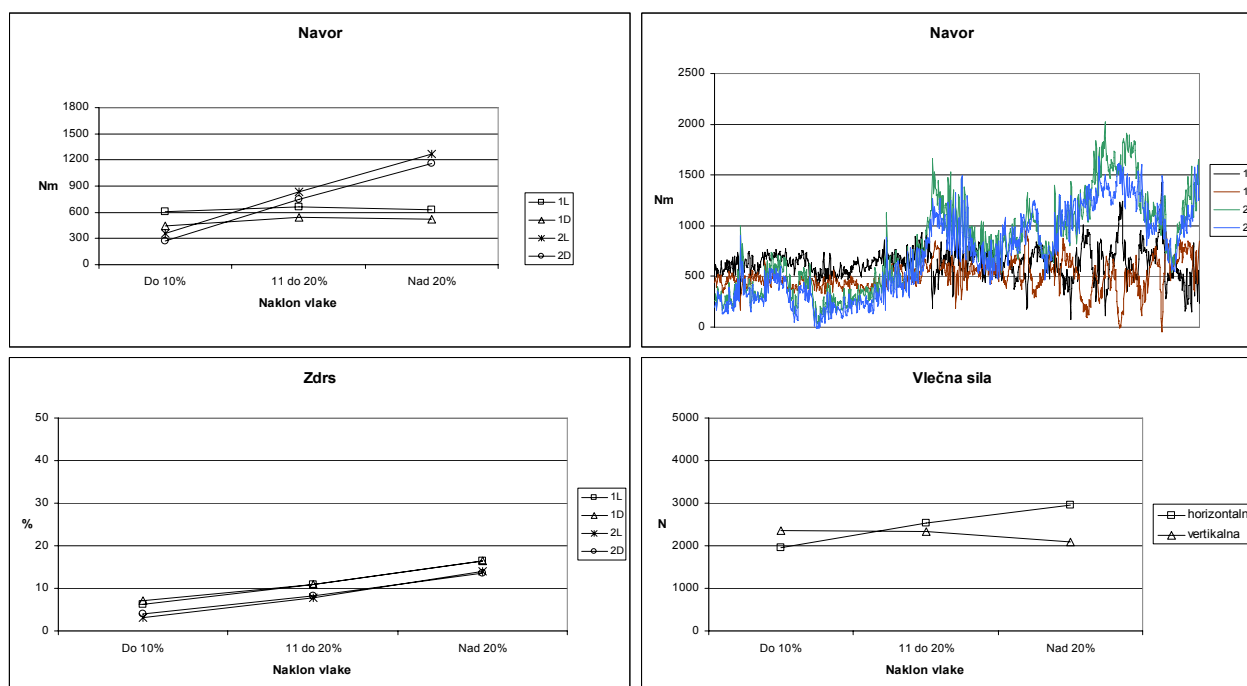
Vrednosti navora so pozitivne in izrazito naraščajo le na zadnjih kolesih. Na prednjih kolesih so vrednosti večje le pri naklonih do 10 %, pri večjih vzdolžnih naklonih pa so vedno večje na zadnjih kolesih. Pri tej orientaciji bremena (tanjši naprej) so povprečne vrednosti navora na kolesih manjše kot pri nasprotni orientaciji. Tudi breme v tem ciklusu je manjše kot v prejšnjem primeru.

Vrednosti zdrs so pozitivne in vedno večje na prednjih kolesih. Ta razlika znaša 3 %. V primerjavi z manjšim bremenom (0,50 m³) so vrednosti zdrs večje za 1–3 %. Podobno razliko ugotavljamo tudi pri nasprotni orientaciji bremena.

Vlečna sila med vlačanjem navzgor narašča. Ob koncu vlačanja je horizontalna komponenta vlečne sile za 52 % večja, kot je bila v začetku vlačanja. Vertikalna obremenitev zadnje osi je pri tej orientaciji bremena manjša.

Preglednica 39: Tehnični parametri AGT H, 0,75 m³, tanjši, gor

AGT H 0,75 TG	Naklon	Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
0,74 m ³		1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
514 kg	Do 10 %	42	58	603	442	357	275	6	7	3	4	1.948	2.348
Ustavitev: celotna vlaka	11 do 20 %	34	66	659	546	833	750	11	11	8	8	2.541	2.332
Naklon – ustavitev: %	Nad 20 %	35	65	628	517	1.274	1.165	16	17	14	14	2.952	2.083
Prevožena razdalja: 170,8 m													



Slika 60: Tehnični parametri AGT H, 0,75 m³, tanjši, gor

7.2.13 Ciklus AGT H, 0,75 m³, DD

Traktor AGT s hidrostatsko transmisijo pri vlačanju bremena navzdol, debelejši del je usmerjen naprej. Breme znaša 0,74 m³ in tehta 514 kg. Razdalja vlačanja je 170,8 m.

Povečanje bremena vedno pomeni, da je bolj obremenjena zadnja os traktorja in hkrati manj njegov prednji del. Pri vožnji navzdol se ob zmanjševanju vzdolžnega naklona vedno več mase porazdeli na zadnji del traktorja. Na začetku vlačanja (nakloni nad 20 %) znaša razmerje mas 57 : 43. Pri naklonih 11–20 % je masa porazdeljena približno enakomerno, v spodnjem, najpoložnejšem delu pa je zadnja os že bolj obremenjena – razmerje mas znaša 45 : 55. V primerjavi z bremenom, ki je za eno stopnjo manjše (0,44 m³), znaša ta razlika 3–5 %.

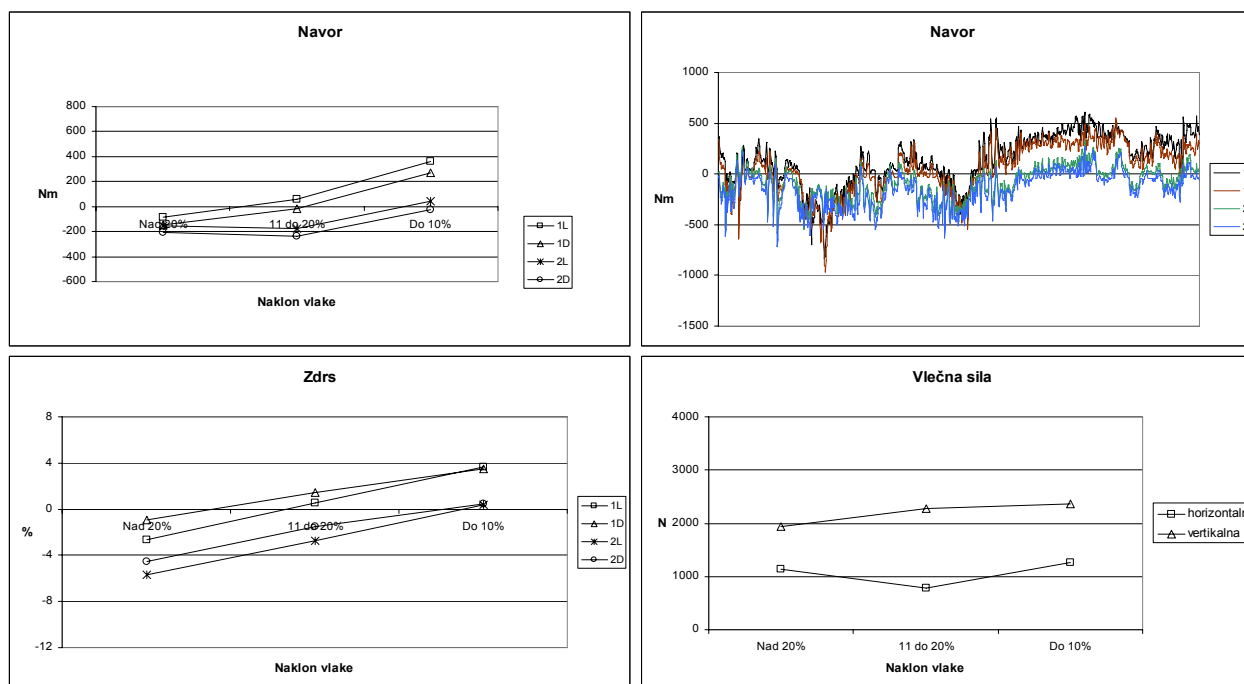
Vse vrednosti navora so negativne na vseh kolesih le v zgornjem delu vlake (nad 20 % vzdolžnega naklona). V srednjem delu (11–20 %) so nekatere vrednosti navorov na prednjih kolesih že pozitivne, na zadnjih pa večinoma še vedno negativne. V spodnjem delu vlake z naklonom do 10 % so vrednosti večinoma pozitivne – takšne so tudi na zadnjih kolesih, to pa se doslej pri manjših bremenih in enaki orientaciji bremena ni dogajalo. Vzrok je predvsem v večjem bremenu.

Negativne vrednosti navorov nakazujejo podobna razmerja tudi pri zdrsu. Tu ugotavljamo negativne vrednosti le v strmih delu (nad 20 %) – te so večje na zadnjih kolesih in znašajo od –5 do –6 %. Pri naklonih 11–20 % so te vrednosti negativne samo na zadnjih kolesih. V spodnjem delu (do 10 % vzdolžnega naklona) ni več povprečnih negativnih vrednosti, na prednjih kolesih so vrednosti pozitivne (4 %).

Horizontalna komponenta vlečne sile kaže na najmanjšo vrednost na sredini vlačanja pri naklonu 11–20 %. Ob koncu vlačanja pri naklonu do 10 % je zaradi najmanjšega vzdolžnega naklona in sorazmerno velikega bremena potrebna največja vlečna sila.

Preglednica 40: Tehnični parametri AGT H, 0,75 m³, debelejši, dol

AGT H 0,75 DD		Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
0,74 m ³	Naklon	1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
514 kg	Nad 20 %	57	43	-84	-149	-151	-210	-3	-1	-6	-5	1.130	1.934
Ustavitev: celotna vlaka	11 do 20 %	51	49	58	-16	-179	-240	1	1	-3	-2	787	2.284
Naklon – ustavitev: %	Do 10 %	45	55	364	272	40	-23	4	4	0	0	1.261	2.371
Prevožena razdalja: 170,8 m													



Slika 61: Tehnični parametri AGT H, 0,75 m³, debelejši, dol

7.2.14 Ciklus AGT H, 0,75 m³, TD

Traktor AGT s hidrostatično transmisijo pri vlačanju bremena navzdol, tanjši del je usmerjen naprej. Breme znaša 0,66 m³ in tehta 561 kg. Razdalja vlačanja je 170,8 m.

Masa je porazdeljena zelo podobno kot pri nasprotni orientaciji bremena. Glede na orientacijo bremena v tem ciklusu bi ob primerjavi z nasprotno orientiranim bremenom pričakovali manjše obremenitve zadnjega dela traktorja – v dosedanjih komentarjih smo že omenili, da je bilo v tem primeru breme za 47 kg težje, to pa gotovo deloma vpliva na rezultat. Na začetku vlačanja je bilo razmerje mas 57 : 43, ob koncu v položnejšem delu vlake pa 46 : 54.

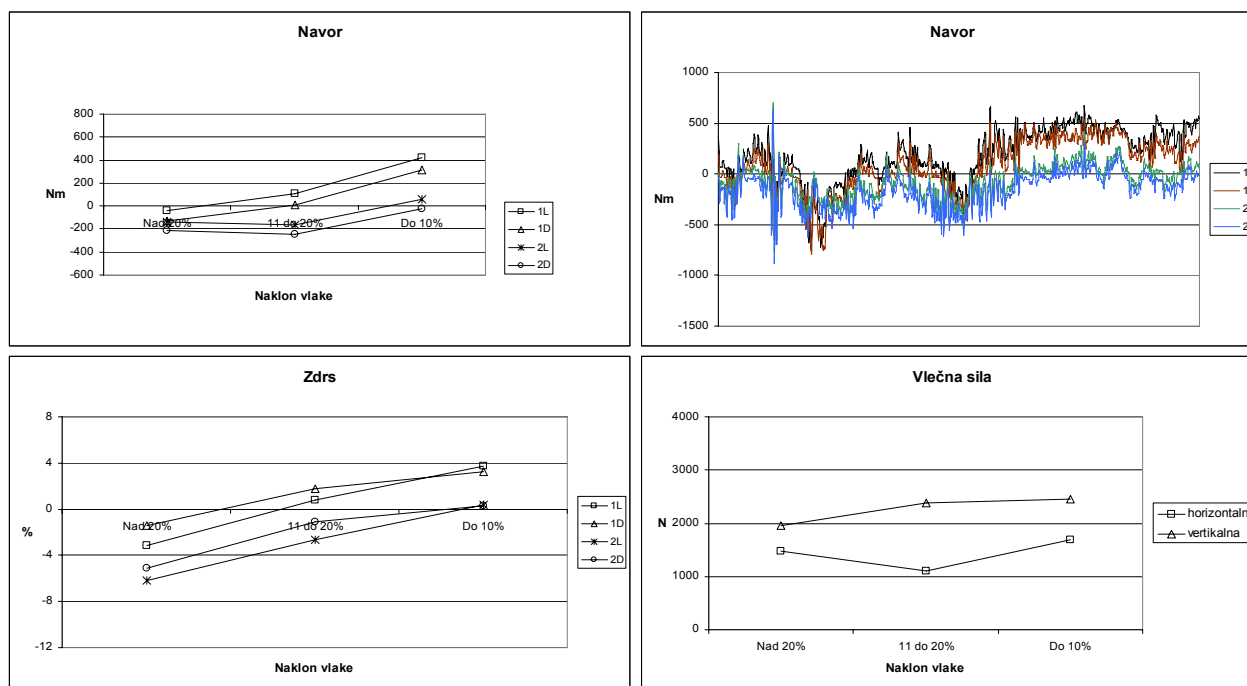
Vrednosti navora so v strmem delu (nad 20 %) praviloma negativne, v srednjem delu (11–20 %) so povprečne vrednosti na prednjih kolesih že pozitivne, na zadnjih pa še vedno negativne. Nekatere posamezne vrednosti na zadnjih kolesih so tudi v tem delu vlake že pozitivne. V spodnjem, najpoložnejšem delu (do 10 %) je večina vrednosti navora pozitivna.

Pri zdrs so, podobno kot v prejšnjem ciklusu z nasprotno orientacijo bremena, razmerja podobna: v strmem delu je zdrs vedno negativen (spredaj od –1 do –3 %, zadaj od –5 do –6 %), v srednjem delu je zdrs na prednjih kolesih pozitiven in na zadnjih še vedno negativen, v položnejšem spodnjem delu (do 10 %) pa spredaj pozitiven (3–4 %).

Horizontalna komponenta vlečne sile kaže splošno zakonitost – najmanjše vrednosti v srednjem delu vlake (11–20 %), največje pa ob koncu vlačanja, kjer je vpliv gravitacije na breme zaradi minimalnega vzdolžnega naklona najmanjši.

Preglednica 41: Tehnični parametri AGT H, 0,75 m³, tanjši, dol

AGT H 0,75 TD		Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
0,66 m ³	Naklon	1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
561 kg	Nad 20 %	57	43	-43	-134	-139	-216	-3	-1	-6	-5	1.472	1.951
Ustavitev: m	11 do 20 %	50	50	111	8	-164	-248	1	2	-3	-1	1.105	2.388
Naklon – ustavitev: %	Do 10 %	46	54	419	316	57	-24	4	3	0	0	1.693	2.458
Prevožena razdalja: 170,8 m													



Slika 62: Tehnični parametri AGT H, 0,75 m³, tanjši, dol

7.2.15 Ciklus AGT H, 1,00 m³, DG

Traktor AGT s hidrostatsko transmisijo pri vlačanju bremena navzgor, debelejši del je usmerjen naprej. Traktor z bremenom je pri vožnji navzgor prevozil razdaljo do p. 7 + 9,3 m oziroma razdaljo 137,6 m. Breme znaša 1,03 m³ in tehta 774 kg.

Pri največjem bremenu, ki smo ga uporabili v poskusu, je največ mase na zadnjem delu traktorja. Že v začetku vlačanja, pri naklonih do 10 %, znaša razmerje mas 35 : 65. V srednjem delu vlake (11–20 %) je pri tolikšnem bremenu in orientaciji bremena debelejši naprej skoraj 3/4 mase na zadnjem delu traktorja (28 : 72). Pri še večjem vzdolžnem naklonu bi pričakovali še večjo obremenitev zadnjega dela traktorja – izračunana vrednost kaže na drugačno razmerje. Razlog je predvsem v kratkem zadnjem strmim odseku, kjer so bile opravljene meritve – dolžina poti je prekratka, da bi lahko glede na način zajemanja podatkov dobili realno in pričakovano vrednost.

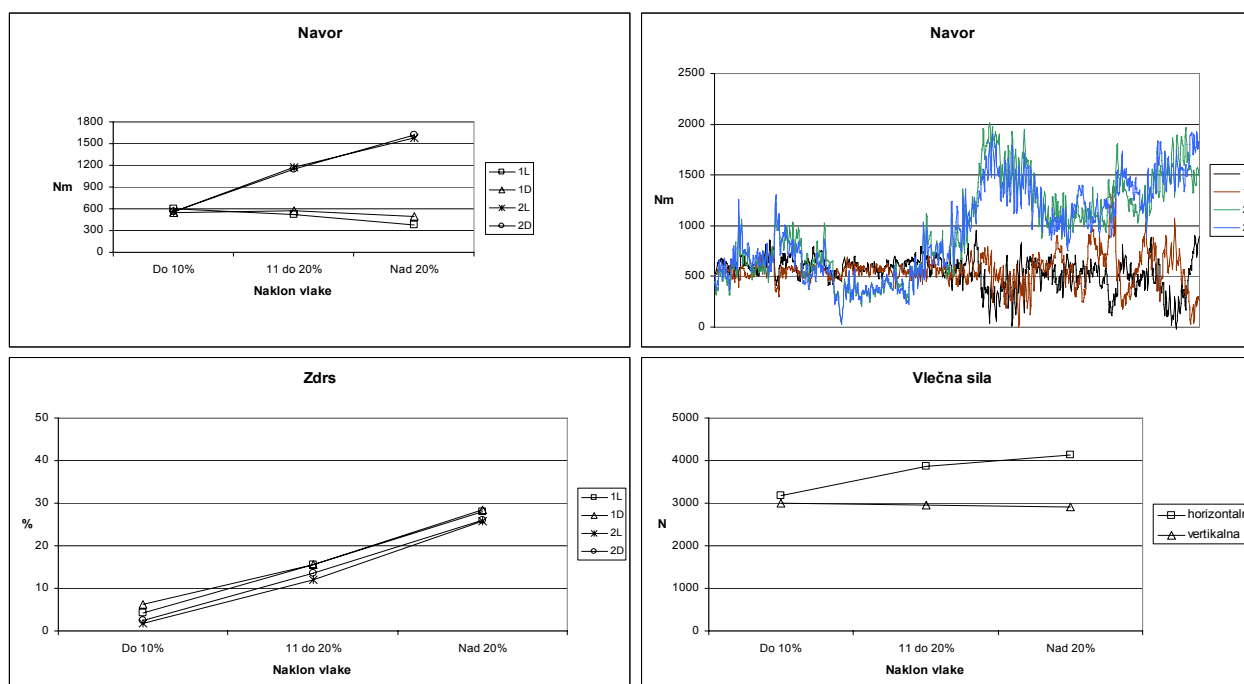
Vrednosti navora so pozitivne in v začetku vlačanja (do 10 %) med seboj podobne. Pozneje nastajajo bistvene razlike. Navor na prednjih kolesih se z naklonom manjša, vrednosti navora na zadnjih kolesih pa se pri vlačanju navzgor skokovito povečujejo.

Vrednosti zdrsa so pozitivne in ves čas vlačanja večje na prednjih kolesih. V srednjem delu vlake, ki ga traktor glede na naklon in breme še zmore, narastejo vrednosti zdrsa na prednjih kolesih na 16 %. V zadnjem delu vlake, kjer se pri 27-odstotnem naklonu traktor ustavi, znaša vrednost zdrsa na prednjih kolesih 28 %.

Horizontalna komponenta vlečne sile narašča z večanjem naklona. Ob koncu vlačanja je njena vrednost večja za 30 %.

Preglednica 42: Tehnični parametri AGT H, 1,00 m³, debelejši, gor

AGT H 1,00 DG		Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
1,03 m ³	Naklon	1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
774 kg	Do 10 %	35	65	604	552	560	555	4	6	2	3	3.179	2.998
Ustavitev: p. 7 + 9,3 m	11 do 20 %	28	72	523	573	1.176	1.143	16	16	12	14	3.867	2.961
Naklon – ustavitev: 27 %	Nad 20 %	38	62	384	494	1.572	1.614	28	28	26	26	4.132	2.904
Prevožena razdalja: 137,6 m													



Slika 63: Tehnični parametri AGT H, 1,00 m³, debelejši, gor

7.2.16 Ciklus AGT H, 1,00 m³, TG

Traktor AGT s hidrostatično transmisijo pri vlačanju bremena navzgor, tanjši del je usmerjen naprej. Traktor z bremenom je pri vožnji navzgor prevozil razdaljo do p. 7 + 9,1 m oziroma razdaljo 137,4 m. V tem primeru je prevožena razdalja krajša le za 0,2 m kot pri nasprotni orientaciji. Breme znaša 0,95 m³ in tehta 847 kg.

Razmerje mas je enako kot v prejšnjem ciklusu pri nasprotni orientaciji bremena. V tem primeru je orientacija s tanjšim delom naprej, breme pa je za 73 kg težje. Glede na samo orientacijo bremena bi pričakovali manjšo obremenitev zadnje osi. To, da imamo opraviti s težjim bremenom, je lahko razlog za popolnoma enaka razmerja mas na prednji in zadnji osi traktorja kot pri nasprotni orientaciji. Pri naklonu do 10 % znaša to razmerje 35 : 65, pri naklonu 11–20 % pa 28 : 72. Ob koncu vlačanja po strmini (nad 20 %) je razdalja vlačanja (9,1 m) še krajša kot v prejšnjem primeru – domnevamo, da gre znova za enak razlog – nestvarno ovrednotene podatke o masi v tem delu vlačanja.

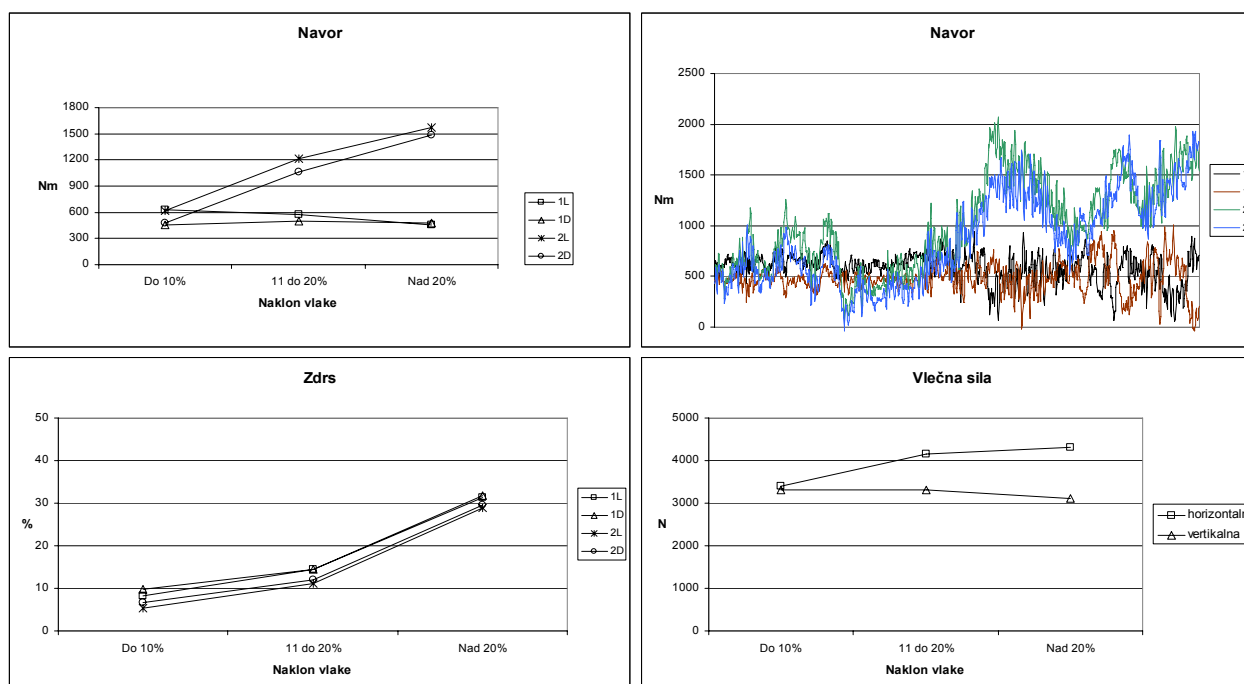
Tudi vrednosti navora kažejo podobna razmerja kot pri nasprotno orientiranem bremenu. Vrednosti na vseh 4 kolesih so si na začetku vlačanja navzgor podobne; na prednji osi se ob večanju vzdolžnega naklona ne spreminjajo bistveno, na zadnji pa se prav nasprotno zelo povečajo. Ob večanju naklona se navori bistveno spreminjajo torej samo na zadnjih kolesih traktorja.

Zdrs je pozitiven in večji na prednjih kolesih. Z večanjem vzdolžnega naklona njegove vrednosti naraščajo. V zadnjem, najbolj strmem delu dosežejo vrednosti na prednjih kolesih od 31- do 32-odstoten zdrs. Vrednosti so višje kot pri orientaciji bremena z debelejším delom naprej.

Vlečna sila (njena horizontalna komponenta) narašča z večanjem vzdolžnega naklona vlake. Tik pred ustavitvijo je za 26 % večja kot ob začetku vlačanja.

Preglednica 43: Tehnični parametri AGT H, 1,00 m³, tanjši, gor

AGT H 1,00 TG	Naklon	Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
0,95 m ³		1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
847 kg	Do 10 %	35	65	629	461	622	481	8	10	5	7	3.409	3.319
Ustavitev: p. 7 + 9,1 m	11 do 20 %	28	72	572	499	1.216	1.067	14	14	11	12	4.166	3.320
Naklon – ustavitev: 27 %	Nad 20 %	40	60	458	480	1.568	1.487	31	32	29	29	4.304	3.121
Prevožena razdalja: 137,4 m													



Slika 64: Tehnični parametri AGT H, 1,00 m³, tanjši, gor

7.2.17 Ciklus AGT H, 1,00 m³, DD

Traktor AGT s hidrostatsično transmisijo pri vlačanju bremena navzdol, debelejši del je usmerjen naprej. Breme znaša 0,95 m³ in tehta 847 kg. Razdalja vlačanja je 170,8 m.

Pri bremenu 0,95 m³ je prednji del traktorja pri vožnji navzdol v najbolj strmem delu še vedno bolj obremenjen kakor zadnji del (56 : 44). Razmerje mas pa se v primerjavi s prejšnjimi cikli spreminja že v srednjem delu vlačanja – pri naklonih 11–20 %. Tu je zadnji del traktorja že bolj obremenjen (46 : 54). Ta obremenitev se še poveča pri manjših vzdolžnih naklonih – v spodnjem delu vlačanja pri naklonih do 10 % znaša razmerje 43 : 57.

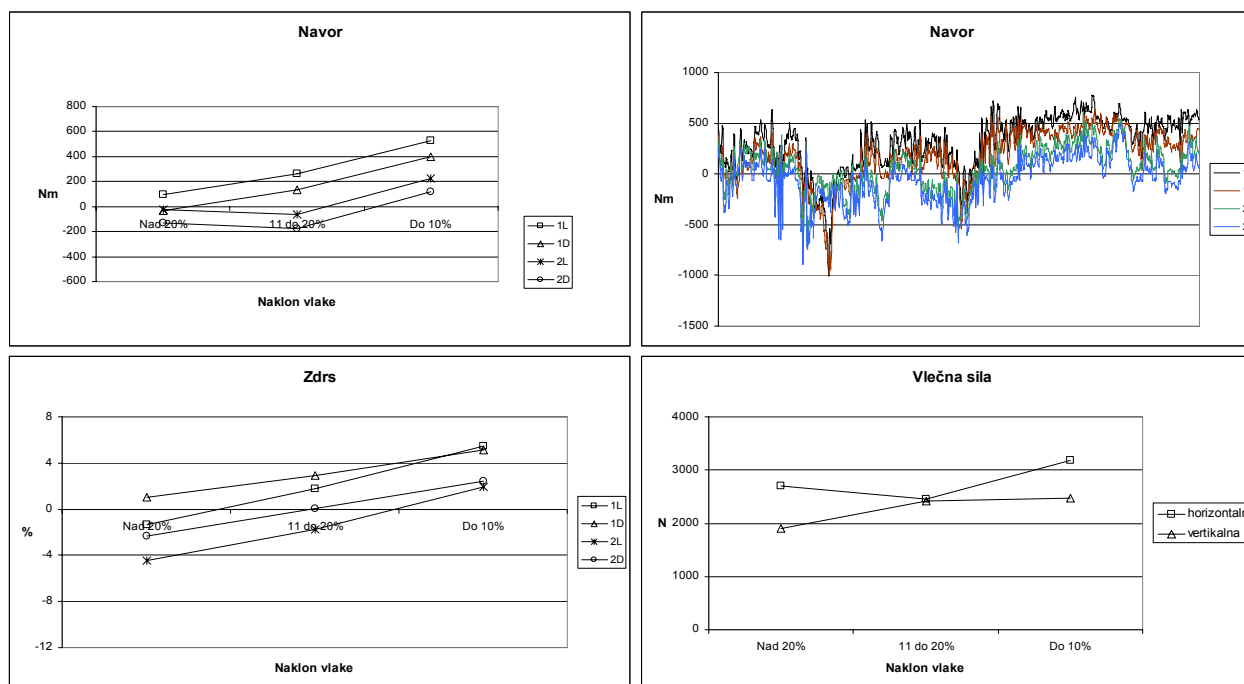
Tudi pri vrednostih navora nastajajo bistvene spremembe. Že na strmini (nad 20 %) se pozitivne in negativne vrednosti spreminjajo – na zadnjih kolesih so sicer povprečne vrednosti še vedno negativne, na prednjih pa nič več. Velikost bremena in s tem večja potrebna vlečna sila povečata vrednosti navora tudi že v srednjem delu z nakloni 11–20 %. V spodnjem delu (do 10 %) so vrednosti na vseh 4 kolesih pozitivne – pri dosedanjih manjših bremenih se to ni zgodilo.

Podobno kažejo tudi vrednosti zdrsa, ki so v strmem delu vlake večinoma negativne. V srednjem delu (11–20 %) so vrednosti negativne samo na enem kolesu, v spodnjem delu pa je zdrs v celoti pozitiven. Prvič so vrednosti pozitivne tudi na zadnjih kolesih.

Horizontalna komponenta vlečne sile znova kaže najmanjšo vrednost v srednjem delu vlake, ob koncu vlačanja pa je zaradi minimalnega vzdolžnega naklona potrebna največja vlečna sila.

Preglednica 44: Tehnični parametri AGT H, 1,00 m³, debelejši, dol

AGT H 1,00 DD	Naklon	Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
0,95 m ³		1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
847 kg	Nad 20 %	56	44	93	-32	-24	-132	-1	1	-4	-2	2.700	1.899
Ustavitev: celotna vlaka	11 do 20 %	46	54	264	131	-66	-176	2	3	-2	0	2.449	2.418
Naklon – ustavitev: %	Do 10 %	43	57	524	398	228	118	5	5	2	2	3.180	2.463
Prevožena razdalja: 170,8 m													



Slika 65: Tehnični parametri AGT H, 1,00 m³, debelejši, dol

7.2.18 Ciklus AGT H, 1,00 m³, TD

Traktor AGT s hidrostatično transmisijo pri vlačanju bremena navzdol, tanjši del je usmerjen naprej. Breme znaša 1,03 m³ in tehta 774 kg. Razdalja vlačanja znaša 170,8 m.

Tudi v tem primeru je zadnji del traktorja bolj obremenjen z maso le na začetku vlačanja pri naklonih nad 20 % (53 : 47). Pozneje je z manjšanjem vzdolžnega naklona traktor v svojem zadnjem delu vedno bolj obremenjen (45 : 55 oziroma 41 : 59).

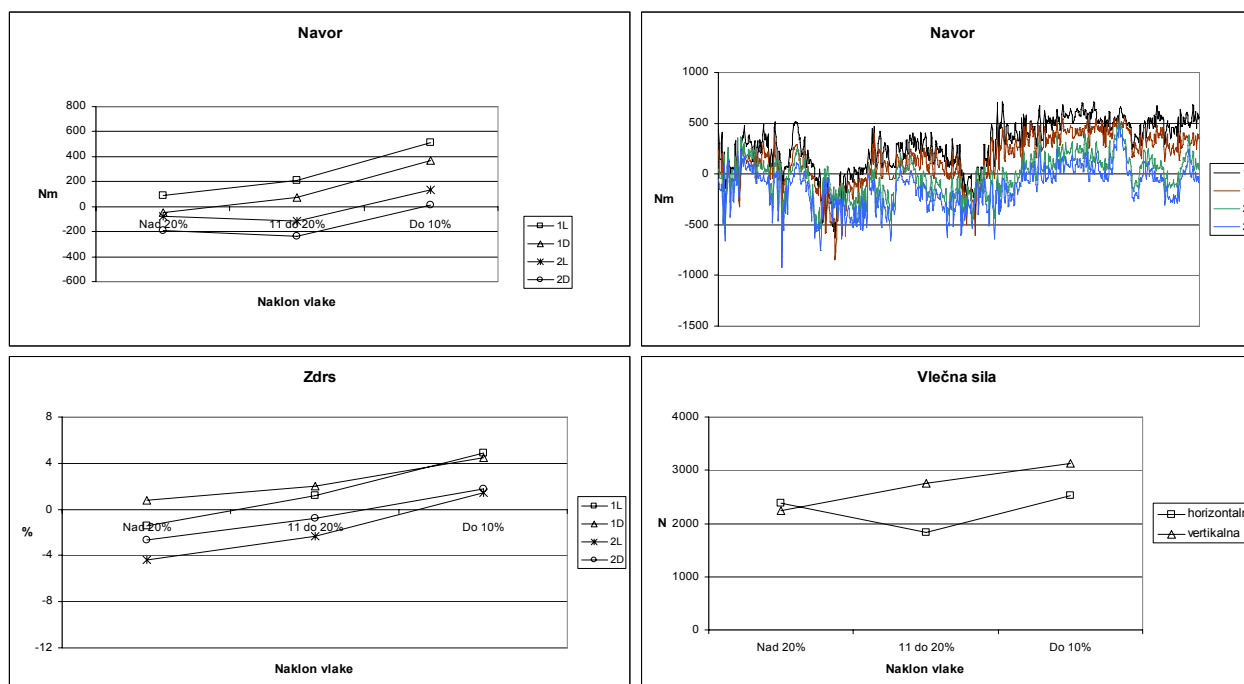
Tudi vrednosti navora so podobne kot v prejšnjem primeru. Zaradi velikosti bremena in njegove orientacije je potrebno vedno več vlečne sile – tako nastajajo pozitivne vrednosti navorov tudi že v zgornjem delu vlake (nad 20 %). Na prednji osi so večinoma pozitivne že v srednjem delu, na vseh kolesih pa v spodnjem delu z vzdolžnimi nakloni do 10 %.

Tudi vrednosti zdrsa so večinoma negativne le v zgornjem delu vlake. Negativni zdrs je večji na zadnjih kolesih. V srednjem delu (11–20 %) so vrednosti negativne samo še na zadnjih kolesih. V spodnjem, položnejšem delu so pri spravi navzdol vse vrednosti zdrsa pozitivne. Ta je večji na prednjih kolesih in znaša 4–5 %.

Vlečna sila kaže na siceršnjo zakonitost pri vlačanju navzdol. Največja vrednost vlečne sile je ob koncu vlačanja v delu vlake z vzdolžnimi nakloni do 10 %.

Preglednica 45: Tehnični parametri AGT H, 1,00 m³, tanjši, dol

AGT H 1,00 TD		Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
1,03 m ³	Naklon	1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
774 kg	Nad 20 %	53	47	87	-48	-75	-190	-1	1	-4	-3	2.391	2.234
Ustavitev: m	11 do 20 %	45	55	213	75	-118	-240	1	2	-2	-1	1.837	2.751
Naklon – ustavitev: %	Do 10 %	41	59	509	371	133	13	5	4	1	2	2.529	3.135
Prevožena razdalja: 170,8 m													



Slika 66: Tehnični parametri AGT H, 1,00 m³, tanjši, dol

7.3 AGT 835 T Z MEHANSKO TRANSMISIJO

7.3.1 Ciklus AGT M, prazen, gor

Traktor AGT z mehansko transmisijo pri vožnji brez bremena po vlaki navzgor. Traktor je zmožgal celotno vlako, dolžina prevožene poti znaša 170,9 m, največji vzdolžni naklon vlake pa 27 %. Tudi pri tem traktorju pri prevoženi poti vedno navajamo podatek o stvarni oziroma poševno prevoženi razdalji po vlaki in največji vzdolžni naklon vlake, ki jo je traktor zmožgal, oziroma naklon, pri katerem se je ustavil.

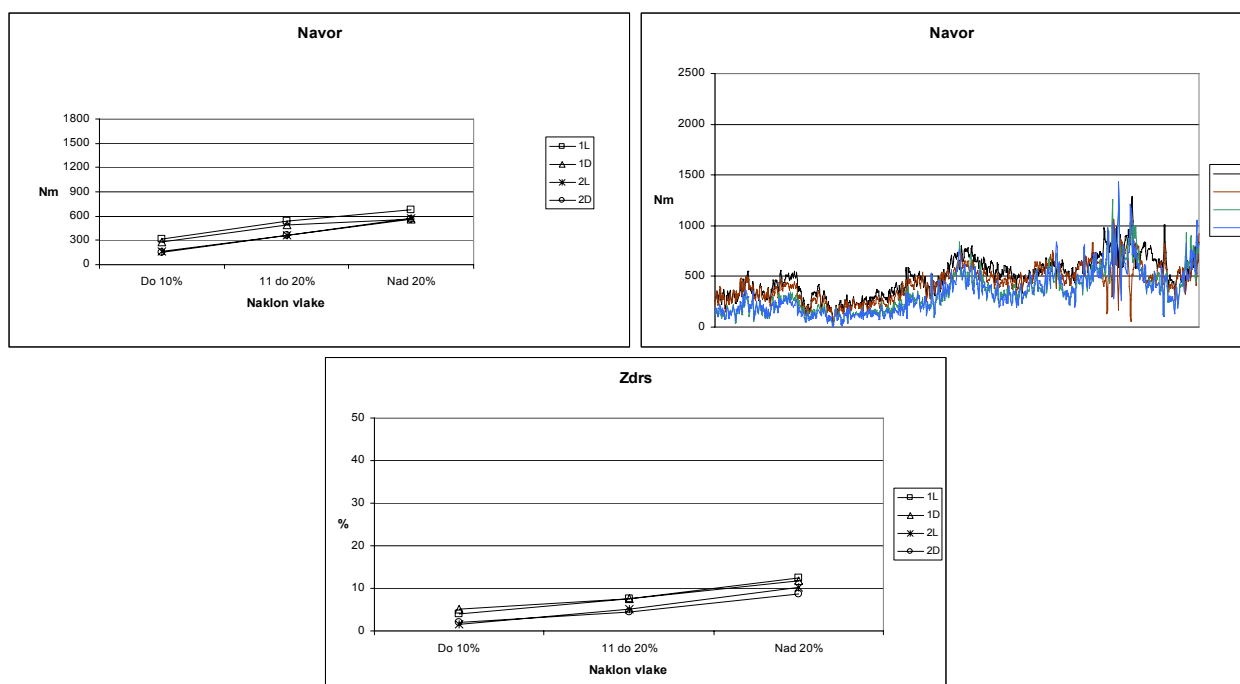
Pri vožnji praznega traktorja navzgor je večina mase na prednjem delu traktorja; na začetku vlačanja je razmerje 59 : 41, v srednjem in zgornjem delu vlake (več kot 10 % vzdolžnega naklona) pa je masa porazdeljena približno enakomerno med obe osi traktorja. Primerjava z dobljenimi vrednostmi na traktorju s hidrostatsično transmisijo kaže, da je prednja os pri tem traktorju za 2–4 % manj obremenjena.

Vrednosti navora kažejo, da veljajo za oba traktorja zelo podobne zakonitosti. Vrednosti so v celotnem ciklusu pozitivne in med vožnjo navzgor naraščajo. Večje vrednosti so na prednjih kolesih. V zgornjem delu vlake (nad 20 %) so masa traktorja in vrednosti navora zelo enakomerno porazdeljene na vsa 4 kolesa.

Vrednosti zdrsa so pozitivne in z vzdolžnim naklonom naraščajo. Večje vrednosti ugotavljamo na prednjih kolesih. Na prednjih kolesih je ob začetku vožnje od 4 do 5-odstotni zdrs, v vrhnjem strmем delu (nad 20 %) pa znaša zdrs 12–13 %. Razlika med prednjimi in zadnjimi kolesi je ves čas približno 2–4 %. To razmerje velja za celotno vožnjo ne glede na vzdolžni naklon. Primerjava s traktorjem hidrostatsične izvedbe kaže na 1–3 % večji zdrs pri traktorju mehanske izvedbe.

Preglednica 46: Tehnični parametri AGT M, prazen, gor

AGT M prazen G	Naklon	Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
		1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
m ³													
kg	Do 10 %	59	41	311	275	163	156	4	5	1	2		
Ustavitev: m	11 do 20 %	50	50	541	488	367	361	7	8	5	4		
Naklon – ustavitev: %	Nad 20 %	51	49	680	564	577	555	13	12	10	9		
Prevožena razdalja: 170,9 m													



Slika 67: Tehnični parametri AGT M, prazen, gor

7.3.2 Ciklus AGT M, prazen, dol

Traktor AGT z mehansko transmisijo pri vožnji brez bremena po vlaki navzdol. Dolžina prevožene poti znaša 170,9 m, največji vzdolžni naklon vlake pa 27 %.

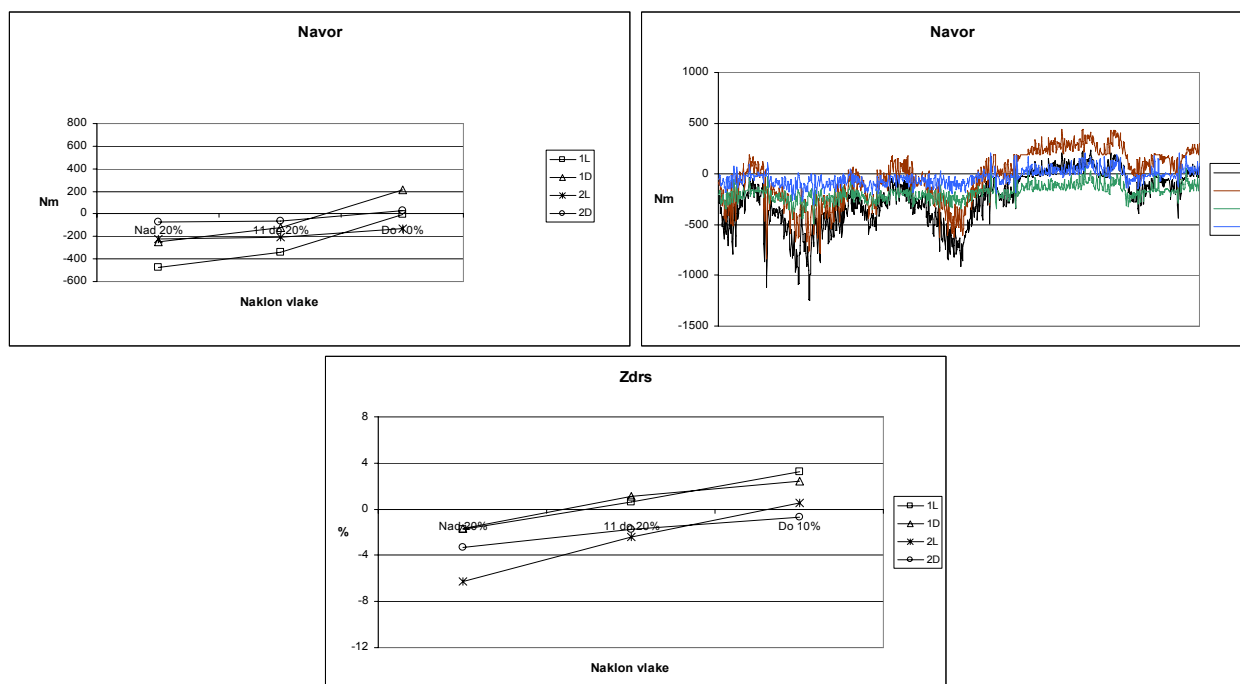
Ob vožnji praznega traktorja v smeri navzdol je v strmem zgornjem delu na prednji osi 79 % mase. To razmerje se v srednjem delu vlake (11–20 %) spremeni na 75 : 25, pri naklonih do 10 % pa je na prednji osi še vedno 67 % mase. Pri vožnji brez bremena navzdol je torej prednja os ves čas obremenjena vsaj z 2/3 mase.

V zgornjem in srednjem delu vlake pri naklonih nad 10 % so vrednosti navora na vseh 4 kolesih ves čas negativne. Izrazito bolj so obremenjena prednja kolesa (pri naklonu nad 20 % je na prednji osi 79 % mase). Obremenitev zadnjih koles je manjša, predvsem pa enakomernejša. V zadnjem delu vožnje vrednosti navora na prednjih kolesih večinoma spremenijo predznak, vrednosti na zadnjih kolesih pa menjajo predznak izmenično. Večinoma so pozitivne le na zadnjem desnem kolesu.

Vrednosti zdrsa v strmini (nad 20 %) so negativne in večje na zadnjih kolesih. Na prednjih kolesih so negativne le v najbolj strmim delu – pri manjših vzdolžnih naklonih so vrednosti zdrsa na prednjih kolesih pozitivne in znašajo v spodnjem delu 2–3 % (vzdolžni naklon do 10 %). Na zadnjih kolesih so vrednosti pri naklonih 11–20 % še vedno negativne, v položnejšem delu vlake pa znašajo od –1 do 1 %.

Preglednica 47: Tehnični parametri AGT M, prazen, dol

AGT M prazen D	Naklon	Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
		1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
m ³													
kg	Nad 20 %	79	21	-476	-244	-226	-74	-2	-2	-6	-3		
Ustavitev: m	11 do 20 %	75	25	-338	-119	-207	-63	1	1	-2	-2		
Naklon – ustavitev: %	Do 10 %	67	33	-8	213	-129	25	3	2	1	-1		
Prevožena razdalja: 170,9 m													



Slika 68: Tehnični parametri AGT M, prazen, dol

7.3.3 Ciklus AGT M, 0,25 m³, DG

Traktor AGT z mehansko transmisijo pri vlačanju bremena navzgor, debelejši del je usmerjen naprej. Traktor z bremenom je pri vlačanju navzgor prevozil celotno vlako. Breme znaša 0,27 m³ in tehta 220 kg. Razdalja vlačanja je 170,9 m.

Obremenitev prednjega in zadnjega dela traktorja se pri vlačanju takšnega bremena navzgor v primerjavi s vožnjo praznega traktorja bistveno spremeni. Obremenitev je ves čas večja na zadnji osi in je pri orientaciji debelejši naprej porazdeljena v razmerju 47 : 53 (vzdolžni naklon do 10 %). Z večanjem vzdolžnega naklona vlake obremenitev na zadnji osi narašča – največja je v razmerju 41 : 59 v srednjem delu vlačanja (nakloni 11–20 %).

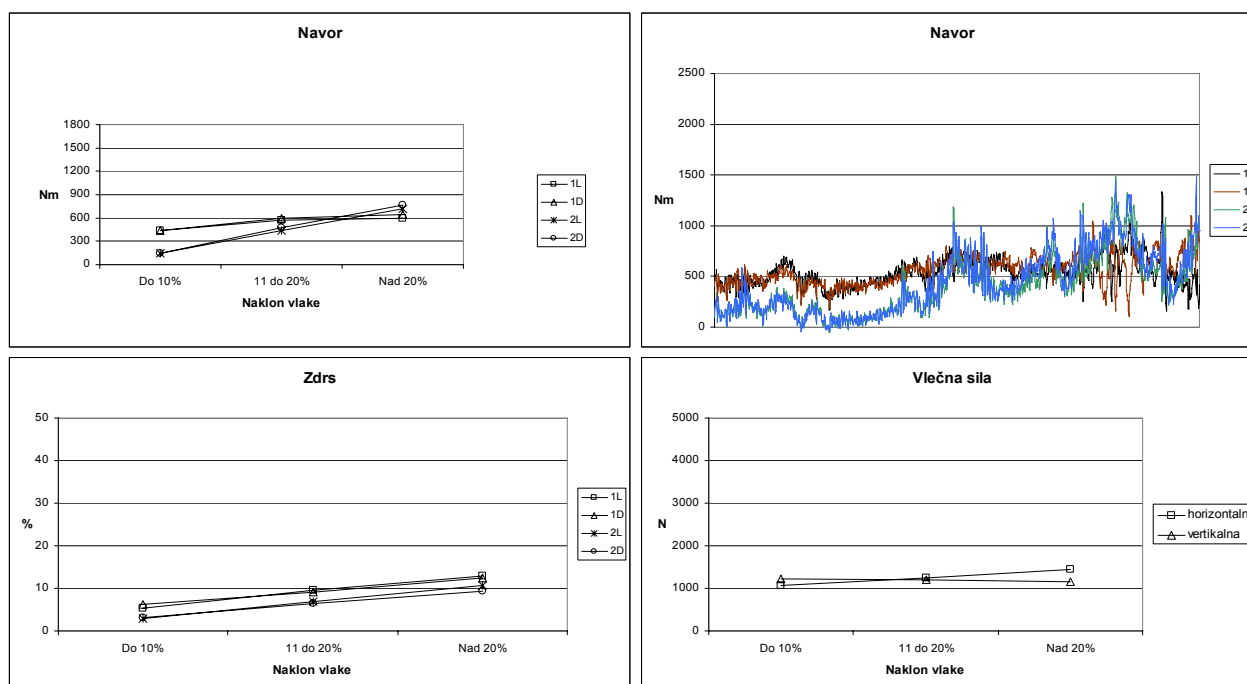
Vrednosti navora so pozitivne in med vlačanjem navzgor naraščajo. V spodnjem delu vlake (nakloni do 10 %) so bistveno večje na prednjih kolesih. Enako velja tudi pri naklonih 11–20 %, vendar je razlika v vrednosti manjša. Vrednost navora je večja na zadnjih kolesih šele v najbolj strmem delu vlačanja pri naklonih nad 20 %. Povečevanje vrednosti na posameznih kolesih je v celotnem ciklusu bistveno intenzivnejše na zadnjih kolesih.

Vrednosti zdrsa so pozitivne in med vlačanjem navzgor naraščajo, večje so na prednjih kolesih. Te znašajo v začetnem delu vlačanja 5–6 %, v strmem, zadnjem delu pa 12–13 % (podatki veljajo za prednja kolesa). Na zadnjih kolesih so vrednosti za 2–3 % manjše. V primerjavi s prazno vožnjo navzgor so v tem ciklusu vrednosti zdrsa večje za 1–2 %, v strmem delu vlake (nad 20 %) pa ni bistvenih razlik.

Vlečna sila (njena horizontalna komponenta) narašča z večanjem vzdolžnega naklona vlačanja. Ob koncu je večja za 36 %.

Preglednica 48: Tehnični parametri AGT M, 0,25 m³, debelejši, gor

AGT M 0,25 DG	Naklon	Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
0,27 m ³		1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
220 kg	Do 10 %	47	53	443	433	143	144	5	6	3	3	1.069	1.227
Ustavitev: celotna vlaka	11 do 20 %	41	59	576	600	436	473	9	9	7	6	1.254	1.208
Naklon – ustavitev: %	Nad 20 %	43	57	598	639	719	767	13	12	11	9	1.453	1.145
Prevožena razdalja: 170,9 m													



Slika 69: Tehnični parametri AGT M, 0,25 m³, debelejši, gor

7.3.4 Ciklus AGT M, 0,25 m³, TG

Traktor AGT z mehansko transmisijo pri vlačanju bremena navzgor, tanjši del je usmerjen naprej. Traktor z bremenom je pri vlačanju navzgor prevozil celotno vlako. Breme znaša 0,30 m³ in tehta 256 kg. Razdalja vlačanja je 170,9 m. Breme je v primerjavi z nasprotno orientacijo težje za 36 kg.

Tudi v tem ciklusu je zadnji del traktorja z maso bolj obremenjen. V spodnjem delu (nakloni do 10 %) znaša razmerje 49 : 51. Na zadnji osi je v zgornjem, najbolj strmem delu vlačanja, 58 % mase. Predvsem zaradi orientacije bremena (tanjši naprej) je zadnji del traktorja večinoma manj obremenjen kot pri nasprotni orientaciji. Razlike so majhne – tudi zaradi težjega bremena v tem primeru.

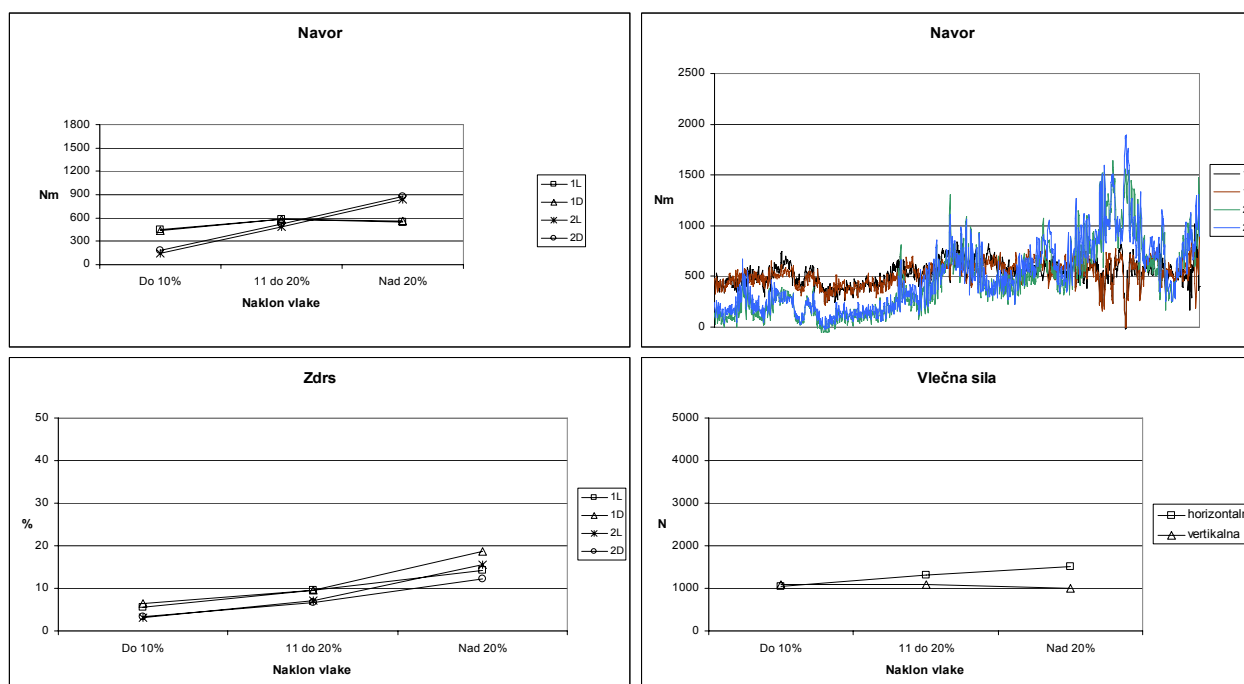
Vrednosti navorov se bistveno spreminjajo predvsem na zadnjih kolesih. Vse so pozitivne in v položnejšem delu vlake (do 10 %) večje na prednjih kolesih. Pri naklonih 11–20 % so vrednosti na vseh 4 kolesih podobne, v strmem delu pa bistveno večje na zadnjih kolesih.

Vrednosti zdrsa so pričakovano pozitivne, večje na prednjih kolesih – izjema je zadnje levo kolo, kjer je vrednost večja. V začetku znaša na prednjih kolesih 6–7 %, ob zaključku v strmini (nad 20 %) pa 14–19 %. Primerjava vrednosti zdrsa pri nasprotni orientaciji bremena kaže, da so vrednosti pri orientaciji bremena tanjši del naprej večje.

Horizontalna komponenta vlečne sile narašča med vlačanjem navzgor. Vertikalna komponenta vlečne sile je ob takšni orientaciji bremena (tanjši naprej) manjša kot pri nasprotni.

Preglednica 49: Tehnični parametri AGT M, 0,25 m³, tanjši, gor

AGT M 0,25 TG	Naklon	Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
0,30 m ³		1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
256 kg	Do 10 %	49	51	452	441	145	183	6	7	3	3	1.044	1.083
Ustavitev: celotna vlaka	11 do 20 %	43	57	588	579	482	523	10	10	7	7	1.304	1.082
Naklon – ustavitev: %	Nad 20 %	42	58	549	563	834	873	14	19	16	12	1.518	992
Prevožena razdalja: 170,9 m													



Slika 70: Tehnični parametri AGT M, 0,25 m³, tanjši, gor

7.3.5 Ciklus AGT M, 0,25 m³, DD

Traktor AGT z mehansko transmisijo pri vlačanju bremena navzdol, debelejši del je usmerjen naprej. Breme znaša 0,30 m³ in tehta 256 kg. Razdalja vlačanja je 170,9 m.

Porazdelitev mase na traktorju kaže, da je traktor s takšnim bremenom pri spravi navzdol in orientaciji bremena debelejši naprej bolj obremenjen na prednjem delu. Na začetku vlačanja navzdol (nad 20 % naklona) sta 2/3 mase na prednjem delu. Z zmanjševanjem naklona je vedno bolj obremenjen zadnji del traktorja. V spodnjem delu vlake (nakloni do 10 %) znaša razmerje mas 53 : 47.

Vrednosti navora so negativne, razen v položnejšem spodnjem delu vlake (nakloni do 10 %), kjer so na prednjih kolesih vrednosti pozitivne. V strmem delu so obremenitve večje na prednjih kolesih (v tem delu sta 2/3 mase na prednji osi). Z zmanjševanjem naklona ob spravi navzdol največje spremembe nastajajo na prednjih kolesih – v spodnjem delu vlake njegove vrednosti spremenijo predznak in so pri naklonih do 10 % praviloma pozitivne. Vrednosti na zadnji osi so po absolutni vrednosti manjše in negativne.

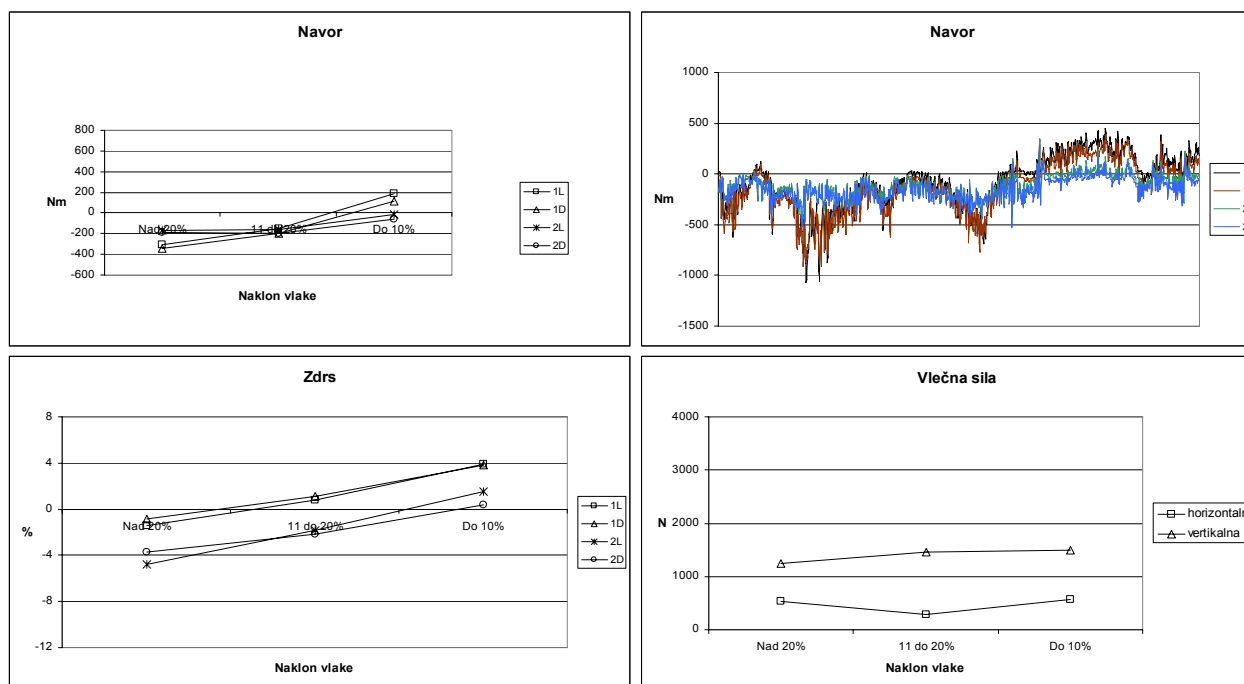
Zdrs je pri vzdolžnem naklonu nad 20 % negativen na vseh kolesih – večji je na zadnjih. Njegove vrednosti so v manjših naklonih nižje; na prednjih kolesih že pri naklonu 11–20 % pozitivne. V spodnjem delu vlake (do 10 %) je zdrs pri takšnem bremenu že večinoma pozitiven – na prednjih kolesih znaša 4 %.

Vlečne sile kažejo na enake zakonitosti kot pri spravi s traktorjem hidrostaticne izvedbe. V tem ciklusu je vrednost horizontalne komponente v začetku in ob koncu vlačanja podobna, v srednjem delu (11–20 %) pa so zaradi naslanjanja bremena na naletno desko vrednosti potrebne vlečne sile najmanjše. Vertikalna komponenta je zaradi orientacije bremena debelejši naprej večja kot pri nasprotni orientaciji bremena.

.

Preglednica 50: Tehnični parametri AGT M, 0,25 m³, debelejši, dol

AGT M 0,25 DD	Naklon	Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
		1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
0,30 m ³													
256 kg	Nad 20 %	67	33	-307	-342	-169	-187	-1	-1	-5	-4	538	1.247
Ustavitev: celotna vlaka	11 do 20 %	60	40	-153	-198	-165	-193	1	1	-2	-2	292	1.458
Naklon – ustavitev: %	Do 10 %	53	47	184	114	-11	-58	4	4	2	0	563	1.501
Prevožena razdalja: 170,9 m													



Slika 71: Tehnični parametri AGT M, 0,25 m³, debelejši, dol

7.3.6 Ciklus AGT M, 0,25 m³, TD

Traktor AGT z mehansko transmisijo pri vlačanju bremena navzdol, tanjši del je usmerjen naprej. Breme znaša 0,27 m³ in tehta 220 kg. Razdalja vlačanja je 170,9 m.

Porazdelitev mase kaže na večjo obremenitev prednjega dela traktorja. Zaradi orientacije bremena (tanjši naprej) je v tem ciklusu zadnji del manj obremenjen kot pri nasprotni orientaciji. V delu vlake z nakloni nad 20 % znaša razmerje 68 : 32, v spodnjem delu pa 54 : 46.

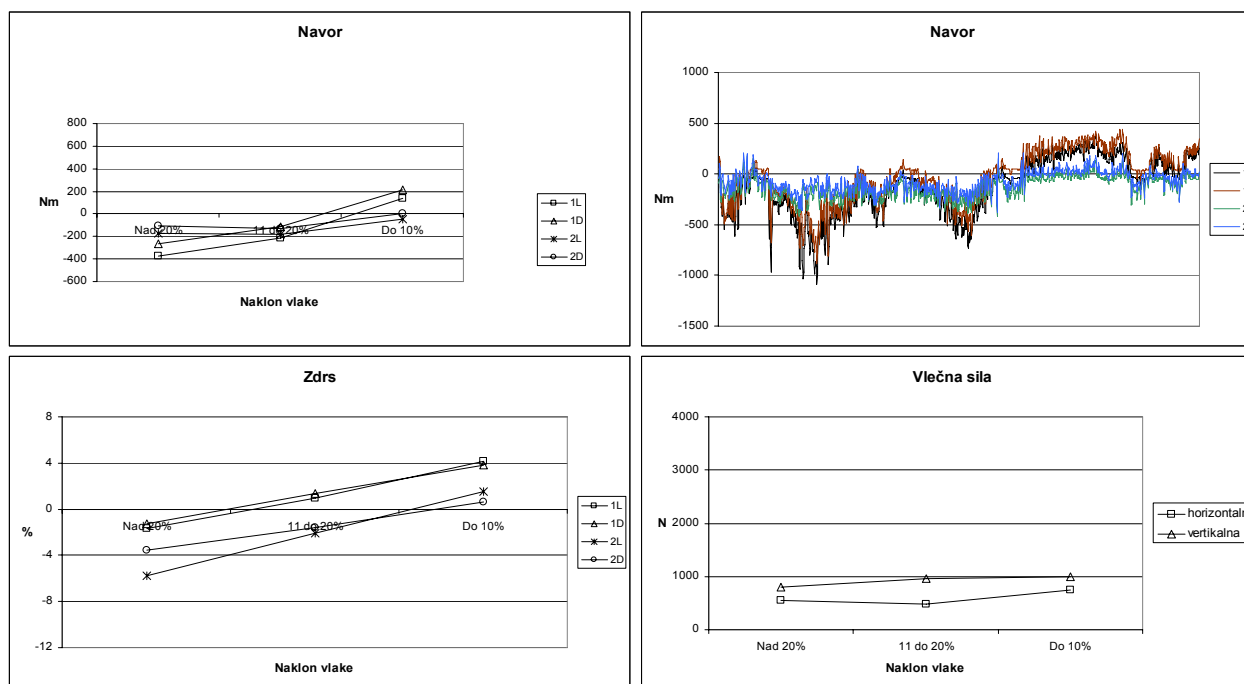
Vrednosti navora so v veliki večini negativne v bolj strmem delu vlake, torej pri vzdolžnih naklonih nad 10 %. Le v spodnjem delu vlake (do 10 %) so vrednosti pozitivne na prednjih kolesih, na zadnjih pa se gibljejo okrog ničle in menjajo svoj predznak.

Zdrs je podoben kot pri nasprotni orientaciji bremena. V strmem delu vlake je pri spravi navzdol negativen (od -1 do -2 % na prednjih kolesih in od -4 do -6 % na zadnjih), na zadnjih kolesih tudi še v srednjem delu vlake (-2 %). V spodnjem delu je pozitiven in večji na prednjih kolesih (4 %).

Horizontalna komponenta vlečne sile je najmanjša v srednjem delu vlake, največja pa ob koncu vlačanja v naklonih do 10 %. Zaradi orientacije bremena (tanjši naprej) je manj mase bremena na traktorju, zato je potrebna večja vlečna sila. Hkrati je zaradi orientacije bremena tudi vertikalna komponenta manjša kot pri nasprotni orientaciji.

Preglednica 51: Tehnični parametri AGT M, 0,25 m³, tanjši, dol

AGT M 0,25 TD		Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
0,27 m ³	Naklon	1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
220 kg	Nad 20 %	68	32	-371	-265	-170	-107	-2	-1	-6	-4	550	808
Ustavitev: m	11 do 20 %	64	36	-215	-117	-185	-127	1	1	-2	-2	477	952
Naklon – ustavitev: %	Do 10 %	54	46	139	215	-45	1	4	4	1	1	754	995
Prevožena razdalja: 170,9 m													



Slika 72: Tehnični parametri AGT M, 0,25 m³, tanjši, dol

7.3.7 Ciklus AGT M, 0,50 m³, DG

Traktor AGT z mehansko transmisijo pri vlačanju bremena navzgor, debelejši del je usmerjen naprej. Traktor z bremenom je pri vlačanju navzgor prevozil celotno vlako. Breme znaša 0,54 m³ in tehta 464 kg. Razdalja vlačanja je 170,9 m.

S povečanjem bremena se zadnji del traktorja vedno bolj obremenjuje pa tudi porazdelitev mase med prednjim in zadnjim delom kaže na spremembe ob povečanju bremena. V začetnem delu vlačanja znaša razmerje razporejene mase 40 : 60, v najbolj strmem delu vlačanja pa 35 : 65.

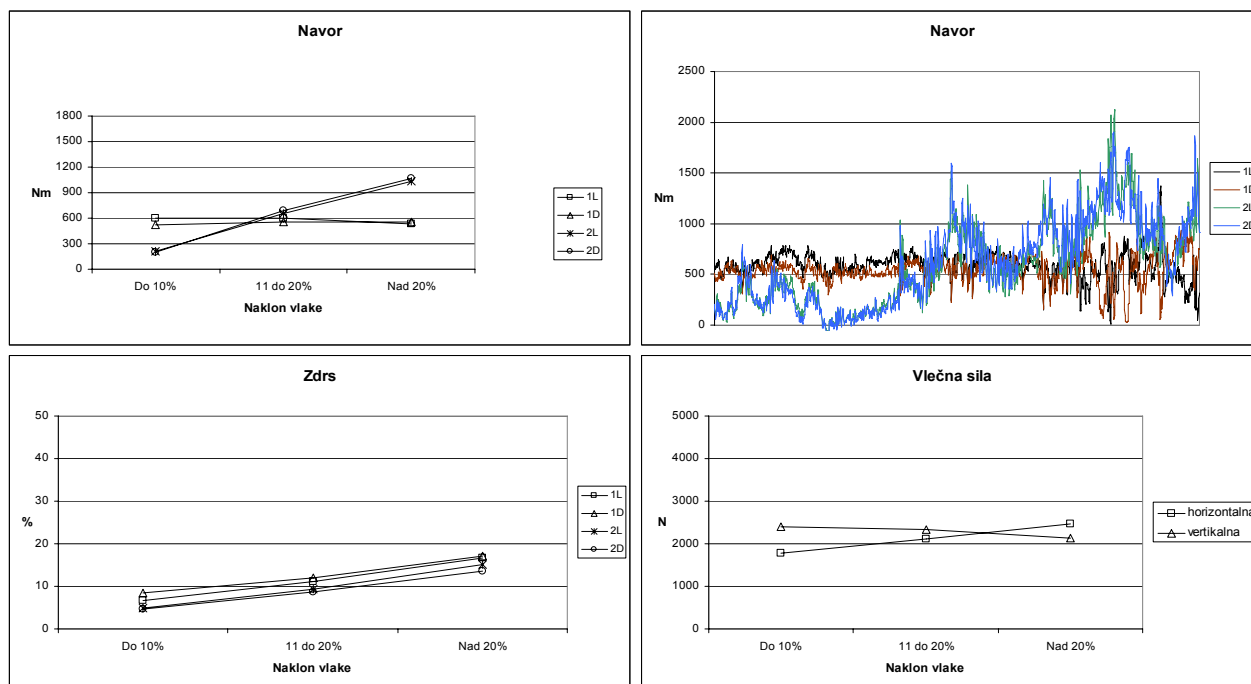
Vrednosti navora so pozitivne. V tem ciklusu so vrednosti na prednjih kolesih ves čas na približno enaki ravni, vrednosti na zadnjih kolesih pa z večanjem naklona vlake izrazito naraščajo.

Vrednosti zdrsa so pri vlačanju navzgor pozitivne in z večanjem naklona naraščajo. Zdrs je ves čas večji na prednjih kolesih (razlika je 2–3 %). V vrhnjem delu vlake (nad 20 % naklona) znaša na prednji osi 17 %. V primerjavi z bremenom 0,27 m³ in enako orientacijo bremena ugotavljamo, da je pri večjem bremenu v tem ciklusu zdrs večji za 2–3 %, v najbolj strmem delu pa za 4–5 %.

Potrebna vlečna sila z večanjem vzdolžnega naklona vlake narašča, njena horizontalna komponenta je ob koncu vlačanja za 39 % večja.

Preglednica 52: Tehnični parametri AGT M, 0,50 m³, debelejši, gor

AGT M 0,50 DG	Naklon	Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
0,54 m ³		1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
464 kg	Do 10 %	40	60	598	519	207	198	7	8	5	5	1.776	2.390
Ustavitev: celotna vlaka	11 do 20 %	35	65	598	554	650	689	11	12	9	9	2.112	2.342
Naklon – ustavitev: %	Nad 20 %	35	65	531	558	1.038	1.071	17	17	15	14	2.469	2.129
Prevožena razdalja: 170,9 m													



Slika 73: Tehnični parametri AGT M, 0,50 m³, debelejši, gor

7.3.8 Ciklus AGT M, 0,50 m³, TG

Traktor AGT z mehansko transmisijo pri vlačanju bremena navzgor, tanjši del je usmerjen naprej. Traktor z bremenom je pri vlačanju navzgor prevozil celotno vlako. Breme znaša 0,56 m³ in tehta 488 kg. Razdalja vlačanja je 170,9 m. Breme je v primerjavi z nasprotno orientacijo težje za 24 kg.

Pri vlačanju navzgor se začetno razmerje mas 41 : 59 spremeni v najbolj strmem delu (nakloni nad 20 %) v razmerje 37 : 63. V primerjavi z nasprotno orientiranim bremenom je v tem ciklusu zadnji del traktorja manj obremenjen (1–2 %). V srednjem delu vlake pa je vrednost večja za 1 %. Treba je poudariti, da je breme v tem ciklusu za 24 kg težje kot pri nasprotni orientaciji.

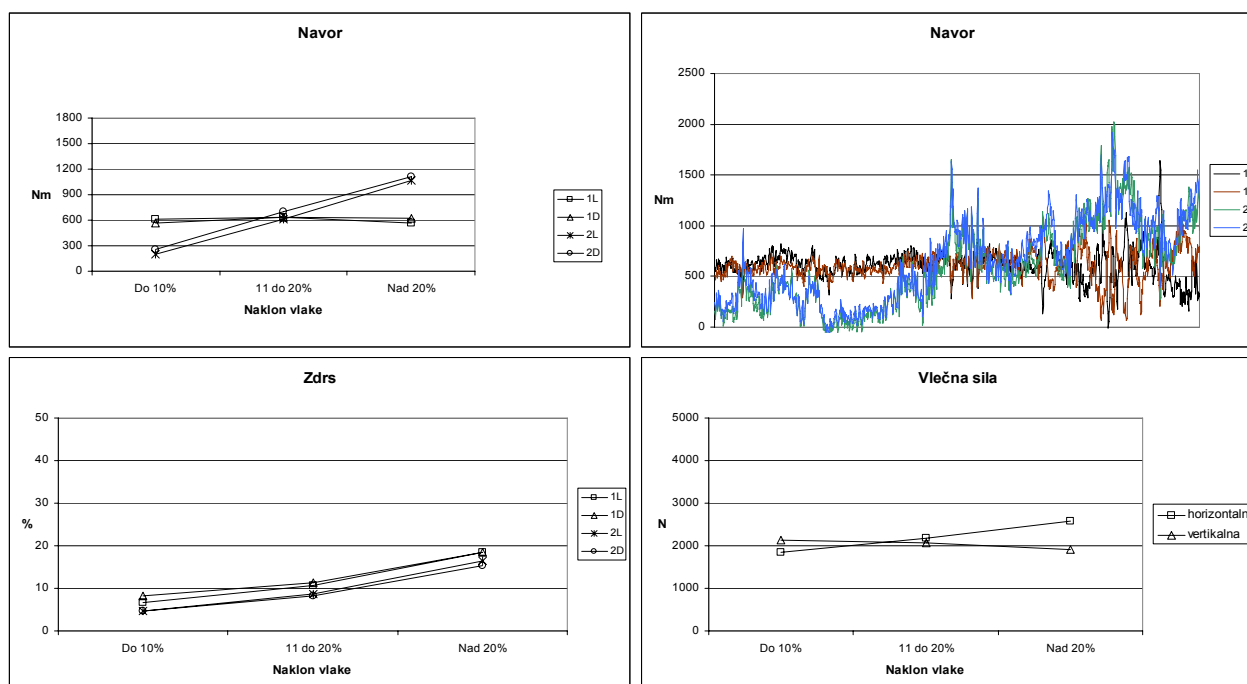
Vrednosti navora so pozitivne in kažejo na podobno zakonitost kot pri nasprotni orientaciji bremena. Na prednji osi so ves čas vlačanja zelo podobne, v zadnjem delu vlake se celo minimalno znižujejo. Pri vzdolžnih naklonih do 10 % so vrednosti večje na prednjih kolesih, v srednjem delu (nakloni 11–20 %) so podobne, v strmini pa bistveno večje na zadnjih kolesih. Vrednosti navora na zadnjih kolesih z večanjem naklona izrazito naraščajo.

Zdrs je pozitiven, z večanjem naklona narašča in je na prednjih kolesih večji. Na začetku vlačanja znaša na prednjih kolesih 7–8 %, ob koncu v strmini pa 18 %. Na prednjih kolesih so vrednosti za 2–3 % večje.

Potrebna vlečna sila navzgor narašča in je pri tej orientaciji bremena (tanjši naprej) večja. Vrednosti vertikalne obremenitve so pri bremenu tanjši naprej manjše kot pri nasprotni orientaciji bremena.

Preglednica 53: Tehnični parametri AGT M, 0,50 m³, tanjši, gor

AGT M 0,50 TG	Naklon	Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
0,56 m ³		1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
488 kg	Do 10 %	41	59	613	569	200	250	7	8	5	5	1.844	2.135
Ustavitev: celotna vlaka	11 do 20 %	34	66	636	637	608	695	11	11	9	8	2.172	2.063
Naklon – ustavitev: %	Nad 20 %	37	63	563	617	1.070	1.112	18	18	16	15	2.581	1.910
Prevožena razdalja: 170,9 m													



Slika 74: Tehnični parametri AGT M, 0,50 m³, tanjši, gor

7.3.9 Ciklus AGT M, 0,50 m³, DD

Traktor AGT z mehansko transmisijo pri vlačanju bremena navzdol, debelejši del je usmerjen naprej. Breme znaša 0,56 m³ in tehta 488 kg. Razdalja vlačanja je 170,9 m.

Pri takšnem bremenu je zadnji del traktorja manj obremenjen samo v zgornjem, strmem delu, kjer je vpliv gravitacije tolikšen, da je prednji del traktorja obremenjen bolj kot zadnji. Pri vseh naklonih do 20 % pa je bolj obremenjen zadnji del traktorja – v srednjem delu vlake znaša razmerje 48 : 52, v položnejšem spodnjem delu pa 43 : 57.

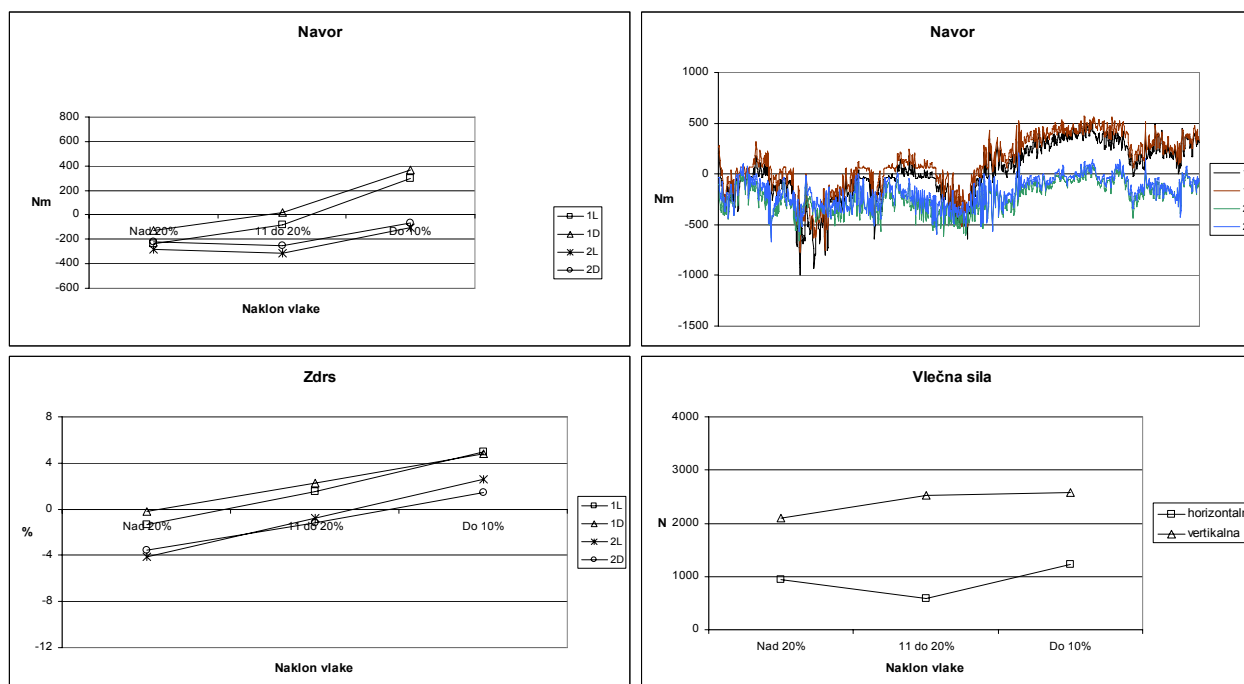
Vrednosti navora kažejo navadno sliko in razmerja med posameznimi kolesi. Pri naklonih vlake nad 20 % so vse vrednosti negativne, na zadnjih kolesih so take ves čas vlačanja. Že v srednjem delu vlake (nakloni 11–20 %) je na prednjem desnem kolesu večina vrednosti navora pozitivnih, v spodnjem delu vlake pa so navori pozitivni le na prednjih kolesih.

V dosedanjih ciklikih so bile vrednosti zdrsa na vseh kolesih v zgornjem delu vlake (do 20 %) negativne. Pri bremenu 0,56 m³ to ni več pravilo. Zdrs je na prednjih kolesih minimalen, na enem ima celo vrednost nič. Na zadnjem kolesu znaša –4 %. Z manjšanjem vzdolžnega naklona vlake se zdrs spredaj povečuje in znaša ob koncu vlačanja 5 %. Na zadnji osi so vrednosti zdrsa pozitivne samo v delu vlake z naklonom do 10 %.

Vrednosti vlečne sile kažejo ustaljeno podobo – največja vlečna sila nastaja v zadnjem delu vlačanja. Zaradi minimalnega vzdolžnega naklona in bremena 0,56 m³, je ob koncu vlačanja potrebna največja horizontalna vlečna sila.

Preglednica 54: Tehnični parametri AGT M, 0,50 m³, debelejši, dol

AGT M 0,50 DD	Naklon	Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
		1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
0,56 m ³													
488 kg	Nad 20 %	57	43	-233	-125	-280	-223	-1	0	-4	-4	940	2.093
Ustavitev: celotna vlaka	11 do 20 %	48	52	-81	20	-311	-252	2	2	-1	-1	581	2.519
Naklon – ustavitev: %	Do 10 %	43	57	295	369	-103	-67	5	5	3	1	1.228	2.586
Prevožena razdalja: 170,9 m													



Slika 75: Tehnični parametri AGT M, 0,50 m³, debelejši, dol

7.3.10 Ciklus AGT M, 0,50 m³, TD

Traktor AGT z mehansko transmisijo pri vlačanju bremena navzdol, tanjši del je usmerjen naprej. Breme znaša 0,54 m³ in tehta 464 kg. Razdalja vlačanja je 170,9 m. Breme je za 24 kg lažje kot pri nasprotni orientaciji bremena v prejšnjem ciklusu.

Pri bremenu 0,54 m³ je traktor na prednjem delu bolj obremenjen, razen v spodnjem delu vlake (naklon do 10 %). Na začetku znaša razmerje 58 : 42, ob koncu vlačanja pa 46 : 54. Takšna orientacija bremena (tanjši naprej) manj obremeni zadnji del traktorja (razlika znaša 1–4 %). Primerjava z nasprotno orientacijo bremena kaže na razlike v porazdelitvi mase med prednjim in zadnjim delom traktorja. Pri orientaciji debelejši naprej je prednji del traktorja bolj obremenjen le v najbolj strmem delu vlake, pri nasprotni orientaciji (tanjši naprej) pa tudi v srednjem delu vlake pri naklonih 11–20 %. Razlog je predvsem v tem, da tanjši del bremena manj obremenjuje zadnji del traktorja.

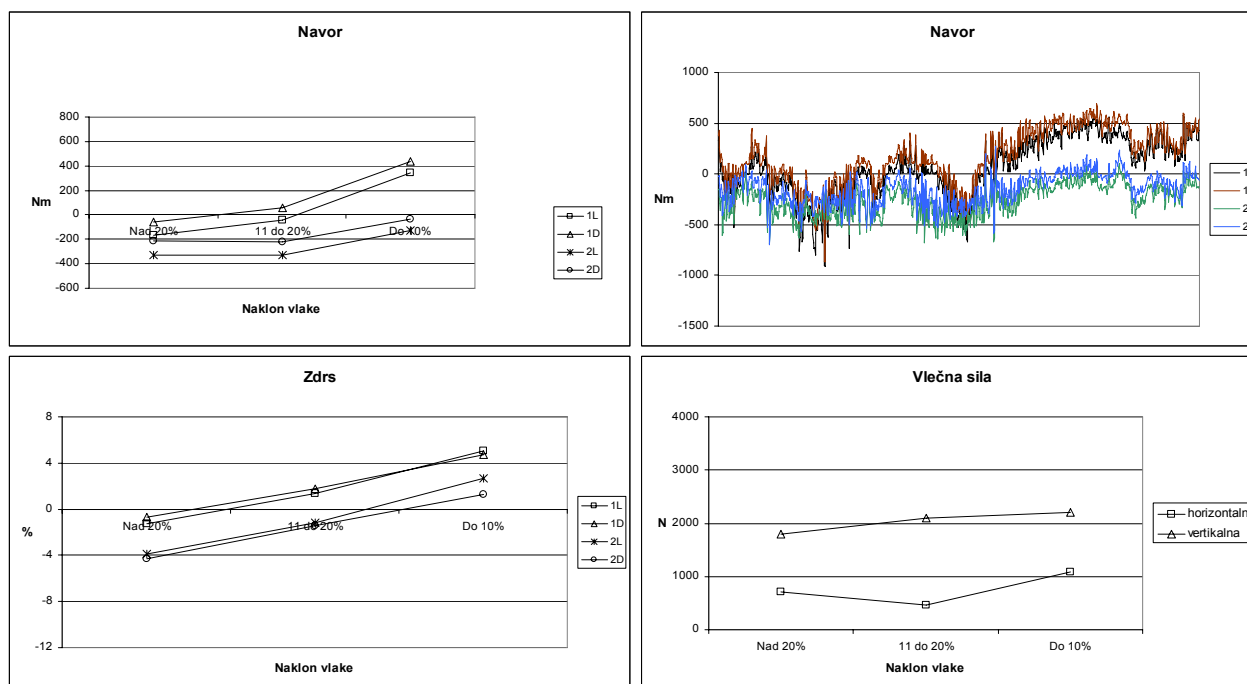
Tudi tu so vrednosti navora negativne zgolj v strmem delu vlake pri vlačanju navzdol. Po absolutni vrednosti so večje na zadnjih kolesih. V srednjem delu (nakloni 11–20 %) se predznak vrednosti na prednjih kolesih spremeni, na zadnjih pa je ves čas negativen. Vrednosti so pozitivne le na prednjih kolesih v spodnjem delu vlake pri naklonih do 10 %.

Vrednosti zdrsa so na vseh kolesih negativne samo v naklonih nad 20 %. Večji negativni zdrs je na zadnjih kolesih. V naklonih 11–20 % so vrednosti negativne le na zadnjih kolesih (–1 %). V naklonih do 10 % je zdrs pozitiven in večji na prednjih kolesih (5 %).

Največja vlečna sila je potrebna ob koncu vlačanja pri najmanjšem vzdolžnem naklonu vlake. Vertikalna obremenitev je manjša kot pri orientaciji debelejši naprej.

Preglednica 55: Tehnični parametri AGT M, 0,50 m³, tanjši, dol

AGT M 0,50 TD		Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
0,54 m ³	Naklon	1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
464 kg	Nad 20 %	58	42	-167	-61	-331	-214	-1	-1	-4	-4	719	1.794
Ustavitev: m	11 do 20 %	52	48	-40	60	-332	-222	1	2	-1	-1	465	2.095
Naklon – ustavitev: %	Do 10 %	46	54	345	433	-132	-33	5	5	3	1	1.092	2.201
Prevožena razdalja: 170,9m													



Slika 76: Tehnični parametri AGT M, 0,50 m³, tanjši, dol

7.3.11 Ciklus AGT M, 0,75 m³, DG

Traktor AGT z mehansko transmisijo pri vlačanju bremena navzgor, debelejši del je usmerjen naprej. Traktor z bremenom je pri vlačanju navzgor prevozil celotno vlako. Breme znaša 0,83 m³ in tehta 657 kg. Razdalja vlačanja je 170,9 m.

Pri vlačanju tolikšnega bremena navzgor je zadnji del traktorja vedno bistveno bolj obremenjen kakor prednji. Na začetku vlačanja znaša razmerje 35 : 65, ob koncu vlačanja pa 32 : 68. Primerjava z vrednostmi ob vlačanju 0,54 m³ velikega bremena in enake orientacije kaže, da je v tem ciklusu zadnji del traktorja za 3–6 % bolj obremenjen.

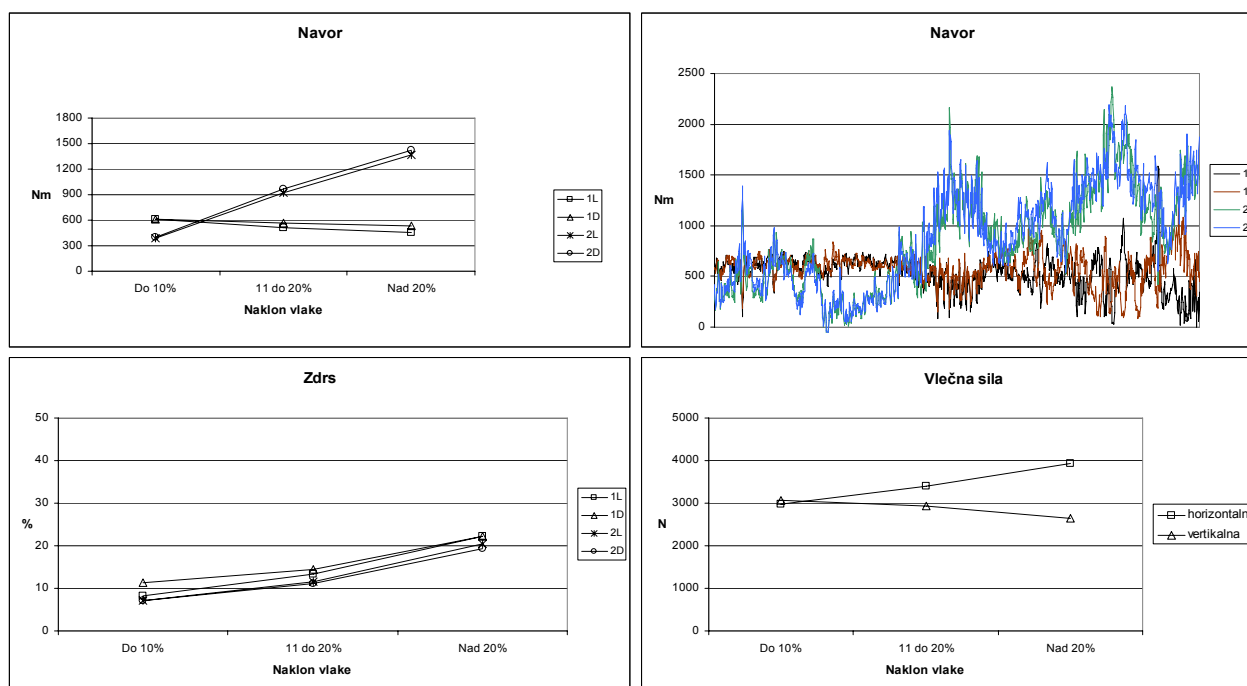
Vrednosti navora se na prednjih kolesih med vlačanjem navzgor bistveno ne spreminjajo. Samo v naklonih do 10 % so večje kot na zadnjih kolesih. Pozneje se vrednosti na zadnjih kolesih povečajo in ob vlačanju navzgor hitro naraščajo. Vrednosti na prednjih kolesih se proti koncu vlačanja celo zmanjšujejo.

Vrednosti zdrsa so pozitivne in ob večanju vzdolžnega naklona vlake naraščajo. Večje so na prednjih kolesih. Vrednosti na prednjih kolesih so na začetku vlačanja 8–11 %, ob koncu v najbolj strmem delu (nad 20 %) pa 22 %. Vrednosti na prednjih kolesih so za 1–4 % večje.

Horizontalna vlečna sila se z naraščanjem vzdolžnega naklona vlake povečuje. Ob koncu vlačanja je za 32 % večja.

Preglednica 56: Tehnični parametri AGT M, 0,75 m³, debelejši, gor

AGT M 0,75 DG	Naklon	Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
		1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
0,83 m ³													
657 kg	Do 10 %	35	65	607	615	388	397	8	11	7	7	2.983	3.066
Ustavitev: celotna vlaka	11 do 20 %	29	71	509	565	923	962	13	15	12	11	3.400	2.935
Naklon – ustavitev: %	Nad 20 %	32	68	456	531	1.367	1.425	22	22	20	19	3.927	2.634
Prevožena razdalja: 170,9 m													



Slika 77: Tehnični parametri AGT M, 0,75 m³, debelejši, gor

7.3.12 Ciklus AGT M, 0,75 m³, TG

Traktor AGT z mehansko transmisijo pri vlačanju bremena navzgor, tanjši del je usmerjen naprej. Traktor z bremenom je pri vlačanju navzgor prevozil celotno vlako. Breme znaša 0,79 m³ in tehta 674 kg. Razdalja vlačanja je 170,9 m. Breme je v primerjavi z nasprotno orientacijo lažje za 17 kg.

Masa je porazdeljena podobno kot pri bremenu z nasprotno orientacijo. Zaradi sorazmerno velikega bremena je pri spravi navzgor zadnji del traktorja bistveno bolj obremenjen. Razmerje 35 : 65 se ob koncu vlačanja spremeni v 31 : 69. Pričakovali smo, da bo zadnji del traktorja najbolj obremenjen v največji strmini – najbrž je velika dinamika same vožnje vzrok največje obremenitve zadnje osi traktorja v srednjem delu vlake.

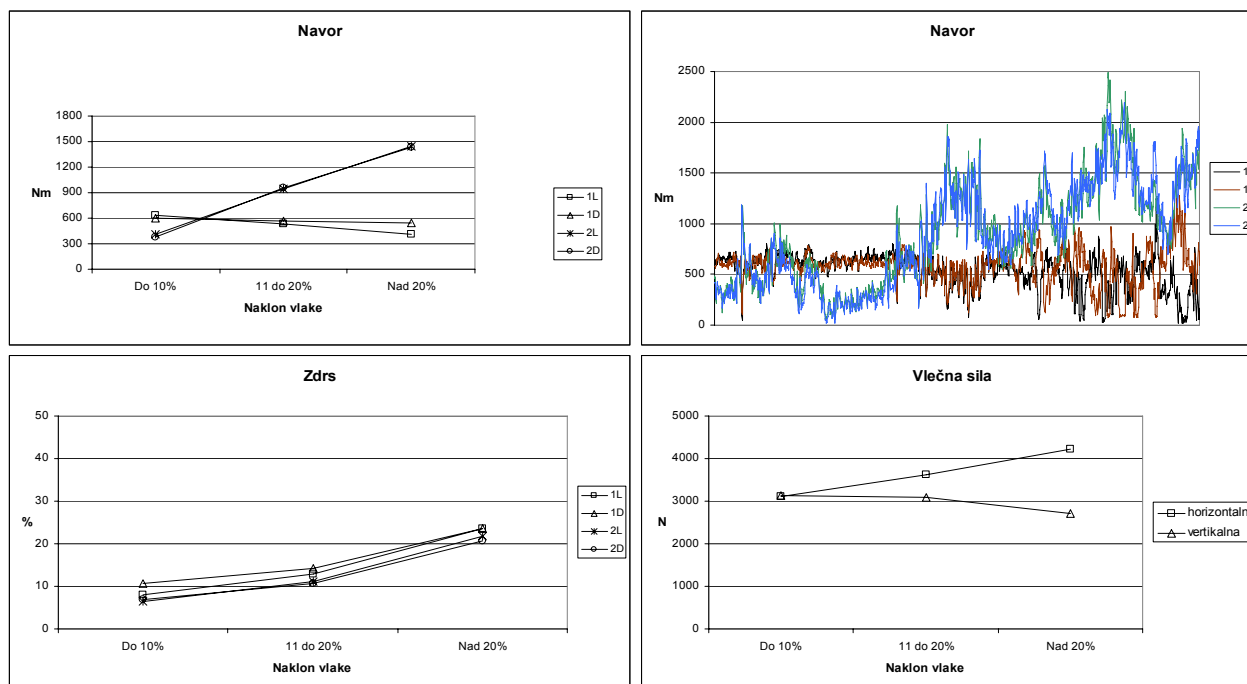
Navor je pozitiven in na prednjih kolesih večji le ob začetku (nakloni do 10 %). Pozneje so vrednosti bistveno večje na zadnjih kolesih in z večanjem naklona vlake naraščajo. Na prednjih kolesih se vrednosti ob koncu vlačanja zmanjšujejo.

Zdrs je pozitiven in vedno večji na prednjih kolesih. Ta razlika znaša 2–4 %. Pri tolikšnem bremenu in v največji strmini, ki jo traktor še zmore prepeljati, znašajo vrednosti zdrs na prednjih kolesih 23–24 %.

Vlečna sila narašča in ob koncu je horizontalna komponenta vlečne sile za 35 % večja. Vertikalna komponenta je tokrat večja kot pri orientaciji bremena debelejši naprej. Pričakovali bi nasprotno razmerje; domnevamo, da na spremembo končne vrednosti bistveno vpliva dinamika med samim vlačanjem.

Preglednica 57: Tehnični parametri AGT M, 0,75 m³, tanjši, gor

AGT M 0,75 TG	Naklon	Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
0,79 m ³		1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
674 kg	Do 10 %	35	65	631	604	415	378	8	11	6	7	3.111	3.139
Ustavitev: celotna vlaka	11 do 20 %	28	72	530	567	944	956	13	14	11	11	3.618	3.097
Naklon – ustavitev: %	Nad 20 %	31	69	415	548	1.446	1.436	24	23	22	21	4.212	2.704
Prevožena razdalja: 170,9 m													



Slika 78: Tehnični parametri AGT M, 0,75 m³, tanjši, gor

7.3.13 Ciklus AGT M, 0,75m³, DD

Traktor AGT z mehansko transmisijo pri vlačanju bremena navzdol, debelejši del je usmerjen naprej. Breme znaša 0,79 m³ in tehta 674 kg. Razdalja vlačanja je 170,9 m.

Pri tolikšnem bremenu in spravi navzdol je več mase na prednjem delu traktorja porazdeljene le v zgornjem, najbolj strmem delu vlake (nad 20 %) – tu je razmerje 53 : 47. Pri manjših naklonih je zadnji del vedno bolj obremenjen – v srednjem delu 45 : 55, in pri naklonih do 10 % v razmerju 41 : 59.

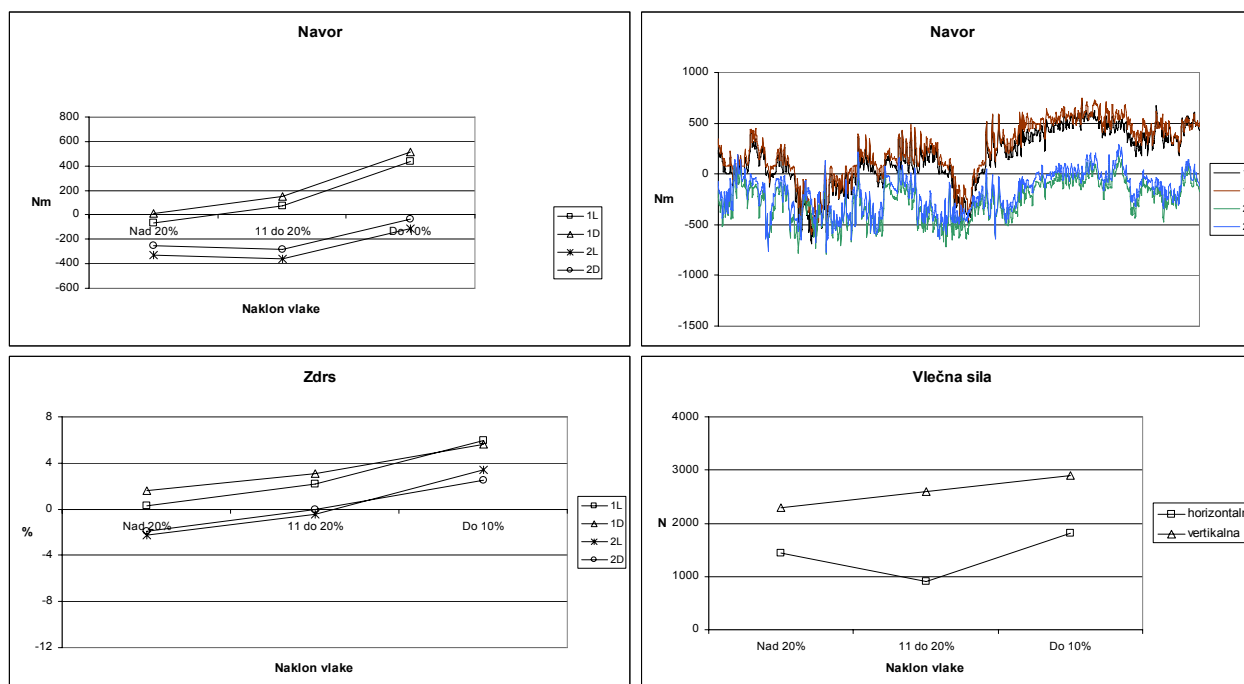
Pri tolikšnem bremenu se prvič spremenijo tudi vrednosti navora. Pri vzdolžnem naklonu nad 20 % postanejo nekatere vrednosti prvič pozitivne. Največ takšnih je na prvih kolesih, kjer je tudi povprečje na prednjem desnem kolesu pozitivno. Na zadnjih kolesih so vrednosti navora pri naklonih nad 20 % negativne. Pri manjših vzdolžnih naklonih (do 20 %) so vrednosti na prednjih kolesih pozitivne, na zadnjih pa do konca vlačanja negativne. Ob koncu vlačanja so nekatere vrednosti na zadnjih kolesih tudi že pozitivne, njihovo povprečje pa je še vedno negativno.

Večje breme kot v dosedanjih primerih povzroči tudi spremembe pri vrednostih zdrsa, če ga primerjamo s stopnjo manjšim bremenom (0,56 m³, enaka orientacija). Na zadnjih kolesih so vrednosti sicer še vedno negativne, na enem od prednjih pa je zdrs tudi na tolikšnem naklonu (nad 20 %) že pozitiven. Pri dosedanjih manjših bremenih pri vlačanju navzdol in velikem vzdolžnem naklonu (nad 20 %) v nobenem primeru zdrs ni bil pozitiven. Pri naklonih 11–20 % so na prednjih kolesih vrednosti pozitivne (2–3 %), na zadnjih pa kažejo, da zdrsa ni. V spodnjem položnejšem delu je zdrs pozitiven na vseh kolesih – na prednjih, kjer je večji, znaša 6 %.

Vlečna sila je najmanjša v srednjem delu vlake (nakloni 11–20 %), največja potrebna vlečna sila pa je v spodnjem delu vlake.

Preglednica 58: Tehnični parametri AGT M, 0,75 m³, debelejši, dol

AGT M 0,75 DD	Naklon	Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
		1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
0,79 m ³													
674 kg	Nad 20 %	53	47	-64	13	-332	-254	0	2	-2	-2	1.436	2.300
Ustavitev: celotna vlaka	11 do 20 %	45	55	77	151	-361	-282	2	3	0	0	902	2.594
Naklon – ustavitev: %	Do 10 %	41	59	440	511	-111	-32	6	6	3	3	1.821	2.900
Prevožena razdalja: 170,9 m													



Slika 79: Tehnični parametri AGT M, 0,75 m³, debelejši, dol

7.3.14 Ciklus AGT M, 0,75 m³, TD

Traktor AGT z mehansko transmisijo pri vlačanju bremena navzdol, tanjši del je usmerjen naprej. Breme znaša 0,83 m³ in tehta 657 kg. Razdalja vlačanja je 170,9 m. Breme je 17 kg lažje kot ob nasprotni orientaciji bremena v prejšnjem ciklusu.

Pri tolikšnem bremenu je pri vlačanju navzdol prednji del traktorja bolj obremenjen samo v zgornjem delu vlake z nakloni nad 20 %. V tem delu znaša razmerje 51 : 49. Med vlačanjem navzdol in ob manjšem vzdolžnem naklonu je zadnji del traktorja bolj obremenjen – 43 : 57 oziroma v delu z nakloni do 10 % v razmerju 40 : 60.

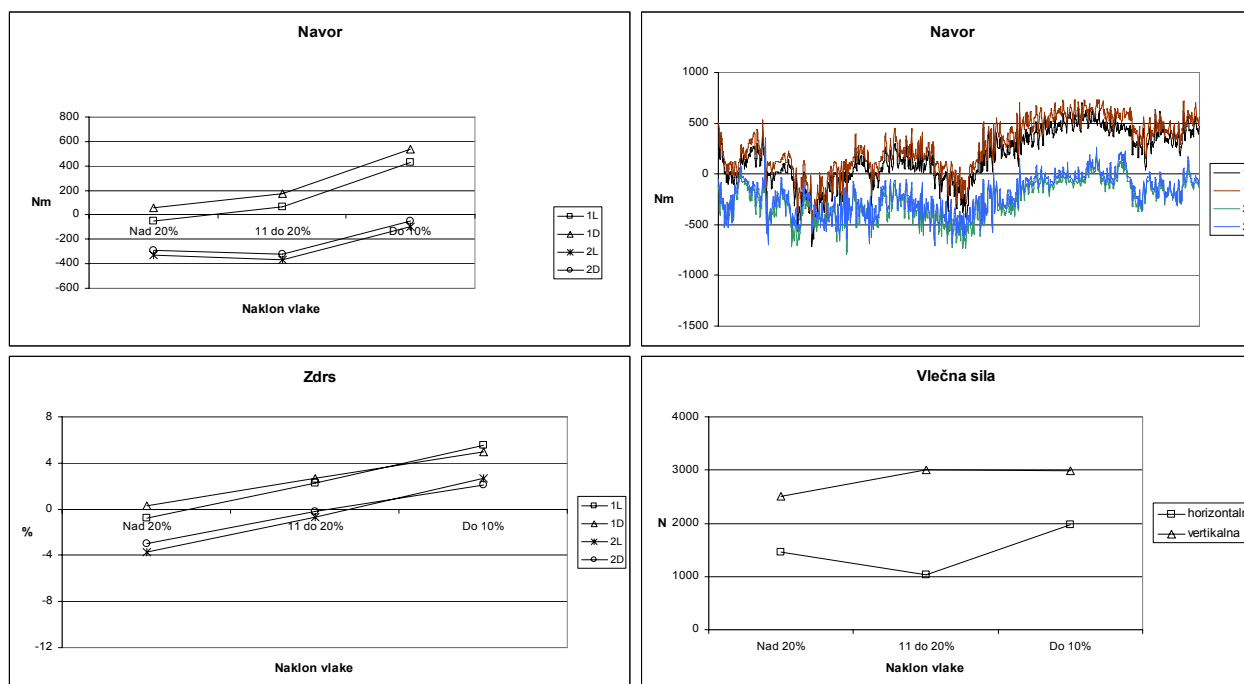
Tudi vrednosti navorov kažejo na podobno zakonitost kot pri enakem bremenu in njegovi nasprotni orientaciji. Vrednosti so pri naklonih nad 20 % negativne samo na zadnjih kolesih, na prednjih pa zavzemajo pozitivne in tudi negativne vrednosti. To kažejo tudi povprečja za ta odsek. Pri naklonih 11–20 % so vrednosti pozitivne samo na prednjih kolesih, enako velja tudi za del vlake z nakloni do 10 %. Povprečne vrednosti navorov na zadnjih kolesih so ves čas vlačanja negativne, vendar so nekatere vrednosti zlasti pri naklonih do 10 % tudi pozitivne.

V strmem delu vlake (nad 20 %) nimamo pozitivnega zdrs. V tem delu vlake je na prednjih kolesih zdrs minimalen (–1 do 0 %), na zadnjih pa večji (od –3 do –4 %). Z manjšanjem vzdolžnega naklona postajajo vrednosti zdrs pozitivne, večje na prednjih kolesih in v spodnjem, položnejšem delu vlake dosežejo vrednost 5–6 %.

Največja potrebna vlečna sila je v spodnjem, najmanj strmem delu vlake. Pri orientaciji bremena tanjši naprej je potrebna večja vlečna sila.

Preglednica 59: Tehnični parametri AGT M, 0,75 m³, tanjši, dol

AGT M 0,75 TD		Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
0,83 m ³	Naklon	1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
657 kg	Nad 20 %	51	49	-50	59	-332	-288	-1	0	-4	-3	1.463	2.504
Ustavitev: m	11 do 20 %	43	57	67	177	-370	-320	2	3	-1	0	1.032	2.999
Naklon – ustavitev: %	Do 10 %	40	60	428	536	-95	-51	6	5	3	2	1.975	2.995
Prevožena razdalja: 170,9 m													



Slika 80: Tehnični parametri AGT M, 0,75 m³, tanjši, dol

7.3.15 Ciklus AGT M, 1,00 m³, DG

Traktor AGT z mehansko transmisijo pri vlačanju bremena navzgor, debelejši del je usmerjen naprej. Traktor z bremenom je pri vlačanju navzgor prevozil vlako do p. 7 + 11,2 m. Dolžina prevožene vlake znaša 139,6 m. Breme znaša 1,03 m³ in tehta 770 kg.

V poskusu je bilo to največje breme, ki smo ga ob takšni orientaciji vlačili po vlaki navzgor. Breme s svojo maso doslej najbolj obremenjuje zadnji del traktorja. Že v spodnjem delu vlake z nakloni do 10 % znaša razmerje mas 34 : 66, pri naklonih 11–20 % pa največ 28 : 72. V zadnjem, najbolj strmем delu, kjer se je traktor z bremenom ustavil, znaša razmerje 30 : 70. Kljub zanj prevelikemu bremenu v takšnih pravih razmerah je prednji del traktorja še vedno precej obremenjen (meritve kažejo, da se nikakor ne razbremeni njegov prednji del).

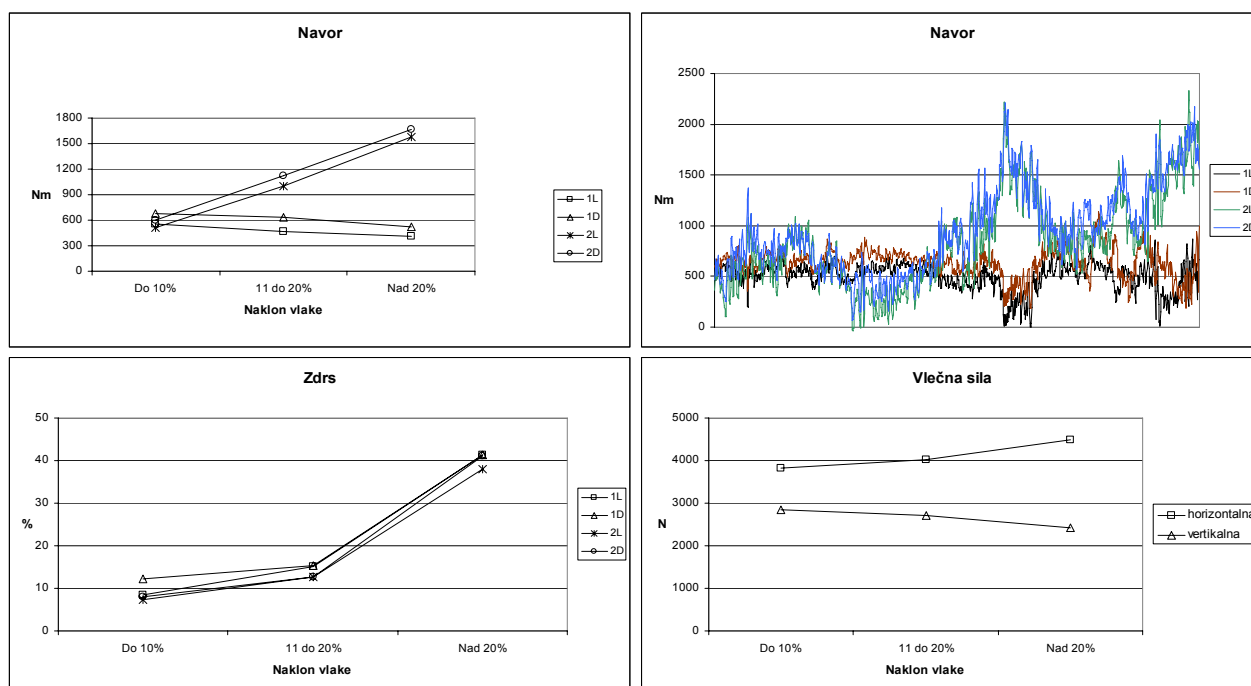
Vrednosti navora so pri vlačanju navzgor ves čas pozitivne. V začetnem delu vlačanja pri naklonih vlake do 10 % so si na vseh kolesih podobne. Z večanjem vzdolžnega naklona se vrednosti na prednjih kolesih ne povečujejo, v zadnjem delu se celo zmanjšajo. Vrednosti na zadnjih kolesih pa se z naraščanjem vzdolžnega naklona vlake bistveno povečujejo in v najbolj strmем delu, kjer se pri 27 % naklona traktor ustavi, dosežejo največjo vrednost.

Vrednosti zdrsa so pozitivne in zaradi velikosti bremena tudi največje doslej. Ves čas je zdrs večji na prednjih kolesih. Že pri vzdolžnem naklonu do 10 % znaša zdrs na prednjih kolesih 8–12 %. V zadnjem, najbolj strmем delu (pri naklonih nad 20 %) znašajo vrednosti zdrsa 41 %. Meritev smo končali v trenutku, ko so se začela vrteti kolesa in se je traktor z bremenom ustavil. Če primerjamo te podatke z vrednostmi zdrsa manjšega bremena (0,83 m³), vidimo, da so bistvene razlike predvsem v zadnjem, najbolj strmем delu z nakloni nad 20 %.

Vlečna sila (njena horizontalna komponenta) z večanjem vzdolžnega naklona vlake narašča in je ves čas večja od svoje vertikalne komponente. Horizontalna komponenta vlečne sile je ob koncu vlačanja za 18 % večja.

Preglednica 60: Tehnični parametri AGT M, 1,00 m³, debelejši, gor

AGT M 1,00 DG	Naklon	Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
		1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
1,03 m ³													
770 kg	Do 10 %	34	66	553	674	506	605	8	12	7	8	3.819	2.842
Ustavitev: p. 7 + 11,2 m	11 do 20 %	28	72	465	629	1.000	1.122	15	15	13	13	4.020	2.700
Naklon – ustavitev: 27 %	Nad 20 %	30	70	408	521	1.574	1.661	41	41	38	41	4.496	2.430
Prevožena razdalja: 139,6 m													



Slika 81: Tehnični parametri AGT M, 1,00 m³, debelejši, gor

7.3.16 Ciklus AGT M, 1,00 m³, TG

Traktor AGT z mehansko transmisijo pri vlačanju bremena navzgor, tanjši del je usmerjen naprej. Traktor z bremenom je pri vlačanju navzgor prevozil vlako do p. 7 + 10,1 m. Dolžina prevožene vlake znaša 138,5 m. Breme znaša 1,03 m³ in tehta 890 kg. V tem primeru je breme za 120 kg težje kakor ob nasprotni orientaciji. Traktor je tokrat opravil 1,1 m krajšo pot kot ob nasprotni orientaciji bremena.

V tem ciklusu vlačimo navzgor breme, ki je bilo po masi od vseh v poskusu največje. Razmerje mas kaže na izrazito obremenitev zadnjega dela traktorja. Pri naklonu vlake do 10 % znaša razmerje mas 30 : 70. V srednjem delu vlake se obremenitev zadnjega dela poveča še za 2 %. Ob koncu vlačanja pred ustavitvijo znaša razmerje 30 : 70. Glede na orientacijo bremena bi pričakovali še manjše obremenitve na zadnjem delu traktorja, vendar je treba znova opozoriti, da gre v tem primeru za težje breme kot pri njegovi nasprotni orientaciji. Poleg orientacije bremena deloma vpliva na dobljene vrednosti tudi večja masa.

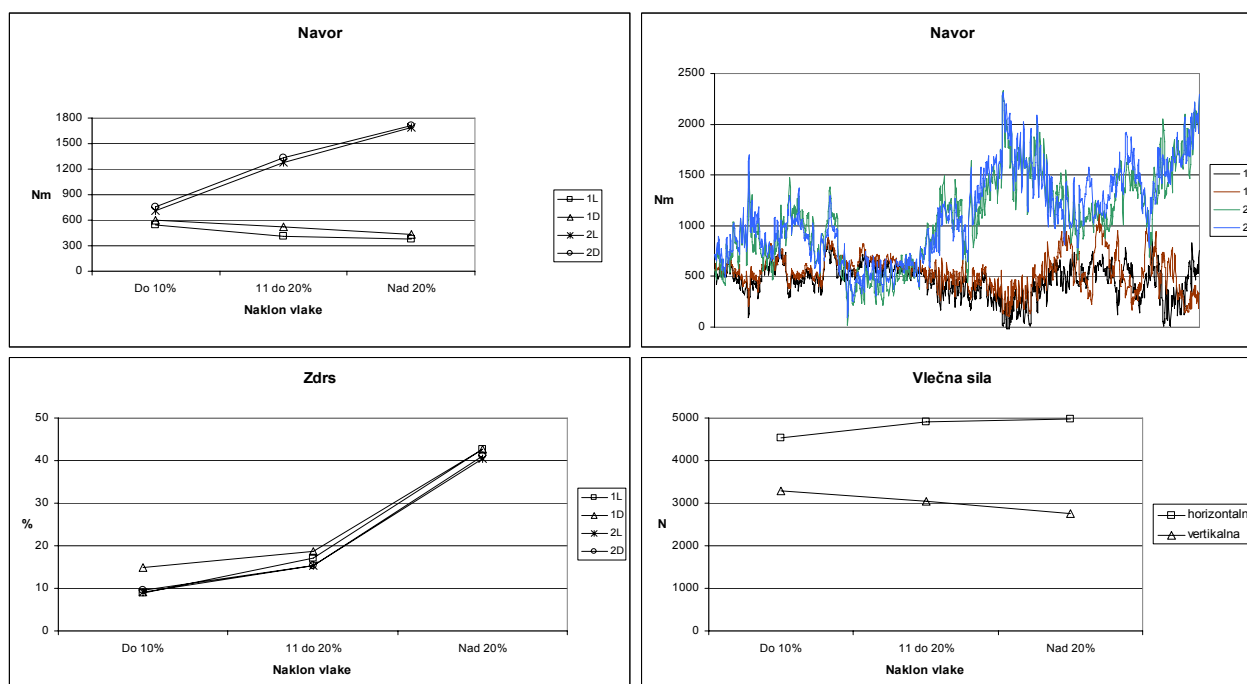
Vrednosti navora so pozitivne v celotnem ciklusu. Ves čas so večje na zadnjih kolesih; razlika med vrednostmi navorov na prednjih in zadnjih kolesih je najmanjša na začetku vlačanja pri naklonih do 10 %. Z večanjem naklona vlake vrednosti navora na zadnjih kolesih izrazito naraščajo in v največjem naklonu dosežejo največjo vrednost. Na prednjih kolesih se vrednosti zmanjšujejo.

Vrednosti zdrsa so pozitivne in večje na prednjih kolesih. V primerjavi z nasprotno orientiranim bremenom je zdrs ob orientaciji tanjši naprej večji na vseh kolesih in pri vseh vzdolžnih naklonih. Vrednosti poveča tudi večja masa bremena. V najbolj strmem delu vlake (nad 20 %) znaša vrednost zdrsa na prednjih kolesih 43 %.

Vlečna sila z naraščanjem vzdolžnega naklona vlake narašča, ob koncu je za 10 % večja. Obe komponenti vlečne sile sta večji kot ob orientaciji bremena debelejši naprej.

Preglednica 61: Tehnični parametri AGT M, 1,00 m³, tanjši, gor

AGT M 1,00 TG	Naklon	Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
		1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
1,03 m ³													
890 kg	Do 10 %	30	70	543	599	712	753	9	15	9	10	4.530	3.287
Ustavitev: p. 7 + 10,1 m	11 do 20 %	28	72	406	520	1.278	1.336	17	19	15	15	4.919	3.054
Naklon – ustavitev: 27 %	Nad 20 %	30	70	381	438	1.690	1.710	43	43	41	41	4.984	2.760
Prevožena razdalja: 138,5 m													



Slika 82: Tehnični parametri AGT M, 1,00 m³, tanjši, gor

7.3.17 Ciklus AGT M, 1,00 m³, DD

Traktor AGT z mehansko transmisijo pri vlačanju bremena navzdol, debelejši del je usmerjen naprej. Breme znaša 1,03 m³ in tehta 890 kg. Razdalja vlačanja je 170,9 m.

Tako veliko breme ob izbrani orientaciji (debelejši naprej) povzroči največjo obremenitev zadnjega dela traktorja pri spravi navzdol. Tako je zadnji del bolj obremenjen od prednjega tudi v zgornjem, najbolj strmem delu vlake (nakloni nad 20 %). Razmerje mas tako že v prvem delu vlačanja znaša 49 : 51. Obremenitev zadnjega dela se ob manjšem vzdolžnem naklonu vlake samo še povečuje in pri naklonih do 10 % znaša 37 : 63. V tem ciklusu je pri spravi navzdol obremenitev zadnjega dela traktorja od vseh primerov največja.

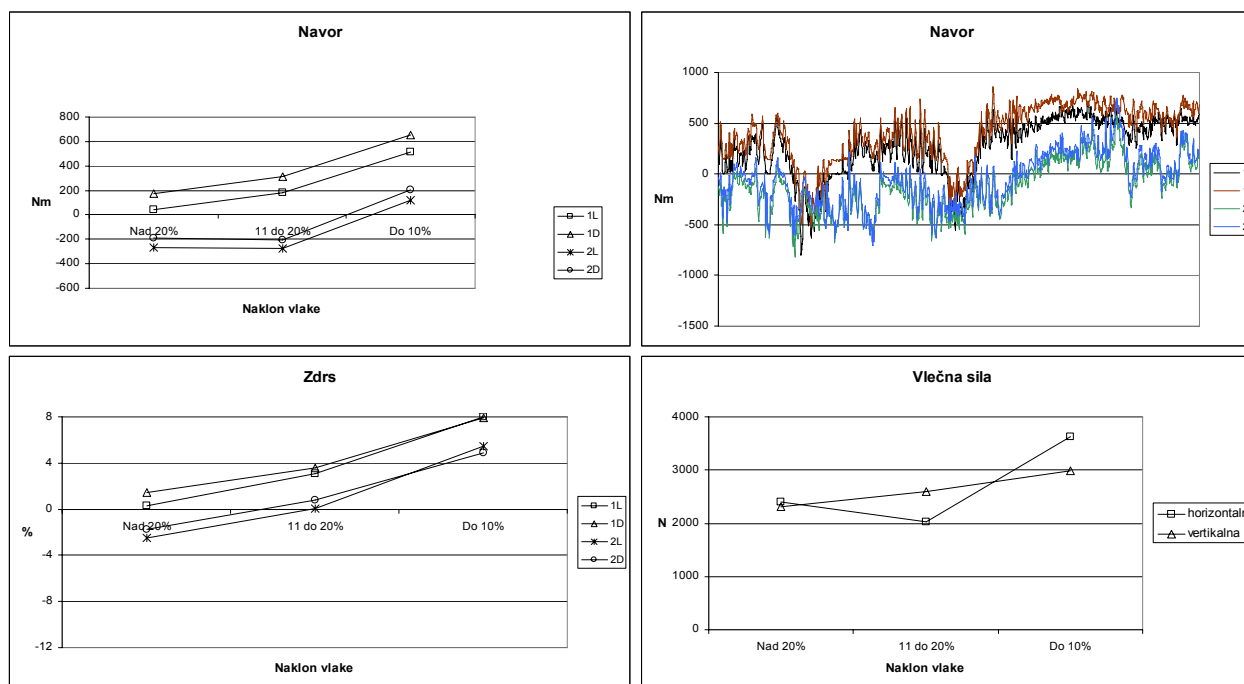
Pri vrednostih navora je bistvena razlika od prejšnjih primerov vlačanja navzdol v tem, da so povprečne vrednosti navora na prednjih kolesih ves čas pozitivne ne glede na vzdolžni naklon vlake. Vrednosti navora na prvi osi z zmanjševanjem vzdolžnega naklona tako naraščajo. Na zadnjih kolesih so povprečne vrednosti navora negativne, razen v spodnjem delu (nakloni do 10 %), kjer sta povprečni vrednosti tudi pozitivni. V dosedanjih ciklikih vlačanja navzdol (pri manjših bremenih) se to ni zgodilo. Pozitivne so bile zgolj posamezne vrednosti navora.

V strmem delu vlake je zdrs le na zadnjih kolesih še vedno negativen. V srednjem delu pri vzdolžnih naklonih 11–20 % negativnih vrednosti ni več. V tem delu vlake je zdrs večinoma pozitiven. V spodnjem delu vlake (nakloni do 10 %) so vrednosti zdrs pozitivne in od vseh dosedanjih primerov zaradi najtežjega bremena tudi največje. Na prednjih kolesih je zdrs večji in znaša 8 %.

Vrednosti vlečnih sil so največje doslej in kažejo na siceršnjo zakonitost v ciklikih, kjer spravljamo les navzdol. Največja vrednost horizontalne komponente vlečne sile je v spodnjem, najpoložnejšem delu vlake (nakloni do 10 %).

Preglednica 62: Tehnični parametri AGT M, 1,00 m³, debelejši, dol

AGT M 1,00 DD	Naklon	Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
		1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
1,03 m ³													
890 kg	Nad 20 %	49	51	40	173	-269	-192	0	1	-3	-2	2.401	2.307
Ustavitev: celotna vlaka	11 do 20 %	44	56	183	313	-275	-208	3	4	0	1	2.031	2.596
Naklon – ustavitev: %	Do 10 %	37	63	515	652	116	201	8	8	5	5	3.630	2.985
Prevožena razdalja: 170,9 m													



Slika 83: Tehnični parametri AGT M, 1,00 m³, debelejši, dol

7.3.18 Ciklus AGT M, 1,00 m³, TD

Traktor AGT z mehansko transmisijo pri vlačanju bremena navzdol, tanjši del je usmerjen naprej. Breme znaša 1,03 m³ in tehta 770 kg. Razdalja vlačanja je 170,9 m. Breme je 120 kg lažje kot pri nasprotni orientaciji bremena v prejšnjem ciklusu.

Razmerje mas kaže na večjo obremenitev prednje osi samo v zgornjem delu vlake z nakloni nad 20 %. Razmerje znaša 51 : 49. Ob vlačanju navzdol in zmanjševanju vzdolžnega naklona vedno več mase obremenjuje zadnji del traktorja. Tako je v spodnjem delu vlake, kjer so njeni vzdolžni nakloni najmanjši, zadnji del traktorja tudi najbolj obremenjen (36 : 64).

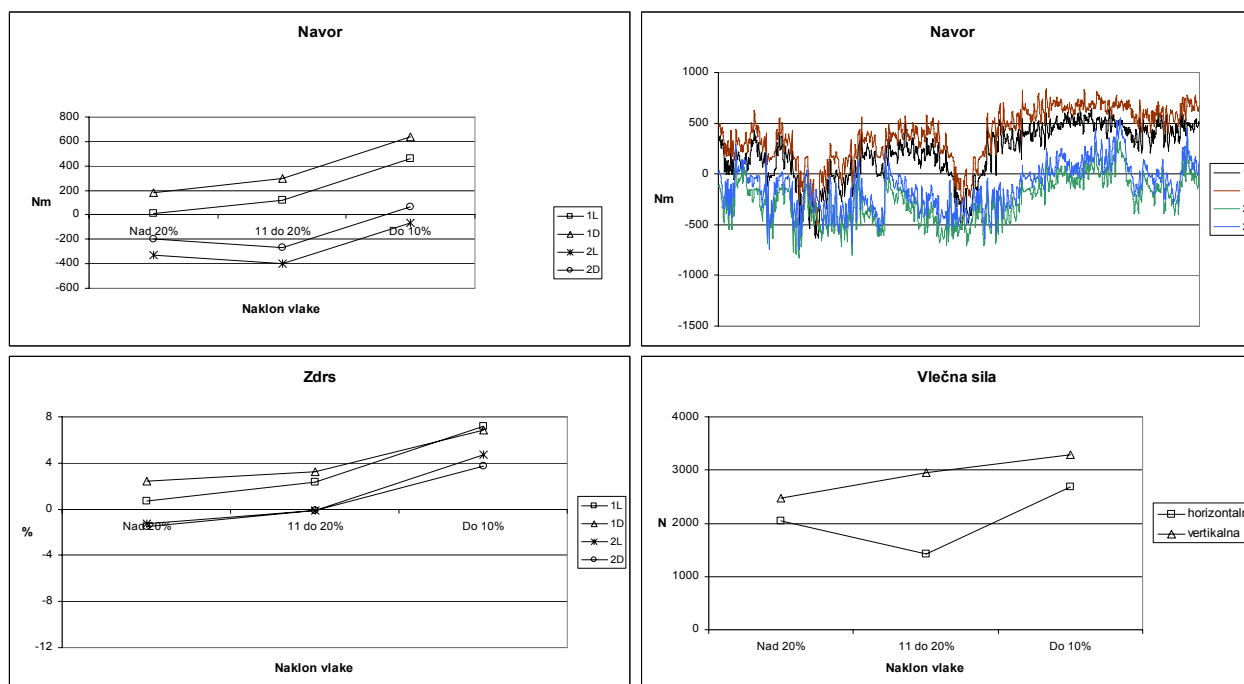
Vrednosti navorov kažejo na podobno zakonitost kot pri nasprotni orientaciji bremena. Zaradi tako velikega bremena so vrednosti na prednjih kolesih pozitivne ne glede na vzdolžni naklon vlake. Na zadnjih kolesih so vrednosti večinoma negativne, razen v zadnjem delu vlačanja pri naklonih do 10 %. V tem delu vlake je del vrednosti že pozitiven, kar kažejo tudi povprečne vrednosti. V tem ciklusu je pomembno, da so zaradi lažjega bremena potrebni manjši navori.

Vrednosti zdrs so negativne samo na zadnjih kolesih v najbolj strmem delu vlake (nad 20 %). V vseh drugih primerih je zdrs pozitiven ali pa ga ni. Ob vlačanju navzdol se vzdolžni naklon manjša, vrednosti zdrs pa se večajo. Ves čas so večje na prednjih kolesih. V spodnjem delu, kjer so potrebni največji navori na kolesih, doseže tudi zdrs največjo vrednost. Na prednjih kolesih znaša 7 %.

Največja vlečna sila je potrebna v spodnjem, najpoložnejšem delu vlake.

Preglednica 63: Tehnični parametri AGT M, 1,00 m³, tanjši, dol

AGT M 1,00 TD		Masa (%)		Navor (Nm)				Zdrs (%)				Vlečna sila (N)	
1,03 m ³	Naklon	1. os	2. os	1L	1D	2L	2D	1L	1D	2L	2D	H	V
770 kg	Nad 20%	51	49	8	185	-327	-200	1	2	-1	-1	2.050	2.468
Ustavitev: m	11 do 20%	42	58	122	300	-396	-264	2	3	0	0	1.430	2.943
Naklon – ustavitev: %	Do 10%	36	64	458	637	-66	69	7	7	5	4	2.682	3.286
Prevožena razdalja: 170,9 m													



Slika 84: Tehnični parametri AGT M, 1,00 m³, tanjši, dol

7.4 VLAŽNOST TAL

Vlažnosti tal smo ugotavljali po postopku, ki smo ga opisali v poglavju Metode raziskovanja. Vlažnost vzorca tal smo izrazili z odstotkom mase izhlapele vode glede na maso suhega vzorca (masni odstotek).

Preglednica 64: Masni odstotek momentalne vlažnosti (Woody 110)

WOODY 110		Profil 4		Profil 8		Profil 13	
Čas	Dan	Kolo	Vmes	Kolo	Vmes	Kolo	Vmes
Zjutraj	1	52,7	34,3	48,9	30,0	49,3	37,3
Zjutraj	2	46,6	36,3	46,2	31,1	40,6	35,5
Zjutraj	3	41,8	41,9	36,8	32,4	39,6	33,9
Povprečje zjutraj		47,0	37,5	44,0	31,2	43,1	35,6
Zvečer	1	54,1	40,4	37,5	32,1	38,6	37,7
Zvečer	2	36,4	45,8	37,2	30,6	41,6	34,3
Zvečer	3	47,5	43,5	36,7	37,2	35,0	31,2
Povprečje zvečer		46,0	43,2	37,1	33,3	38,4	34,4
Skupno povprečje		46,5	40,3	40,5	32,2	40,8	35,0

Preglednica 65: Masni odstotek momentalne vlažnosti (AGT 835 T)

AGT 835 T (hidrostatični)		Profil 1		Profil 5		Profil 7	
Čas		Kolo	Vmes	Kolo	Vmes	Kolo	Vmes
Zjutraj		35,1	38,8	20,9	21,9	38,4	45,5
Zvečer		56,0	58,2	25,1	19,0	45,6	53,3
Skupno povprečje		45,6	48,5	23,0	20,4	42,0	49,4
AGT 835 T (mehanski)		Profil 1		Profil 5		Profil 7	
Čas		Kolo	Vmes	Kolo	Vmes	Kolo	Vmes
Zjutraj		42,4	37,6	19,3	18,7	26,8	52,7
Zvečer		42,2	46,1	19,2	19,0	45,9	36,7
Skupno povprečje		42,3	41,8	19,2	18,8	36,4	44,7

Takšne vrednosti momentalne vlažnosti vzorcev tal so večinoma v okviru vrednosti, ki jih po navadi ugotavljamo na neutrjenih traktorskih vlakah (Robek in Medved, 1999). V dosednji obravnavi vlažnosti tal na vlaki smo že omenili, da s temi podatki ne ugotavljamo značilnih razlik na posameznih profilih, kjer smo jemali talne vzorce. Glede na vrednosti izmerjene momentalne vlažnosti želimo predvsem pokazati, da so bile na neutrjenih vlakah med poskusom razmere, kakršne so navadno pri vlačanju lesa (preglednici 64 in 65). Izračunana povprečna vlažnost na vlaki v Jablah kaže na manjšo vrednost ob poskusu s traktorjem AGT 835 T mehanske izvedbe kot pri poskusu s traktorjem hidrostaticne izvedbe.

8 RAZPRAVA IN SINTEZA RAZISKAVE

8.1 PORAZDELITEV MASE NA TRAKTORJU

8.1.1 Porazdelitev mase na traktorju Woody 110

Porazdelitev mase na traktorju Woody 110 v mirovanju (statična obremenitev) znaša 57 : 43 med prednjo in zadnjo osjo (ob navajanju razmerja vedno navajamo deleže v odstotkih). Med samo vožnjo po vlaki je obremenitev prednje oziroma zadnje osi rezultat osnovne mase traktorja in vseh dodanih dinamičnih obremenitev, ki pri tem nastajajo.

Pri vožnji praznega traktorja na obremenitev posameznih osi vpliva predvsem smer gibanja in trenutni vzdolžni naklon vlake, na kateri je traktor. Pri naklonih do 20 % znaša razmerje pri vožnji navzgor 46 : 54, v največjem naklonu v poskusu (nad 30 %) pa 39 : 61. Pri vožnji navzdol so zakonitosti bistveno drugačne. Ves čas vožnje je večina mase na prednji osi. V položnem delu (do 20 %) znaša razmerje 60 : 40, v strmem delu, kjer je zaradi večjega vzdolžnega naklona vlake vpliv gravitacije večji, pa 68 : 32.

Različno velika bremena, ki jih vlačimo s traktorji, so s prednjim delom dvignjena od tal in tako dodatno obremenjujejo zadnji del traktorja. To bistveno vpliva na zakonitosti porazdelitve mase na traktorju. Podrobnosti za vsak cikel posebej navajamo v poglavju Rezultati meritev, na tem mestu pa zgolj osnovne zakonitosti.

Pri vlačanju navzgor sta že pri najmanjšem bremenu v naši raziskavi (2 m³) in vzdolžnih naklonih do 20 %, približno 2/3 mase na zadnji osi traktorja. Ta obremenitev se z večanjem bremena in vzdolžnega naklona veča tako, da pri vožnji navzgor doseže v najtežjih delovnih razmerah (brema 6 m³ in vzdolžni naklon nad 30 %) razmerje 14 : 86. Torej je tudi v najtežjih razmerah vlačanja na prednji osi še vedno sorazmerno velik delež skupne obremenitve traktorja – nikakor pa se ne razbremeni prednja os in zato stabilnost traktorja ni ogrožena.

Na to razmerje vpliva tudi orientacija bremena. Večinoma velja, da vlačenje z debelejšim delom naprej, pomeni večjo obremenitev zadnje osi traktorja. V tej raziskavi so razlike 1–4 %.

V začetnih poglavjih smo v oblikovanih delovnih hipotezah zapisali, da na vrednosti izmerjenih parametrov bistveno vplivajo vzdolžni naklon vlake, velikost bremen in njihova orientacija. S podatki o porazdelitvi mase traktorja potrjujemo postavljeno domnevo.

Pri vlačanju navzdol povečujejo obremenitev prednje osi predvsem vzdolžni naklon; velikost in orientacija bremena pa obremenitev zadnje osi. Analiza podatkov kaže, da je ob največjih naklonih (nad 30 %) le pri bremenih 2 m³ in deloma pri 3 m³ prednja os bolj obremenjena kot zadnja. Samo pri najmanjših bremenih v našem poskusu (2 m³) je tudi pri naklonih 21–30 % prednja os bolj ali enako obremenjena. V vseh drugih razmerah vlačanja, torej pri večjih bremenih in manjših vzdolžnih naklonih, pa je zadnja os vedno bolj obremenjena od prednje. Z večanjem bremena in manjšanjem vzdolžnega naklona se obremenitev zadnje osi povečuje. Največjo razliko doseže razmerje ob vlačanju 5 m³ pri najmanjšem naklonu do 20 % (29 : 71). Pričakovali bi, da bo največja razlika pri bremenu 6 m³, vendar je v tem primeru razmerje znašalo 31 : 69. Domnevamo, da je velika dinamika ob vlačanju navzdol dejavnik, ki bistveno vpliva na izmerjene vrednosti, s tem pa včasih tudi na manj pričakovan končni rezultat. V enem primeru vlačanja najtežjega bremena pa je zaradi tehnične težave izpadla meritev v spodnjem delu vlake. Žal meritve zaradi posebnih razmer med poskusom nismo mogli ponoviti. Tako imamo primerljiv podatek za največje breme zgolj za eno orientacijo bremena.

Tudi pri vlačanju navzdol orientacija bremena praviloma pripomore k različnemu razmerju mas, porazdeljenih na obe osi. Ugotavljamo, da znašajo razlike ob primerjavi z nasprotno orientacijo 1–5 %.

Pri meritvah mase na posamezno kolo gre seveda za veliko dinamiko med samim vlačanjem. Na izmerjen rezultat vpliva veliko naključnih dejavnikov, ki jih je težko opredeliti. Naj znova poudarimo tudi to, da je bil zadnji merjeni odsek tik pred ustavitvijo traktorja pri vlačanju navzgor včasih zelo kratek. Zato so nastale predvsem pri meritvah dinamične obremenitve posameznih koles zaradi majhnega števila podatkov nekajkrat pomanjkljive in tudi nepričakovane vrednosti. Vzrok je v že opisani metodologiji, načinu zajemanja in obdelave podatkov.

8.1.2 Porazdelitev mase na traktorju AGT 835 T

Traktor z vso merilno opremo smo stehali na mostni tehtnici – ugotovljeno razmerje mas med prednjo in zadnjo osjo znaša 64 : 36 (slika 85).

Pri vožnji traktorja AGT 835 T obeh izvedb in brez bremena smo ugotovili, da je v vseh naklonih in obeh smereh vlačanja prednja os vedno bolj obremenjena od zadnje. Poudariti je treba, da smo opravljali meritve s tem traktorjem na lažji vlaki kot s traktorjem Woody 110. Pri traktorju AGT so znašali največji vzdolžni nakloni vlake do 30 %.

Pri vožnji hidrostatske izvedbe traktorja brez bremena navzgor se je razmerje mas pri spremembi naklona povečalo za približno 10 %. Pri naklonu do 10 % je razmerje znašalo 62 : 38, v najbolj strmih delih (nad 20 %) pa 52 : 48. Pri traktorju mehanske izvedbe so bili rezultati podobni, saj gre za traktor z enako maso. Meritve so pokazale, da so obremenitve na prednji osi za 1–4 % manjše.

Pri vožnji brez bremen navzdol je v strmih delih vlake (nad 20 %) približno 3/4 mase na prednji osi (76 : 24), razmerje se ob manjšanju vzdolžnega naklona zmanjšuje in v spodnjem delu (nakloni do 10 %) znaša še 65 : 35. Podobne vrednosti smo ugotovili tudi pri traktorju mehanske izvedbe pri vožnji navzdol.



Slika 85: Tehtanje prednjega dela traktorja AGT 835 T

Pri vlačanju lesa navzgor se že pri minimalnem bremenu $0,25 \text{ m}^3$ razmerja povsem spremenijo. Samo pri naklonu do 10 % in ob orientaciji bremena, ki manj obremenjuje traktor (tanjši naprej), je prednja os še vedno bolj obremenjena od zadnje. V vseh drugih primerih je praviloma zadnja os traktorja obremenjena z večjo maso. Pri bremenu $0,25 \text{ m}^3$ v največji strmini (nad 20 %) znaša razmerje 45 : 55. Z večanjem bremena in vzdolžnega naklona prehaja vedno več obremenitve na zadnjo os. Največja razlika med prednjo in zadnjo osjo je pričakovana pri največjem bremenu in največjem vzdolžnem naklonu – tedaj znaša razmerje 28 : 72. Ob tem je znova treba opozoriti na kratko razdaljo v zadnjem odseku, enako kot v prejšnjih primerih. Iz istega razloga smo v primerjavah upoštevali zadnji združeni odsek, ki je bil v celoti prevožen (nakloni do 20 %). Orientacija bremena s tanjšim delom naprej praviloma manj obremenjuje zadnji del traktorja in s tem zmanjšuje njegovo adhezijo.

Pri vlačanju navzdol je v strmini nad 20 % ne glede na velikost bremena v poskusu prednja os vedno bolj obremenjena od zadnje. V delu vlake z nakloni do 20 % pri traktorju hidrostatične izvedbe preide večina obremenitve na zadnjo os šele pri

največjem bremenu $1,00 \text{ m}^3$ – razmerje znaša 45 : 55. Pri manjših bremenih pa je večina mase še vedno spredaj. V položnem delu (do 10 %) je pri najmanjšem bremenu $0,25 \text{ m}^3$ bolj obremenjena prednja os (57 : 43), pri vseh večjih bremenih pa praviloma zadnja.

Razmerja pri traktorju AGT 835 T mehanske izvedbe ostajajo podobna.

8.2 NAVORI NA KOLESIH

8.2.1 Navori pri traktorju Woody 110

Ob analiziranju navora pri vožnji brez bremena navzgor ugotavljamo, da so vse vrednosti pozitivne. V spodnjem in srednjem delu vlake (nakloni do 20 % in do 30 %) so si vrednosti na vseh štirih kolesih podobne. Z večanjem vzdolžnega naklona vlake njihova vrednost narašča, v zadnjem, najbolj strmem delu vlake pa se njihova povprečna vrednost predvsem na zadnjih kolesih bistveno poveča. V tem delu vlake je na zadnji osi porazdeljeno največ mase in tudi vrednosti navorov so največje. V tem zadnjem strmem delu vlake torej zadnja kolesa po navoru prenašajo na tla največjo vlečno silo.

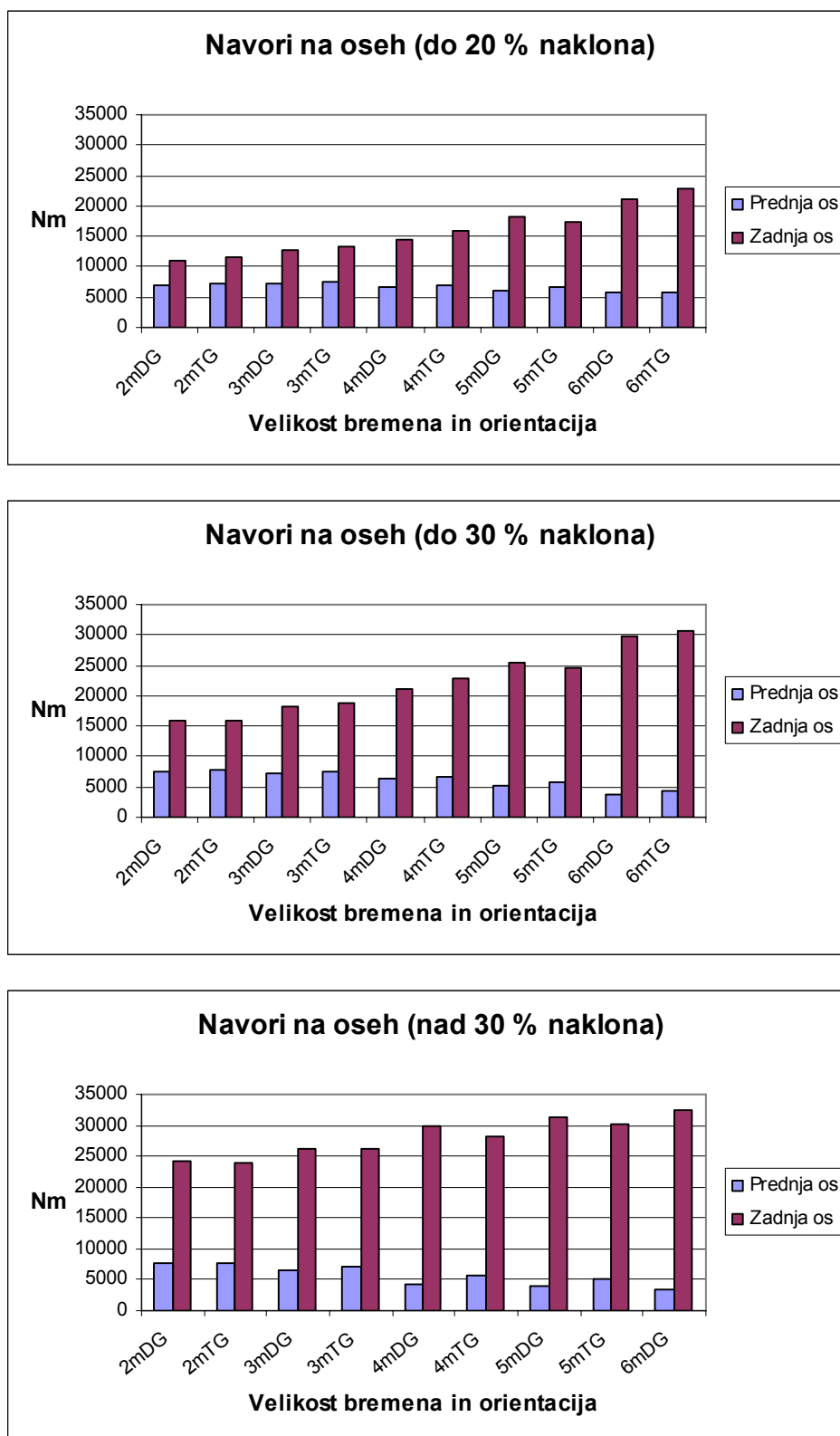
Pri vožnji brez bremena navzdol so povprečne vrednosti navorov v združenih odsekih negativne. To pomeni, da vsa štiri pogonska kolesa pri premikanju po vlaki navzdol zavirajo. Ob tem se njihove absolutne vrednosti zmanjšujejo. Ves čas vožnje navzdol je več mase porazdeljene na prednji osi, zato so tudi vrednosti navorov na prednji osi ves čas vožnje navzdol pričakovano večje. V spodnjem delu vlake (nakloni do 20 %) je vpliv težnosti vedno manjši, obenem pa narašča tudi kotalni upor. V tem delu se na kolesih med njihovim zaviranjem in poganjanjem vrednosti navorov »izravnavaajo«. Absolutne vrednosti navorov so najmanjše (povprečje samo do 500 Nm) in v tem delu vlake (do 20 %) nekatere tudi prvič pozitivne. Njihove povprečne vrednosti pa so kljub majhnemu vzdolžnemu naklonu vlake še vedno negativne.

Pri vlačanju bremen se skupne vrednosti navora povečujejo glede na obremenitve zaradi velikosti bremen in naraščajočega vzdolžnega naklona. Pri tem se delež ustvarjenega skupnega navora med prednjimi in zadnjimi kolesi bistveno razlikuje. Ves čas vlačanja navzgor so vrednosti navora na zadnji osi večje kot na prednji. Na zadnjih kolesih je ves čas porazdeljene več mase tako, da lahko bistveno bolj izrabljamo adhezijo med kolesom in podlago, s tem pa tudi tangencialno silo na obodu kolesa.

Vrednosti navora se na prednjih kolesih z večanjem vzdolžnega naklona in bremena ne spreminjajo bistveno. V zadnjem delu vlačanja pri največjih naklonih nad 30 % in ob največjem bremenu se vrednosti deloma tudi zmanjšajo. V tem delu je na prednjih kolesih le približno 14–15 % skupne mase. Z naraščanjem obremenitve prevzemajo vedno večjo vlogo zadnja kolesa, na katerih se vrednosti navora bistveno povečujejo (slika 86).

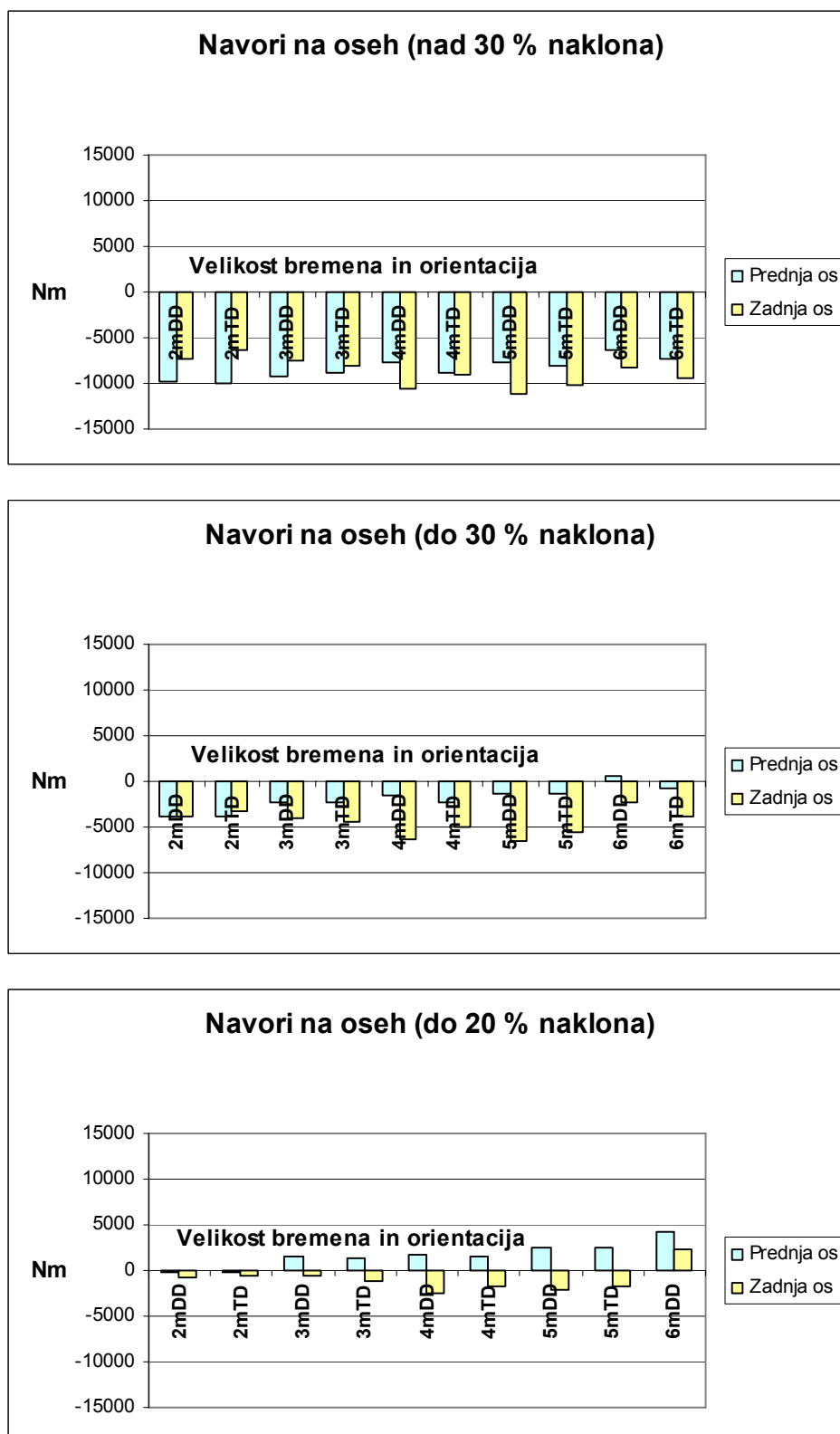
Na skupno vrednost navora vpliva tudi orientacija bremena. Pri orientaciji, ko je tanjši del bremena obrnjen v smeri vlačanja, je potreben večji navor ali večja vlečna sila na kolesih. To posledično pomeni, da s tako orientiranimi bremenami (tanjši naprej) in v skrajnih delovnih razmerah (veliko breme in velik vzdolžni naklon) prevozimo krajšo razdaljo na vlaki. Povedano drugače: pri orientaciji bremena z debelejším delom naprej lahko vlačimo večje breme ob enakem vzdolžnem naklonu. To trditev potrjujejo tudi naše meritve razdalj na vlaki, ki jih je zmožni traktor pri vlačanju navzgor ob različnih obremenitvah in orientaciji bremena. Te razdalje so navedene v preglednicah ob analizi vsakokratnega ciklusa (Poglavje 7. Rezultati meritev).

Navedene trditve se skladajo z oblikovano delovno hipotezo, v kateri trdimo, da orientacija bremena ob nespremenjenih pravilnih razmerah pomembno vpliva na vrednosti tehničnih parametrov.



Slika 86: Traktor Woody 110 – vrednosti navora pri vlačanju navzgor

Pri vlačanju različno velikih bremen navzdol so zakonitosti drugačne. Pri vlačanju navzdol so potrebni manjši navori na kolesih, ob tem pa so zanimivi predvsem predznaki posameznih vrednosti navora. Pri obravnavi vrednosti navorov govorimo ves čas o povprečnih vrednostih v posameznih združenih odsekih. V strmini (nakloni nad 30 %) in srednjem delu vlake (nakloni do 20 %) so vrednosti na vseh kolesih ne glede na velikost bremena vedno negativne. Izjema je le cikel z največjim bremenom z orientacijo debelejši del naprej, pri katerem so tudi v delu vlake z nakloni do 30 % povprečne vrednosti na prednji osi že pozitivne. Brema s svojo maso očitno povzroča tolikšen odpor ob stiku s tlemi, da je potreben večji navor na prednji osi. Povprečne vrednosti na zadnji osi so ob tem bremenu še vedno negativne. Meritve kažejo, da ves čas vlačanja prednja kolesa prehitavajo. To praktično pomeni, da vrednosti navorov na prednjih kolesih hitreje »prehajajo« v pozitivno območje vrednosti. Takšne vrednosti so posledica manjšega zaviranja prednjih koles – zlasti v spodnjem položnejšem delu vlake. Rezultati posameznih ciklusov vlačanja navzdol namreč kažejo, da v delu vlake z nakloni do 20 %, zavirajo vsa štiri kolesa samo pri najmanjšem bremenu (2 m^3). Pri večjih bremenih zavirajo samo zadnja kolesa. Vsa štiri kolesa začno »vleči« – s tem postanejo vrednosti navorov na obeh oseh pozitivne – šele pri največjem bremenu (6 m^3) in vzdolžnem naklonu do 20 % (slika 87).



Slika 87: Traktor Woody 110 – vrednosti navora pri vlačanju navzdol

8.2.2 Navori pri traktorju AGT 835 T

8.2.2.1 Traktor AGT 835 T (hidrostatična izvedba)

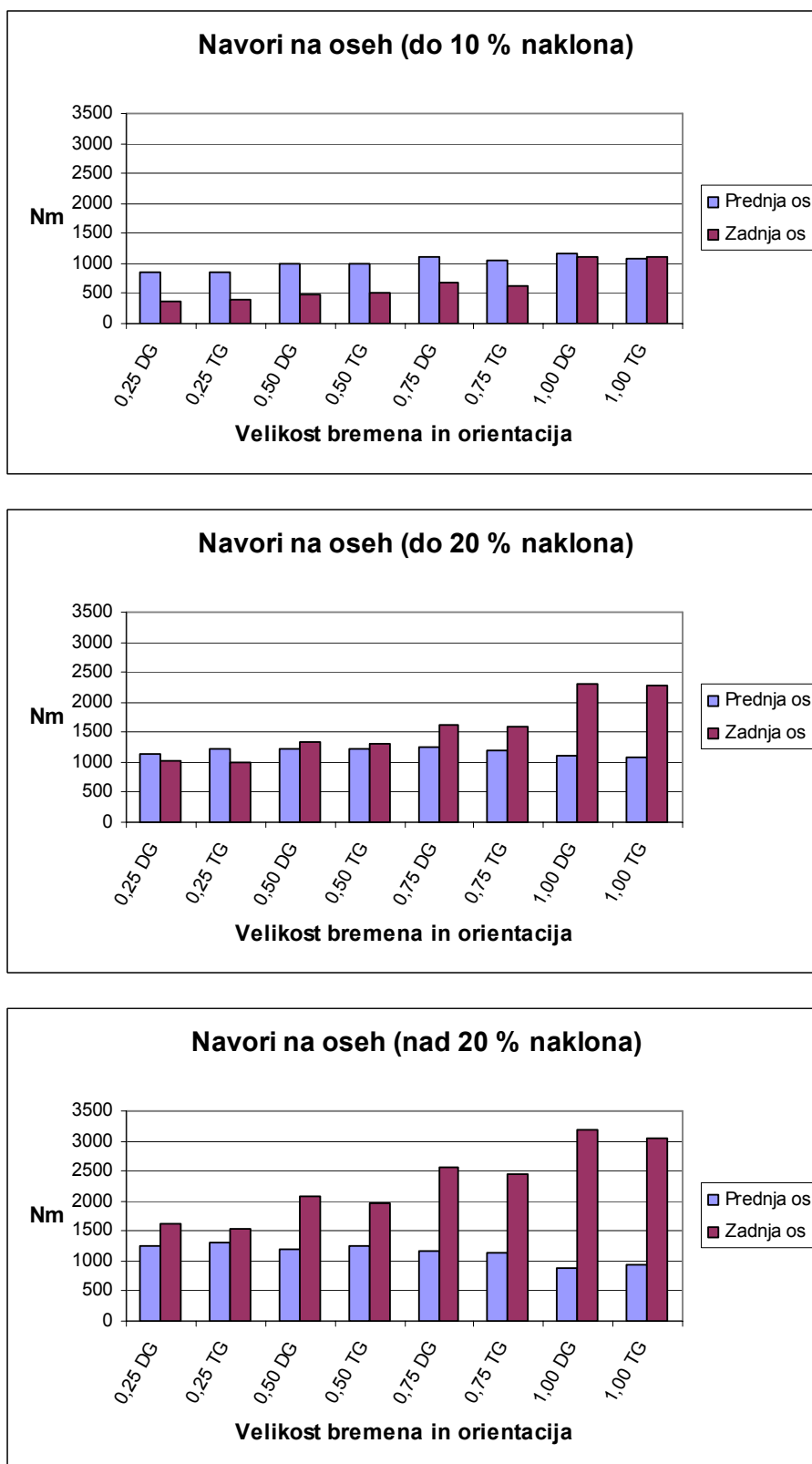
Pri vlačanju bremen navzgor so drugače kot pri zgibniku Woody 110 vrednosti navorov večje na prednjih kolesih – to velja za vlačenje v lahkih razmerah (v našem primeru do 10 % vzdolžnega naklona). Samo pri največjem bremenu (1 m^3) so obremenitve približno enako porazdeljene med posamezne osi (slika 88).

Pri vlačanju v večji strmini je zadnji del traktorja vedno bolj obremenjen, navori so na zadnji osi praviloma večji. Vrednosti na prednji osi se ne spreminjajo bistveno, se pa ob tem bistveno povečujejo vrednosti na zadnji.

Tudi različna orientacija bremena pomeni drugačno obremenitev zadnjega dela traktorja. Pri vlačanju navzgor s traktorjem AGT 835 T se ob orientaciji bremena »tanjši naprej« pojavljajo manjše vrednosti navora na zadnji osi. Takšna orientacija pomeni tudi manjšo obremenitev zadnjega dela traktorja.

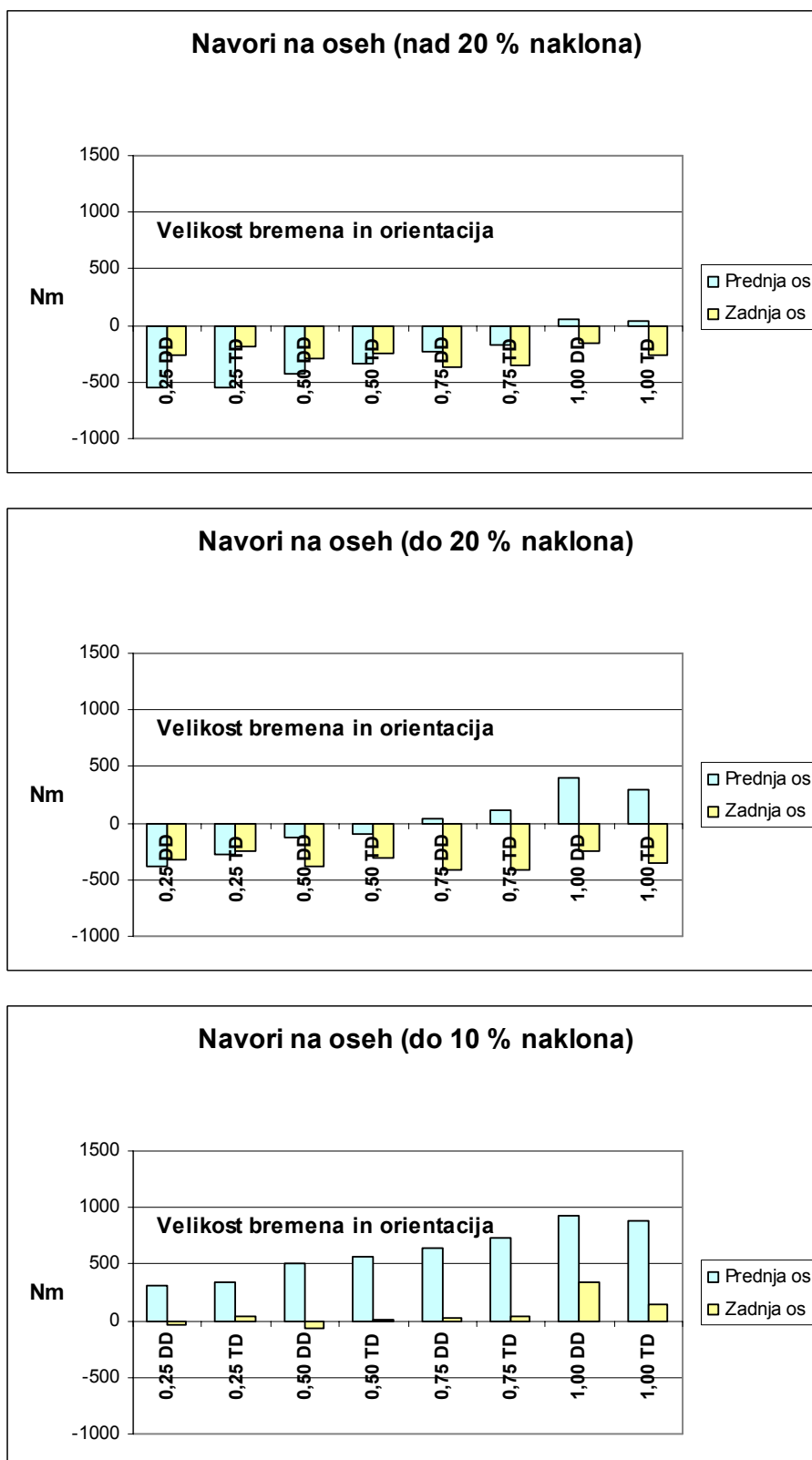
Pri istem vzdolžnem naklonu vlake se hkrati z večanjem bremena prednja os razbremeni, vrednosti navora na njej pa se manjšajo.

Pri vlačanju s tem traktorjem samo v nekaterih primerih ugotavljamo podobno zakonitost kot pri večjem zgibniku Woody 110 – torej večje navore pri orientaciji bremena s tanjšim delom naprej.



Slika 88: Traktor AGT 835 T (hidrostatični) – vrednosti navora pri vlačanju navzgor

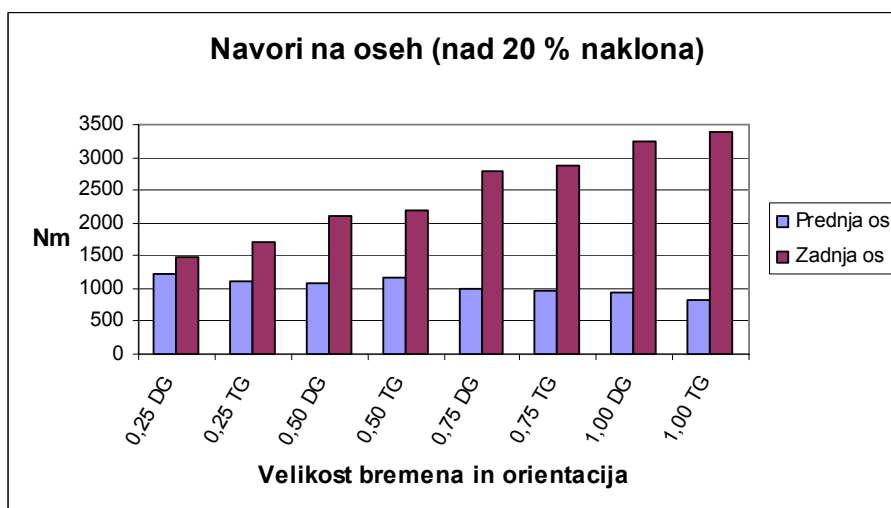
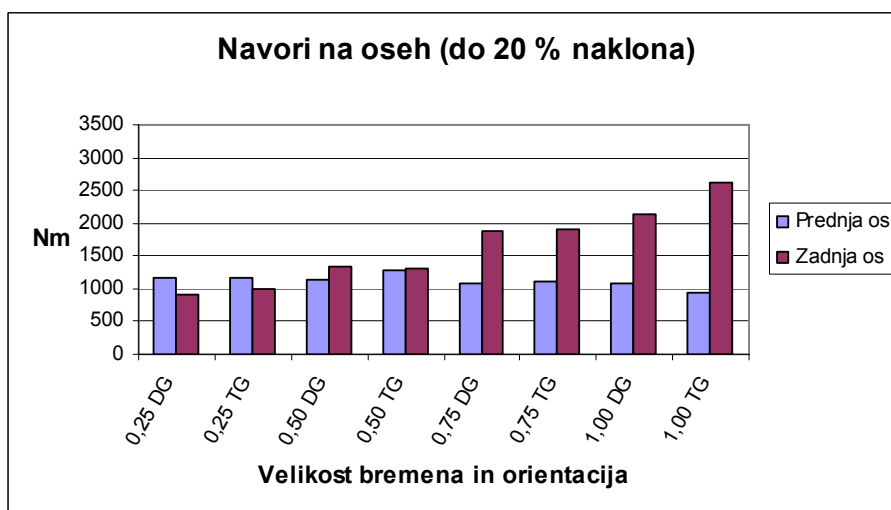
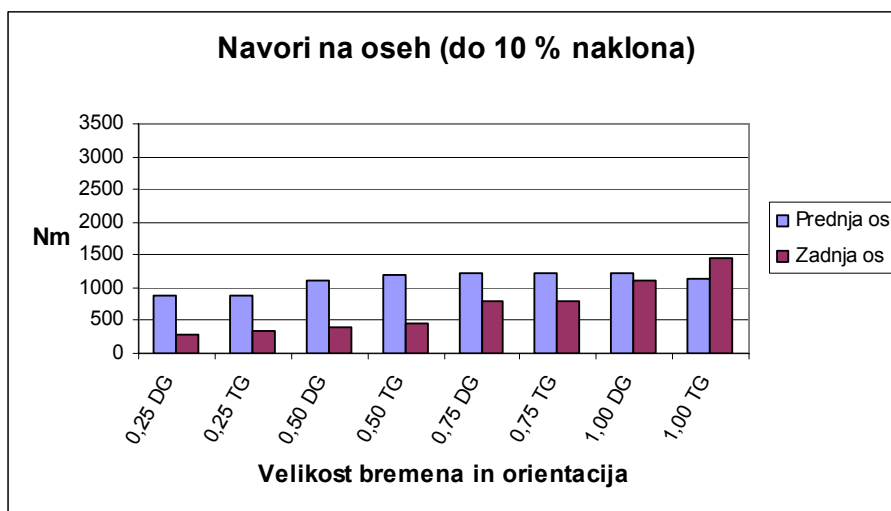
Pri vlačanju navzdol v največji strmini (nad 20 %) so vrednosti navorov ne glede na velikost bremena negativne. Pri vlačanju v strmem delu je izjema največje breme (1 m^3), pri katerem vsaj na prednji osi nastajajo večinoma že pozitivne vrednosti navora. V srednje strmem delu (do 20 % naklona) so vrednosti na prednji osi pozitivne tudi že pri manjših bremenih ($0,75 \text{ m}^3$). Torej se pri tem traktorju pozitivni navori pojavljajo v največji strmini šele ob maksimalnem bremenu, pri vzdolžnih naklonih do 20 % pa že pri bremenih $0,75 \text{ m}^3$. Pri vlačanju navzdol v položnejšem naklonu (do 10 %) so navori večinoma pozitivni, povprečne vrednosti na zadnji osi so večinoma okrog ničle, na prednji osi pa pozitivne. Izrazito pozitivne vrednosti navorov na vseh kolesih so v tem delu vlake le pri največjih bremenih ($0,75 \text{ m}^3$ in 1 m^3) – slika 89.



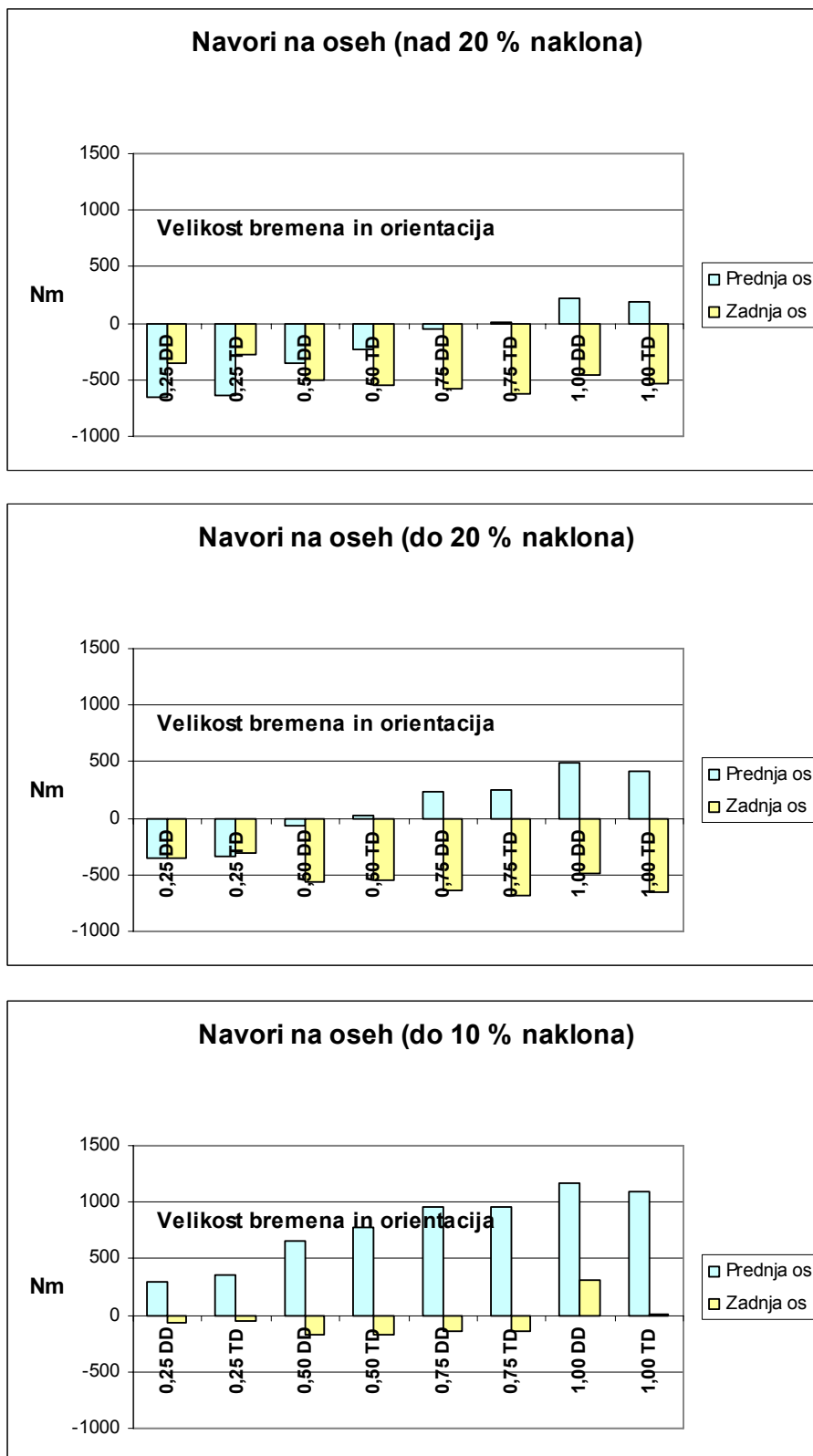
Slika 89: Traktor AGT 835 T (hidrostatični) - vrednosti navora pri vlačanju navzdol

8.2.2.2 AGT 835 T (mehanska izvedba)

Pri mehanski izvedbi traktorja AGT 835 T so zakonitosti nastajanja vrednosti navorov zelo podobne kot pri hidrostatični izvedbi. To velja tako pri smeri vlačanja kot tudi pri različni orientaciji bremena (slika 90 in 91). Zakonitosti so v bistvu enake, vrednosti navorov pri traktorjih obeh izvedb pa težko neposredno primerjamo, saj po masi ne gre za povsem enaka bremena. Pri drugem poskusu je pri traktorju mehanske izvedbe breme večinoma za malenkost težje. Torej lahko pri obeh izvedbah traktorja prav gotovo primerjamo zakonitosti, neposredna primerjava absolutnih vrednosti pa bi bila zaradi navedenega dejstva nekorektna in nenatančna.



Slika 90: Traktor AGT 835 T (mehanski) – vrednosti navora pri vlačanju navzgor



Slika 91: Traktor AGT 835 T (mehanski) – vrednosti navora pri vlačanju navzdol

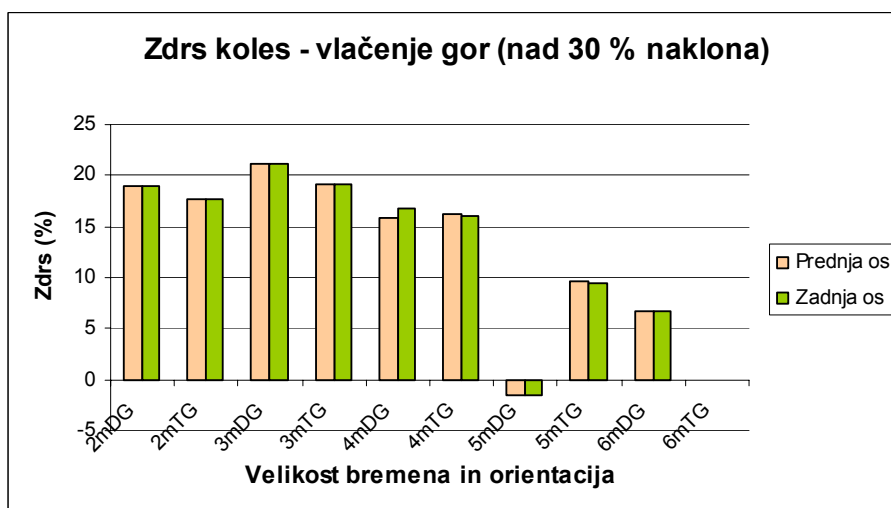
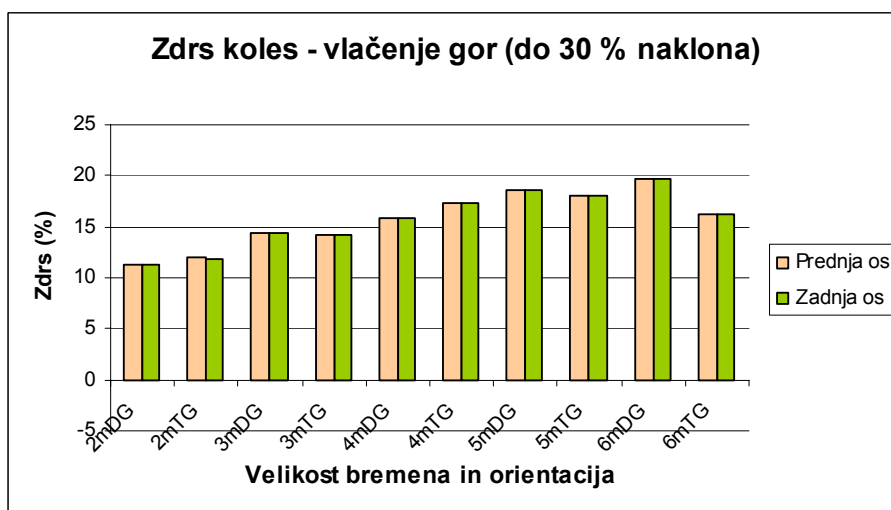
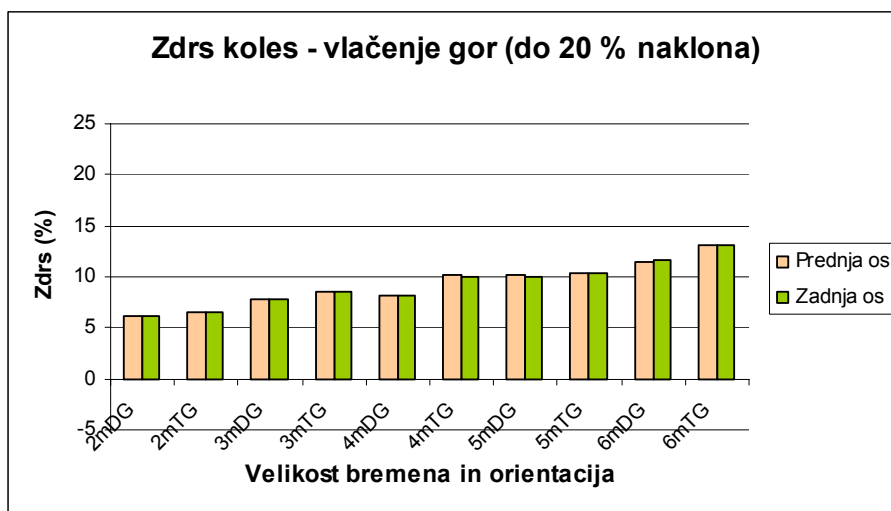
8.3 VELIKOST ZDRSA

8.3.1 Zdrs pri traktorju Woody 110

Zdrs koles pri vlačanju je odvisen predvsem od vzdolžnega naklona vlake, velikosti bremena in njegove orientacije glede na smer vožnje. Povprečni vrednosti zdrs na osi (aritmetična sredina obeh vrednosti) se med prednjo in zadnjo osjo ne razlikujeta bistveno.

Na splošno velja, da pri vlačanju navzgor z večanjem težavnosti vlačanja (večji naklon in breme) pričakovano naraščajo tudi vrednosti zdrs (slika 92). Ta ugotovitev potrjuje v začetku raziskave postavljeno hipotezo, v kateri navajamo, da se z naraščanjem vzdolžnega naklona večajo vrednosti zdrs.

Pri vzdolžnem naklonu do 20 % vrednosti zdrs ne presegajo ravni 13 %. Pri vlačanju v strmem delu znaša zdrs največ 21 %. Zanimiva je ugotovitev, da največji zdrs na delu vlake z naklonom nad 30 % ne nastane pri največjem bremenu v poskusu, ampak pri bremenu 3 m³. Ugotavljamo namreč, da je pri tolikšnem bremenu hitrost oziroma dinamika vožnje še precejšnja, zato tudi nastane takšen zdrs. Pri večjih bremenih se vožnja zaradi velikih obremenitev traktorja bistveno upočasni. Stroj takšne obremenitve še vedno zmore, vendar je dinamika gibanja po vlaki bistveno manjša kot pri manjših bremenih. Na podlagi meritev v našem poskusu ugotavljamo, da je pri največjih bremenih in ob takšni vožnji zdrs v zadnjem delu vlačanja v strmini manjši (slika 92). Vrednosti ne presegajo ravni 10 %. Pri ciklusu s 5 m³ in orientaciji debelejši del naprej so očitno nastale tehnične napake pri zajemu podatkov, saj so vrednosti zdrs v tem primeru celo negativne, kar pa ni logično. Pri enem od ciklusov (6 m³, tanjši, gor) pa je del meritev izpadel – to smo opisali že v prejšnjih poglavjih.

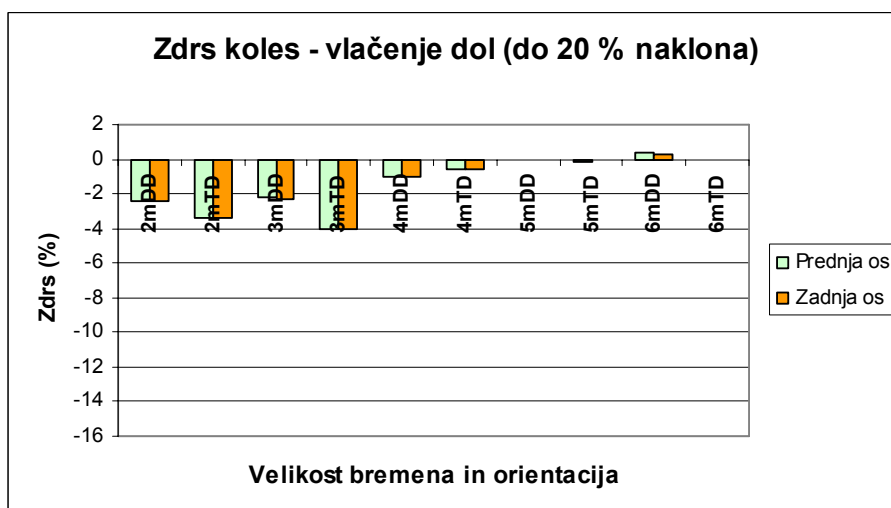
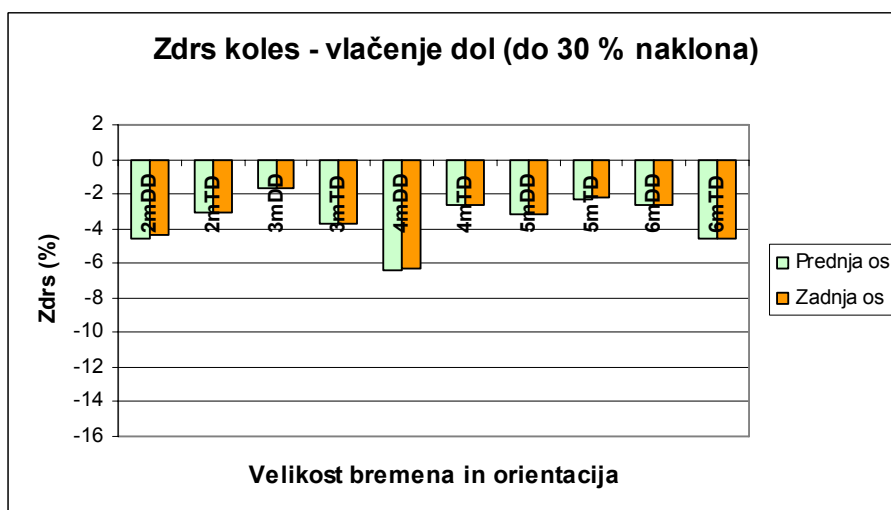
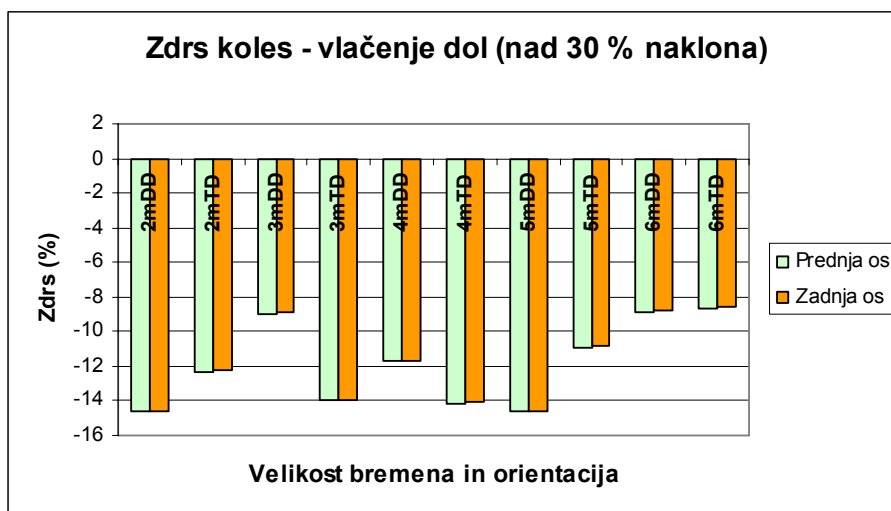


Slika 92: Traktor Woody 110 – zdrs koles pri vlačanju navzgor

Orientacija bremena načeloma vpliva na velikost zdrs. Praviloma so vrednosti zdrs večje pri orientaciji bremen s tanjšim delom naprej. To velja zlasti v delu vlake, kjer so manjši vzdolžni nakloni (do 20 %). Takšna zakonitost velja tudi še pri naklonih do 30 %, vendar ne pri največjih bremenih (5 in 6 m³). Razlog je predvsem v že omenjeni manjši hitrosti zaradi težkih razmer vlačanja – domnevamo, da v tem primeru torej hitrost traktorja bistveno vpliva na vrednost zdrs. Na delu vlake z največjim naklonom (nad 30 %) ob manjši hitrosti tik pred ustavitvijo nastaja manjši zdrs.

Pri vlačanju navzdol smo pričakovano ugotovili negativne vrednosti zdrs. Pri vožnji traktorja navzdol je opazen vpliv težnosti; največji je v zgornjem, najbolj strmem delu (nad 30 % naklona). Pri tolikšnem naklonu vrednosti presegajo 14 % (slika 93). Pričakovali smo, da bodo vrednosti zdrs v položnejšem delu vlake dosegle pozitivne vrednosti. Vendar je poskus pokazal, da je povprečen zdrs na vseh kolesih večinoma negativen. To velja tudi za spodnji del vlake z vzdolžnimi nakloni do 20 %. Prvič imamo pozitiven zdrs le pri največjih bremenih (5 in 6 m³) v delu vlake z nakloni do 20 %. V tem primeru je vpliv težnosti zaradi manjšega vzdolžnega naklona vlake manjši. Zaradi velikih bremen se poveča tudi kotalni upor, zato so potrebne večje vlečne sile. Tako je zdrs minimalen, vendar le ob takšnih razmerah vlačanja v našem poskusu tudi pozitiven.

V tem delu raziskave potrjujemo postavljeno hipotezo o negativnem zdrs, ki nastaja večinoma pri vlačanju navzdol.



Slika 93: Traktor Woody 110 – zdrs koles pri vlačanju navzdol

8.3.2 Zdrs pri AGT 835 T (hidrostatična izvedba)

Pri vlačanju bremen navzgor tudi pri tem traktorju ugotavljamo podobno temeljno zakonitost kot pri traktorju Woody 110 – vrednosti zdrs naraščajo z večanjem vzdolžnega naklona in velikostjo bremena. Vendar so ob tem vrednosti med prednjo oziroma zadnjo osjo drugače porazdeljene – zdrs je praviloma večji na prednjih kolesih, ne glede na težavnost vlačanja.

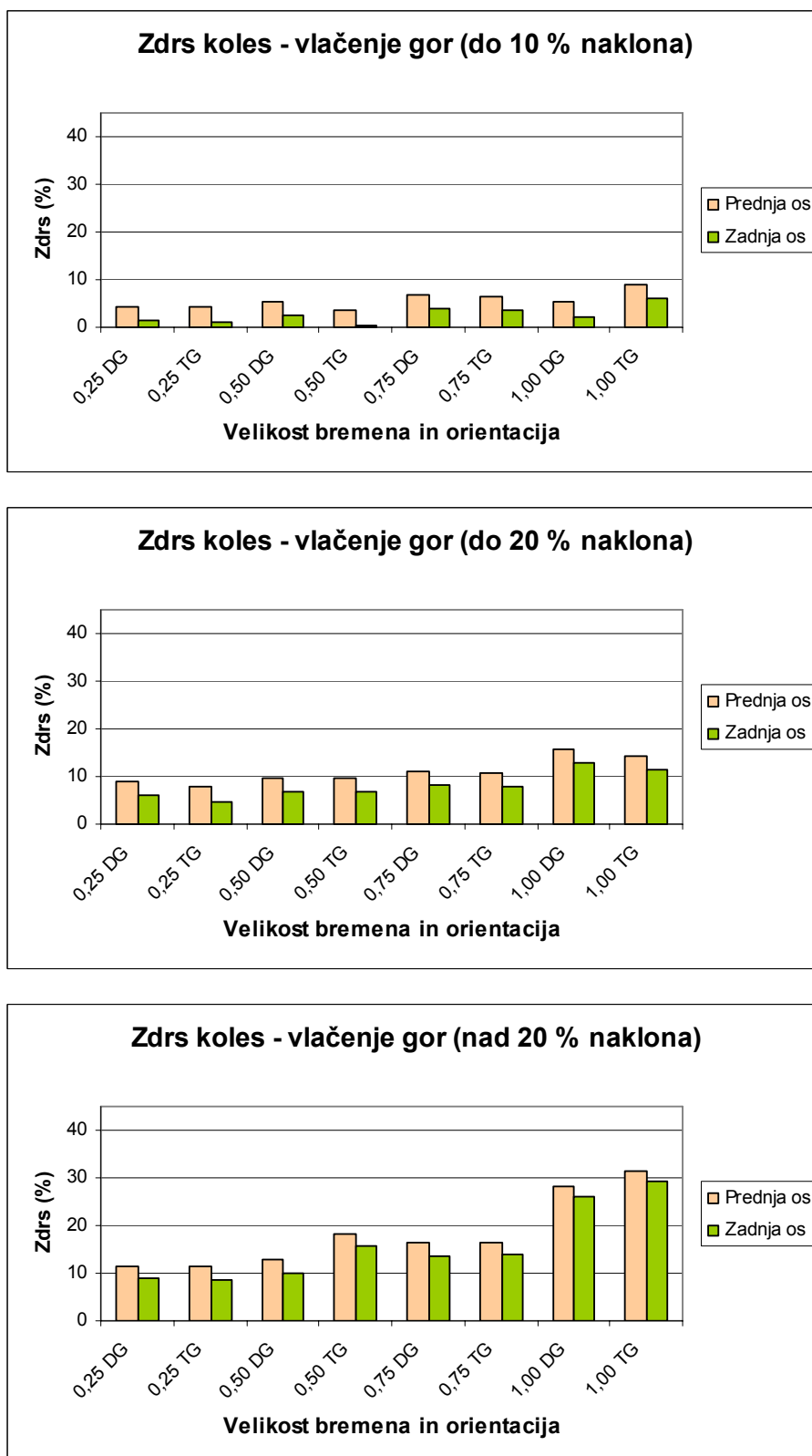
Z večanjem vzdolžnega naklona enakomerno narašča velikost zdrs: v delu z nakloni do 10 % vrednosti zdrs ne presežejo ravni 10 %, v srednjem delu vlake se vrednosti zvečajo do okoli 15 %, le v zadnjem delu tik pred ustavitvijo je zdrs največji – znaša okrog 30 % (slika 94).

Med vlačanjem po vlaki vrednosti naraščajo približno enakomerno. V poskusu se traktor ustavi pred koncem vlake samo pri najtežjem bremenu (1 m^3) – v najbolj strmem delu (nad 20 %). Samo tedaj vrednost zdrs skokovito naraste in tik pred ustavitvijo doseže najvišjo vrednost (slika 94).

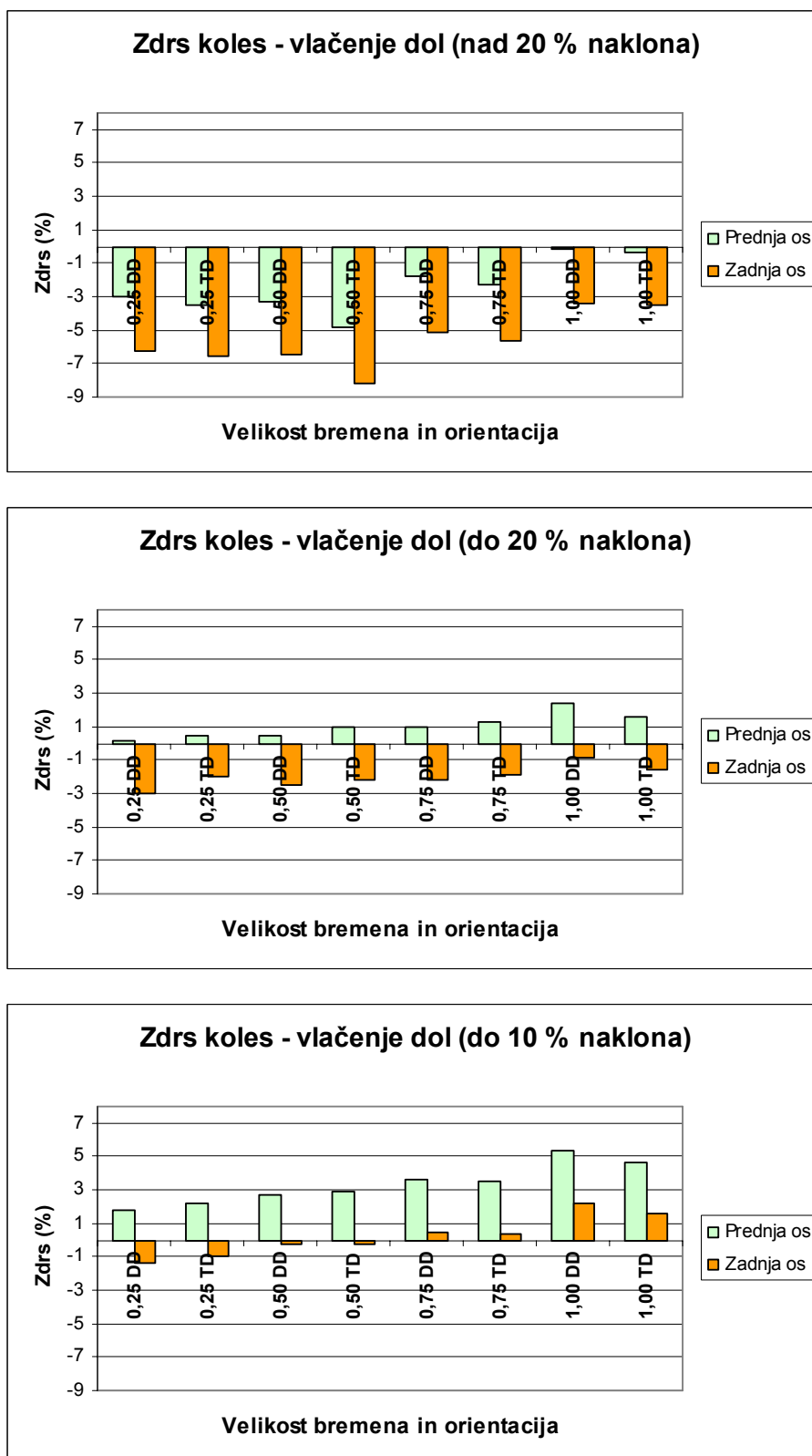
Posebne zakonitosti, ki bi bile posledica različne orientacije bremena, ne ugotavljamo. Pričakovane večje vrednosti zdrs pri orientaciji bremena s tanjšim delom naprej ugotavljamo samo pri najtežjem bremenu tik pred ustavitvijo. Domnevamo, da rezultat v tem primeru ni zgolj posledica različne orientacije, temveč tudi njegove večje mase.

Pri vlačanju navzdol je zdrs na vseh kolesih negativen samo v najbolj strmem, zgornjem delu vlake (nad 20 %) – slika 95. Zanimivo je, da so v srednjem delu vlake (do 20 %) vrednosti na prednji osi pozitivne, na zadnji pa ves čas negativne, ne glede na velikost bremena ali njegovo orientacijo. Ta ugotovitev je v skladu z že omenjenim dejstvom o prehitevanju prednjih koles. Povprečne vrednosti v tem delu ne presegajo ravni 3 %. V zadnjem delu (do 10 % naklona) je vedno več vrednosti pozitivnih – zlasti na prednjih kolesih. Pri bremenih, večjih od $0,50 \text{ m}^3$, je zdrs vedno pozitiven, saj je ob takšni obremenitvi in minimalnem vzdolžnem

naklonu za vlačenje potrebna večja vlečna sila. Vpliv težnosti zaradi majhnega vzdolžnega naklona je minimalen, iz istega razloga se poveča tudi kotalni upor.



Slika 94: Traktor AGT 835 T (hidrostatski) – zdrs koles pri vlačanju navzgor



Slika 95: Traktor AGT 835 T (hidrostatični) – zdrs koles pri vlačanju navzdol

8.3.3 Zdrs pri AGT 835 T (mehanska izvedba)

V primerjavi s traktorjem hidrostatske izvedbe veljajo za mehansko izvedbo vrednosti zdrsa podobne zakonitosti. Neposredna primerjava vrednosti med obema izvedbama traktorja je dvomljiva, saj se bremena v primerljivih ciklikih razlikujejo tako po prostornini kot tudi po masi. Ker so bremena pri mehanski izvedbi traktorja praviloma težja, so večje vrednosti zdrsa pri tem traktorju tudi pričakovane. Primerjava pa je kljub temu mogoča pri vlačanju najtežjih bremen (1 m^3) – v tem primeru se bremena tudi po masi skoraj ne razlikujejo. Zdrsi so pri mehanski izvedbi traktorja večji – zato upravičeno lahko sklepamo, da so večje vrednosti zdrsa predvsem posledica drugačne izvedbe prenosa sil na podlago.

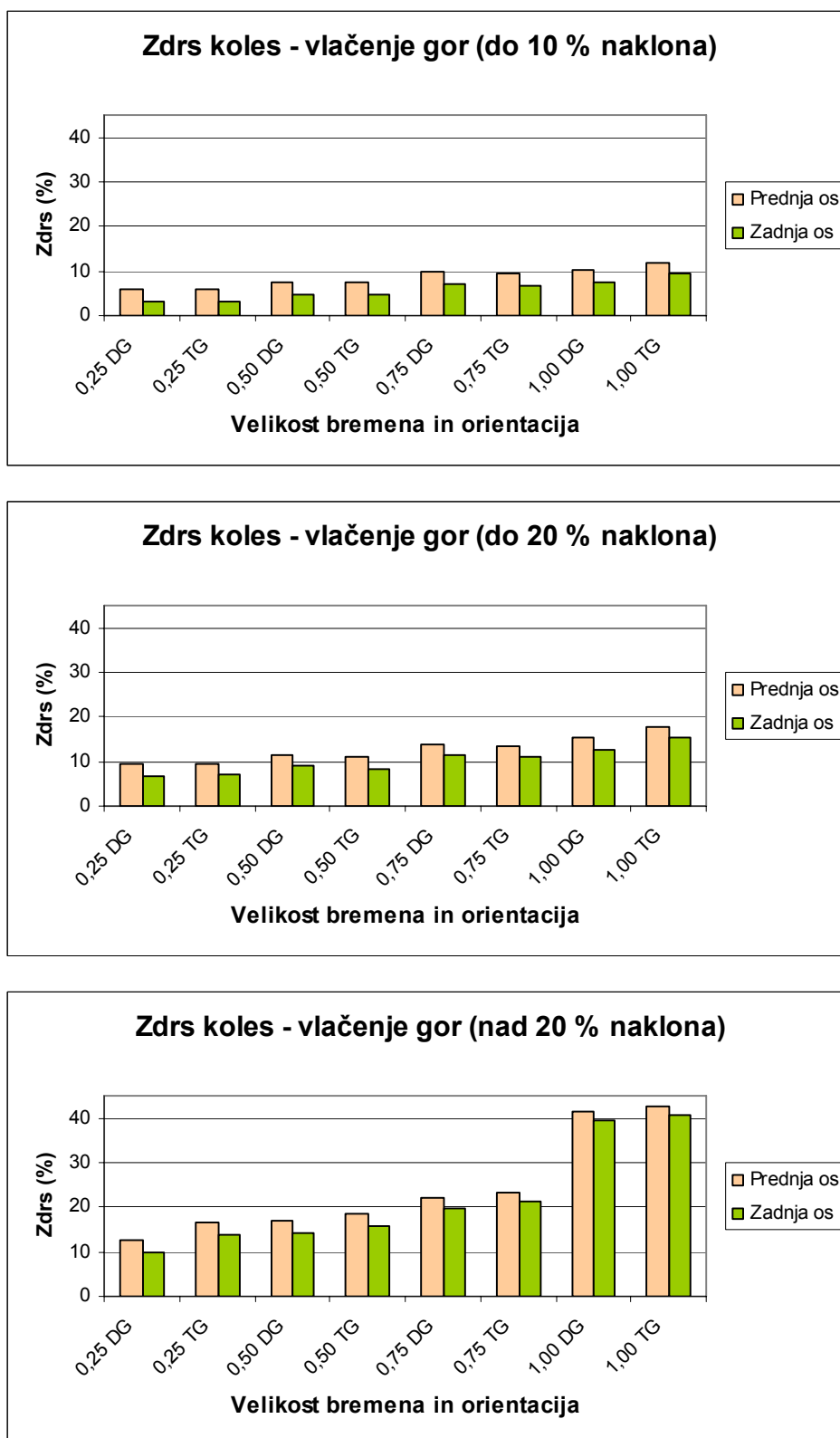
V poglavju, kjer obravnavamo vlažnost tal na vlaki, smo iz povprečnih vrednosti talnih vzorcev ugotovili, da je bila vlažnost tal pri poskusu z mehansko izvedbo traktorja manjša. Tudi ta ugotovitev kaže, da večjega zdrsa v tem poskusu ni povzročila morebitna večja vlažnost tal, ampak je nastal predvsem zaradi načina prenosa sil na tla. To smo v naši raziskavi tudi želeli pokazati.

Največja razlika med obema traktorjema je nastala v zadnjem, najbolj strmem delu vlake (nad 20 %), kjer sta se traktorja ustavila. Traktor AGT 835 T mehanske izvedbe je z enako težkim bremenom opravil sicer daljšo pot, ob tem pa dosegel tudi bistveno večje vrednosti zdrsa (slika 96). Razlike v tem delu vlake znašajo tudi do 14 %. Torej je bilo pri mehanski izvedbi traktorja pred dokončno ustavitvijo vrtenje koles bistveno večje, manj učinkovit je bil prenos sil na podlago in zato so bile poškodbe tal večje.

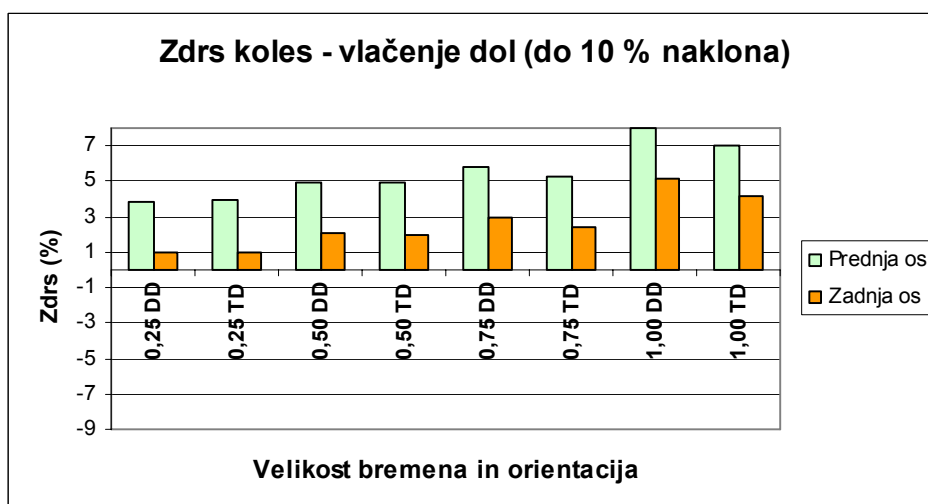
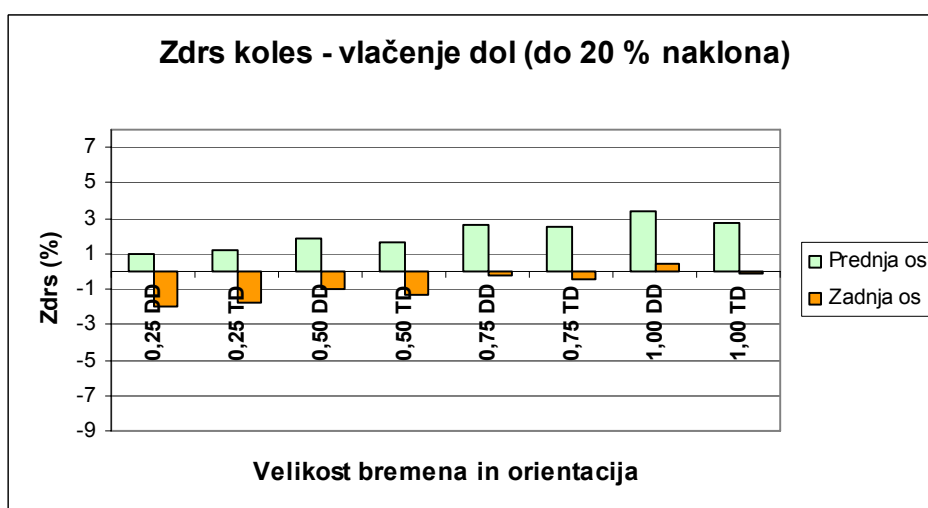
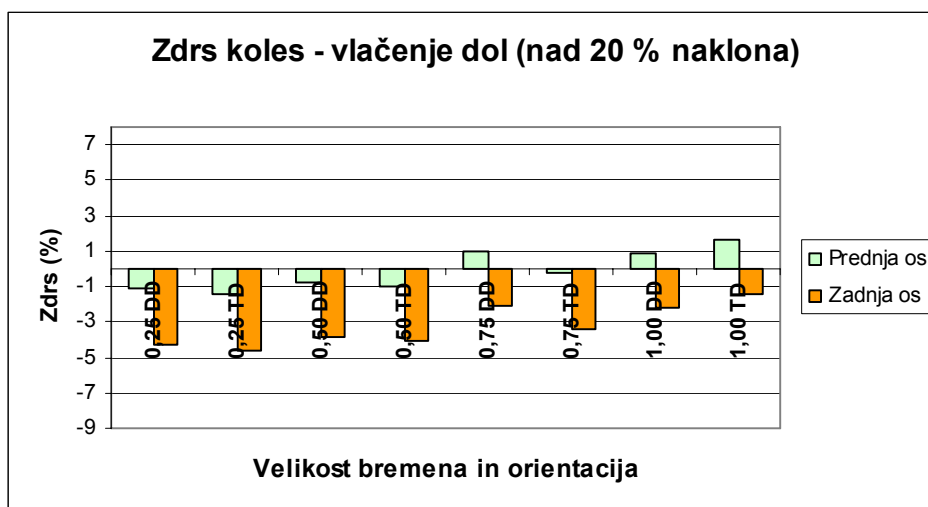
Z navedenimi dejstvi tudi potrjujemo postavljeno hipotezo, da je bil v našem poskusu pri traktorju mehanske izvedbe zdrs večji.

Pri vlačanju navzdol so vrednosti zdrsa negativne predvsem v zgornjem, strmem delu vlake. Ves čas je prehitevala prednja os, zato so že v delu vlake z nakloni do 20 % vrednosti zdrsa spredaj pozitivne. Ne glede na velikost bremena so vrednosti

zdrsa pozitivne na vseh kolesih le v najpoložnejšem delu vlake z nakloni do 10 % (slika 97). Tudi pri vlačanju navzdol nastaja večji zdrs pri traktorju AGT mehanske izvedbe. Neposredna mogoča primerjava pri največjem bremenu kaže na 2- do 3-odstotno razliko.



Slika 96: Traktor AGT 835 T (mehanski) – zdrs koles pri vlačanju navzgor



Slika 97: Traktor AGT 835 T (mehanski) – zdrs koles pri vlačanju navzdol

8.4 VLEČNE SILE NA TRAKTORJU

8.4.1 Vlečna sila na traktorju Woody 110

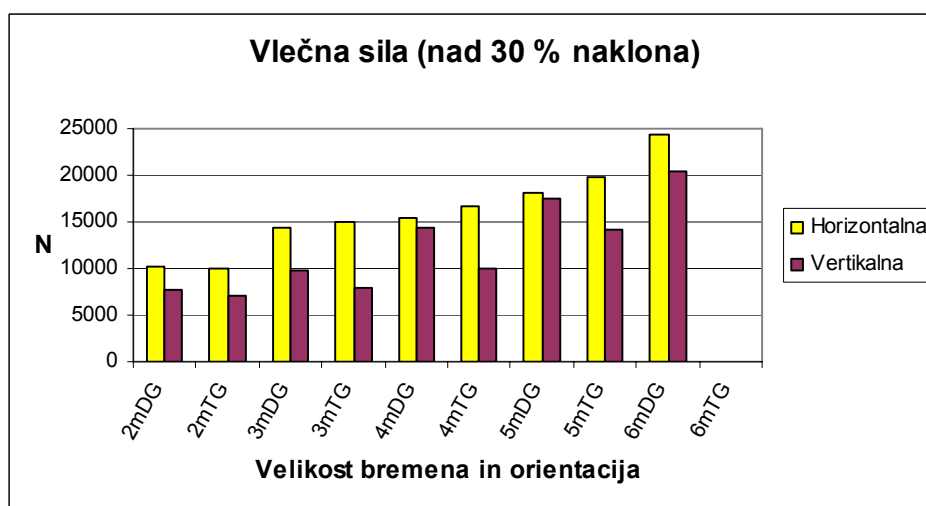
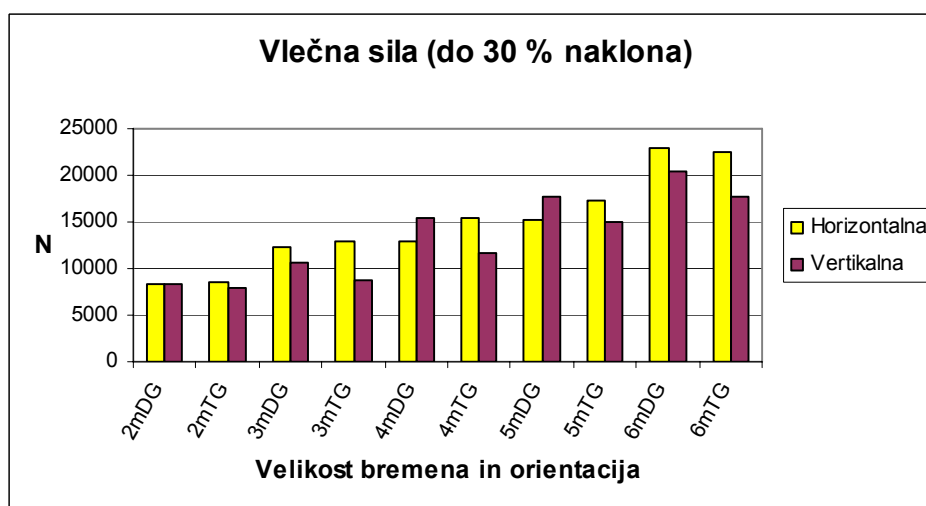
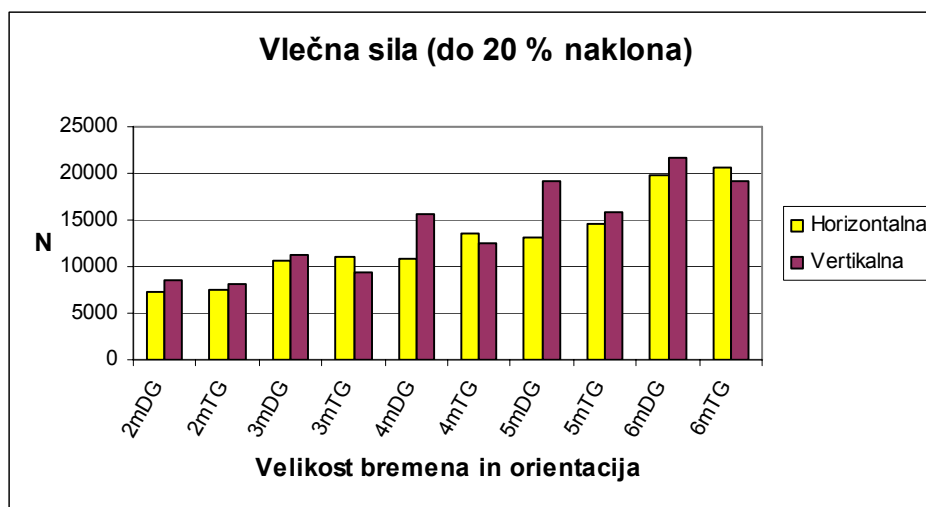
V poskusu smo med vožnjo merili obe komponenti vlečne sile – horizontalno in vertikalno.

Pri vlačanju bremen navzgor ugotavljamo, da vrednosti horizontalne komponente vlečne sile z večanjem vzdolžnega naklona vlake in bremena naraščajo (slika 98). Ob tem se vertikalna komponenta ob večanju naklona ne spreminja bistveno, se pa večja z maso bremen. Vertikalna komponenta nam v bistvu prikazuje vrednosti, s katerimi dodatno obremenimo zadnji del traktorja. Treba je poudariti, da so vrednosti vertikalne komponente vlečne sile rezultat same mase bremena, ki je z enim delom obešena na traktor in dodatno vseh naključnih dinamičnih obremenitev, ki nastajajo med vlačanjem.

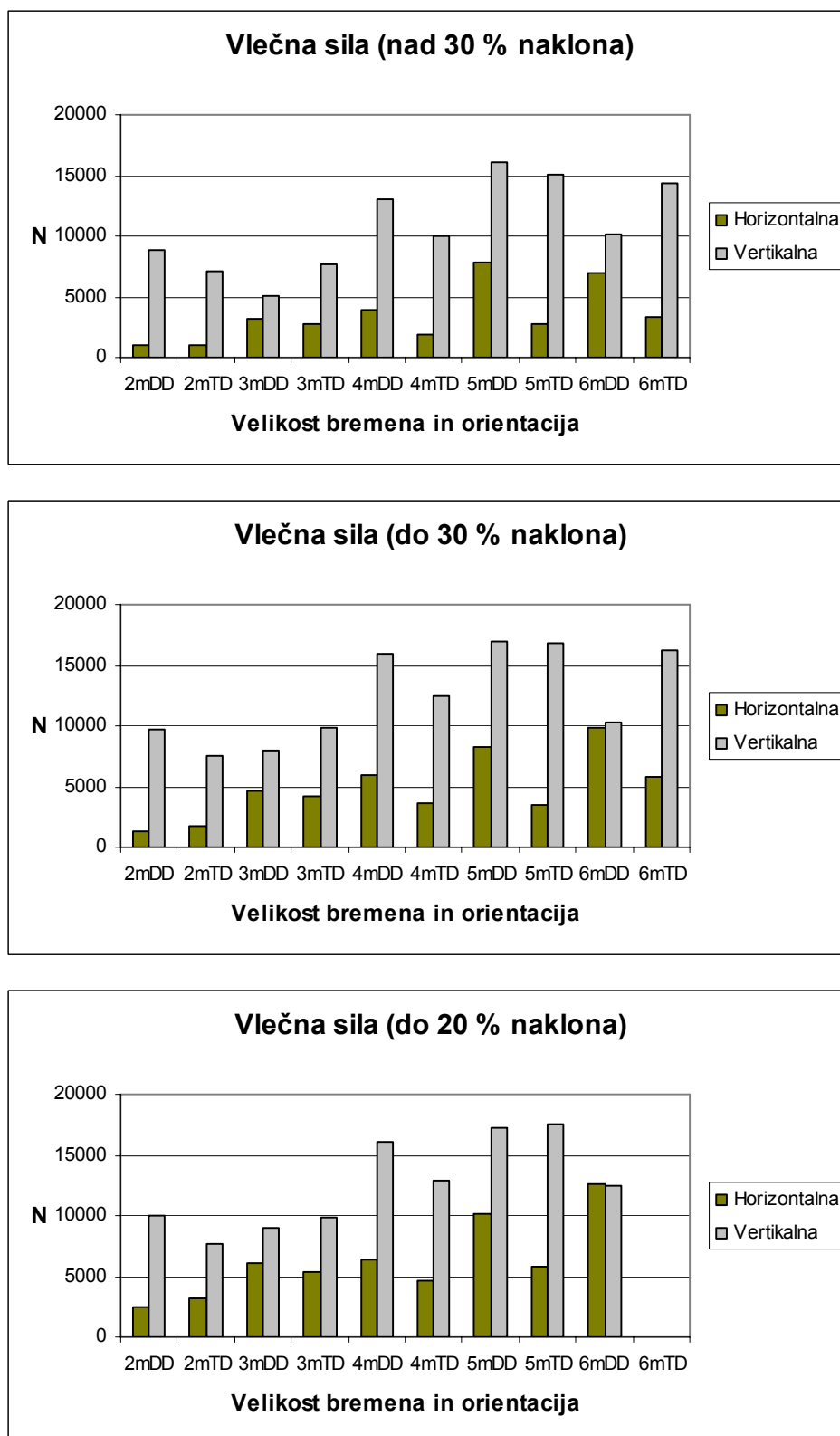
Pri vlačanju navzgor je ob orientaciji bremena tanjši del naprej potrebna večja horizontalna vlečna sila – pri takšni orientaciji je večji del mase v stiku s tlemi in le manjši del obremenjuje zadnji del traktorja. Najvišje vrednosti pričakovano doseže v najbolj strmem delu vlačanja tik pred ustavitvijo in ob največjem bremenu – pri 6 m³ znašajo vrednosti okrog 24.000 N. Sila je torej mejna vrednost, ki jo je traktor sposoben doseči pri vlačanju navzgor v skrajno težkih delovnih razmerah (brema 6 m³ in povprečen vzdolžni naklon vlake nad 30 %).

Pri vlačanju navzdol so zaradi vpliva težnosti potrebne horizontalne vlečne sile ob enako velikih bremenih pričakovano bistveno manjše. V spodnjem, položnejšem delu (do 20 %), vrednosti ne presegajo 13.000 N (slika 99). Potrebna vlečna sila se v položnejšem delu pri vlačanju navzdol poveča tudi za dvakrat.

Praviloma so ob vlačanju bremen navzdol in z orientacijo s tanjšim delom naprej potrebne manjše horizontalne vlečne sile kot pri nasprotni orientaciji bremen.



Slika 98: Traktor Woody 110 – vlečna sila pri vlačanju navzgor



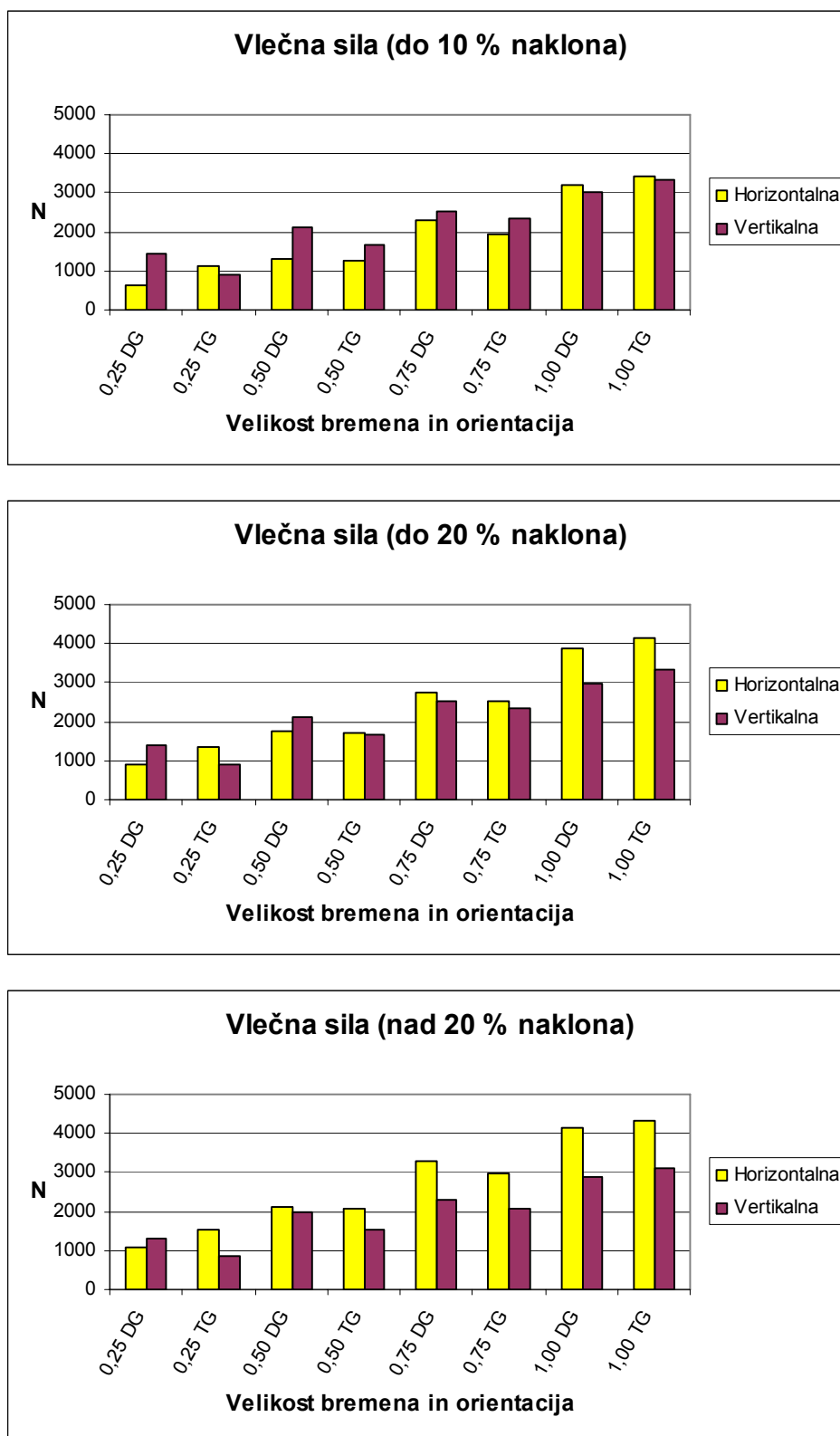
Slika 99: Traktor Woody 110 – vlečna sila pri vlačanju navzdol

8.4.2 Vlečna sila na AGT 835 T (hidrostatična izvedba)

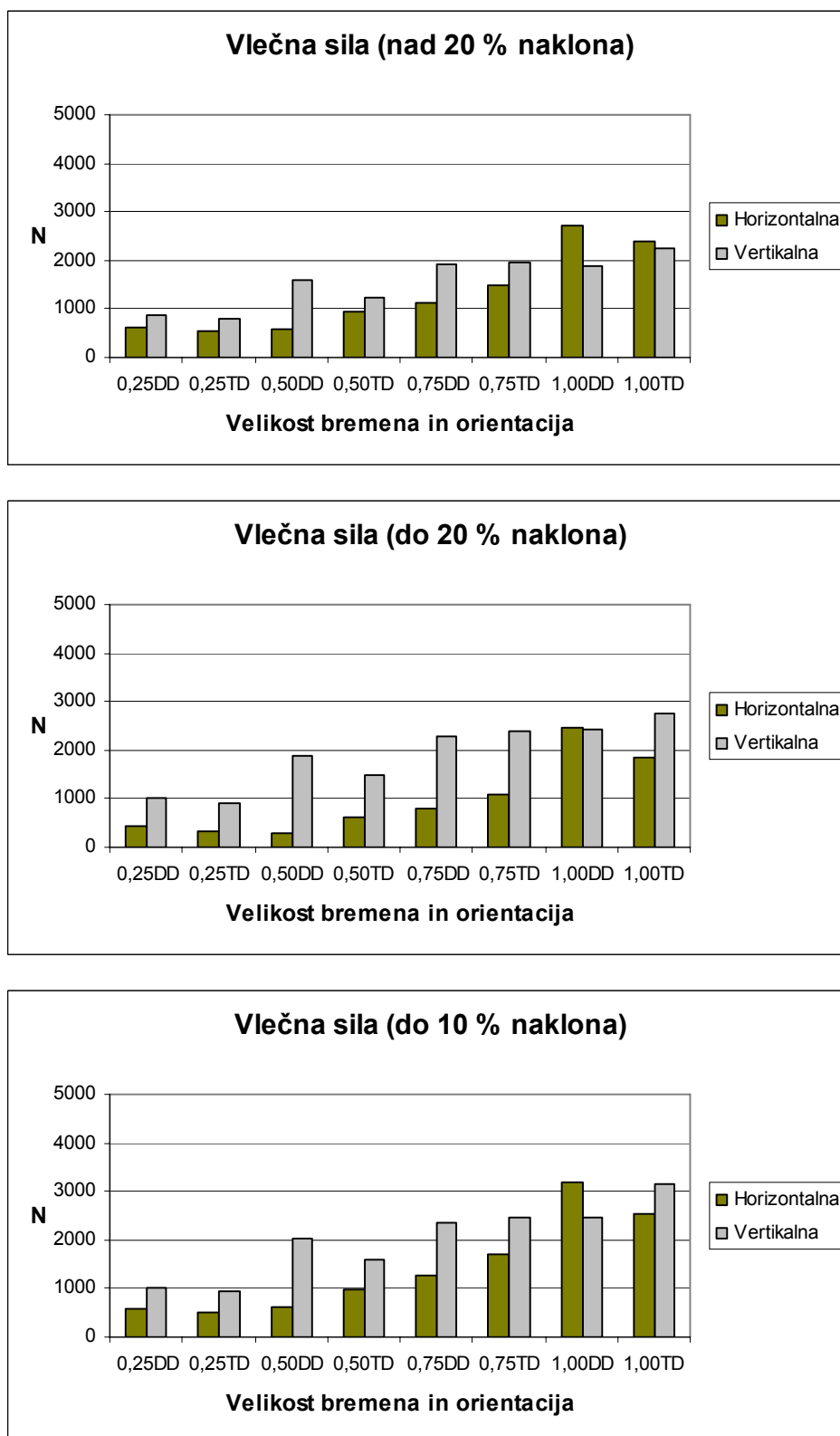
Horizontalna komponenta vlečne sile pri vlačanju navzgor z večanjem naklona pričakovano narašča. Enako se ta sila veča tudi pri težjem bremenu (slika 100), hkrati pa se vertikalna komponenta z vzdolžnim naklonom vlake ne spreminja bistveno – enako zakonitost smo ugotovili tudi pri traktorju Woody 110.

Pri orientaciji bremena s tanjšim delom naprej je zadnji del traktorja manj obremenjen kot pri nasprotni orientaciji. Takšna zakonitosti ne velja samo pri različno težkih bremenih – tako je bilo na primer pri največjem bremenu v poskusu. Tukaj masa bremena bistveno vpliva na izmerjene vrednosti. Enako velja tudi za horizontalno komponento vlečne sile, ki pri orientaciji tanjši del naprej ni vedno pričakovano večja kot pri nasprotni orientaciji.

Pri vlačanju navzdol vertikalna komponenta vlečne sile narašča. Horizontalna komponenta kaže na posebno zakonitost: ob koncu vlačanja je zaradi najmanjšega vzdolžnega naklona vlake potrebna največja vlečna sila, v srednjem delu vlake pri povprečnem naklonu do 20 % pa so povprečne vrednosti najnižje (slika 101). To zakonitost ugotavljamo pri vseh ciklih in je predvsem posledica naslanjanja bremena na naletno desko. Zaradi vpliva težnosti na breme je v tem delu vlačanja potrebna manjša vlečna sila. V zgornjem delu vlake (nakloni nad 20 %) bi pričakovali enak in zaradi večjega vzdolžnega naklona še izrazitejši tovrstni pojav. Vendar so drugačne vrednosti predvsem posledica izmerjenih vrednosti na začetku tega združenega odseka, ko je bil traktor že v največji strmini, breme pa še ne, in smo predvsem zato v začetku vlačanja potrebovali večjo vlečno silo.



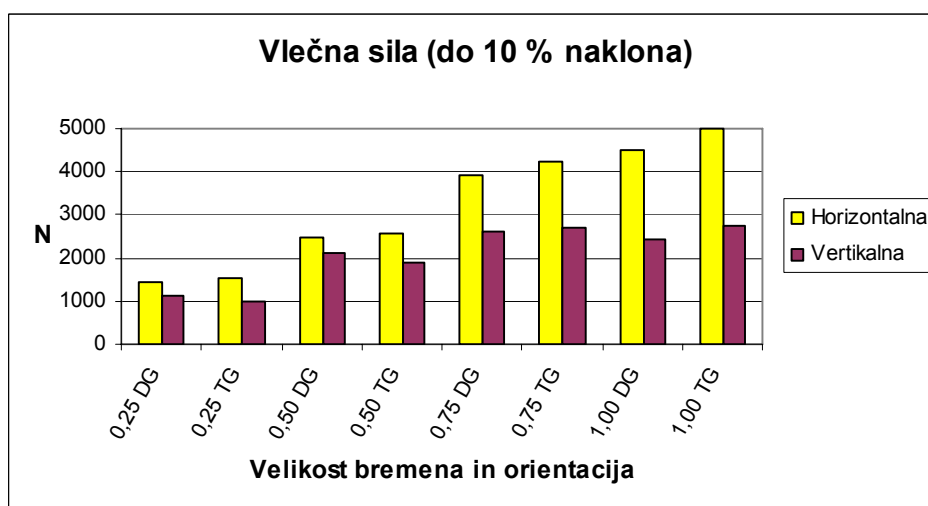
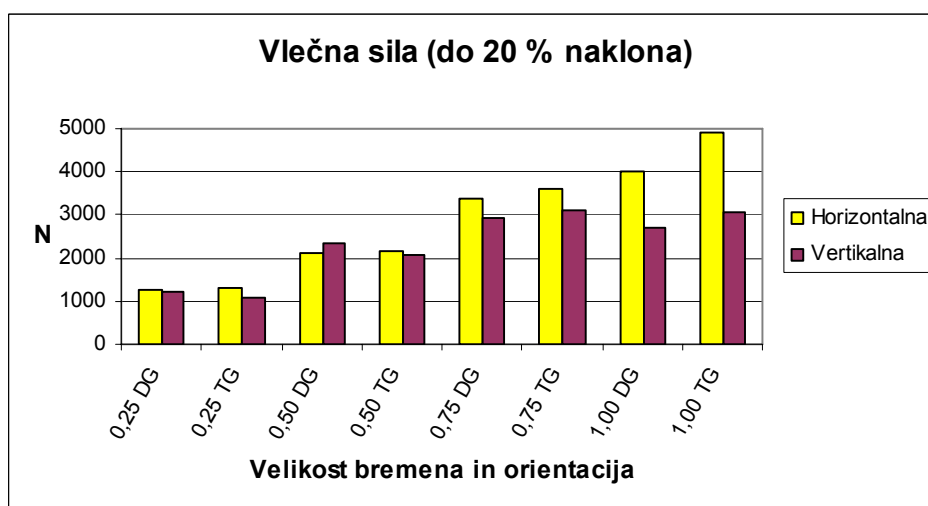
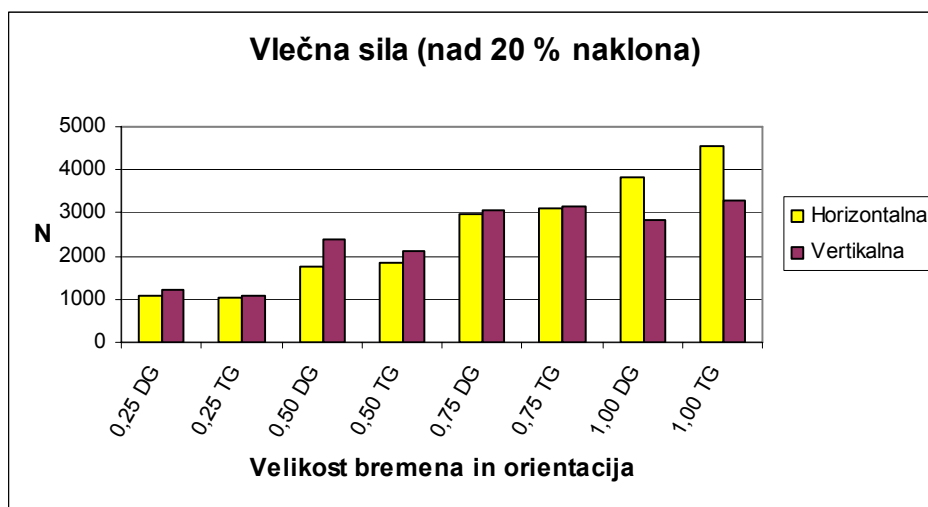
Slika 100: Traktor AGT 835 T (hidrostatični) – vlečna sila pri vlačanju navzgor



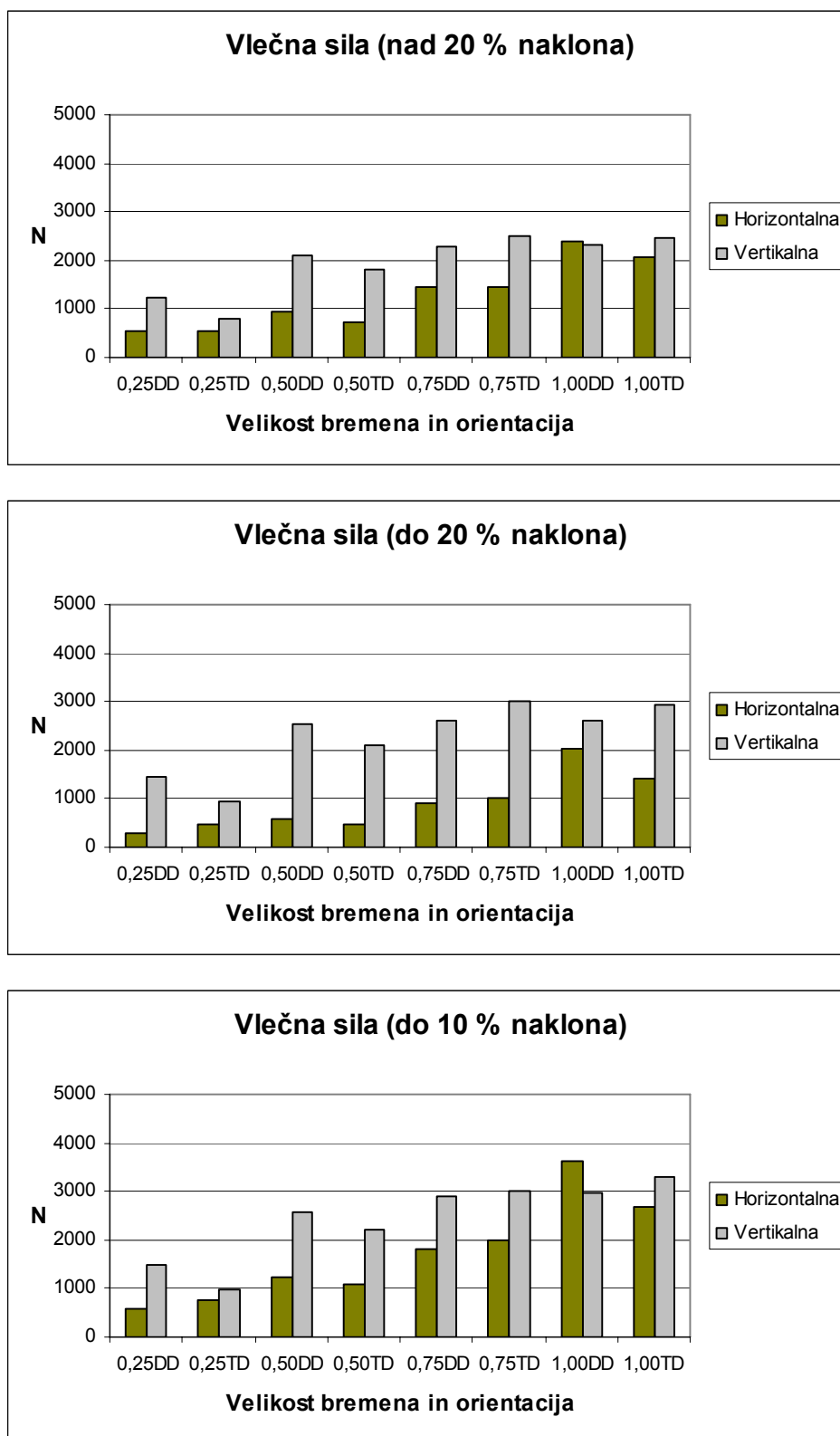
Slika 101: Traktor AGT 835 T (hidrostatični) – vlečna sila pri vlačanju navzdol

8.4.3 Vlečna sila na AGT 835 T (mehanska izvedba)

Že v prejšnjih primerjavah smo navajali, da bremena v posameznih ciklih pri obeh izvedbah traktorjev po masi niso enaka, čeprav so si po prostornini zelo podobna. Neposredna vrednostna primerjava tako ne bi bila primerna, lahko pa primerjamo zakonitosti, ki so posledica spreminjanja velikosti bremen, njihove orientacije in smeri vlačjenja. Zakonitosti, ki smo jih ugotavljali pri hidrostatski izvedbi traktorja, veljajo enako tudi za mehansko izvedbo AGT 835 T (sliki 102 in 103).



Slika 102: Traktor AGT 835 T (mehanski) – vlečna sila pri vlačanju navzgor



Slika 103: Traktor AGT 835 T (mehanski) – vlečna sila pri vlačanju navzdol

8.5 UČINEK KOTALNEGA UPORA

Z medsebojnimi razmerji med silo na kolesih traktorja, potrebno silo za njegovo premikanje in silo za vlačenje bremen lahko opredelimo dogajanja in dinamiko, ki nastaja med vlačanjem lesa po gozdni vlaki.

Silo, potrebno za premikanje traktorja, smo izračunali posredno kot razliko med obodno silo na kolesih traktorja in potrebno horizontalno silo za vlačenje bremena. Pri tem je pomembno, da masa traktorja precej vpliva na velikost kotalnega upora, hkrati pa to pomeni, da ostane za vlačenje bremena manj sile.

Silo, ki jo lahko uporabimo za vlačenje bremena, smo opisali kot učinek kotalnega upora po znanem izrazu (7) – podrobno opisano v poglavju 6.8.1.

Vrednost, ki jo tako izračunamo, nam pokaže, kolikšen del od skupne razpoložljive sile na pogonskih kolesih lahko koristno uporabimo za vlačenje bremena. Na to vrednost seveda vplivajo velikost in orientacija bremena ter naklon in smer vlačjenja. V tej razpravi še ne upoštevamo zdrs, ki seveda bistveno spremeni končni izkoristek vlečnih sil.

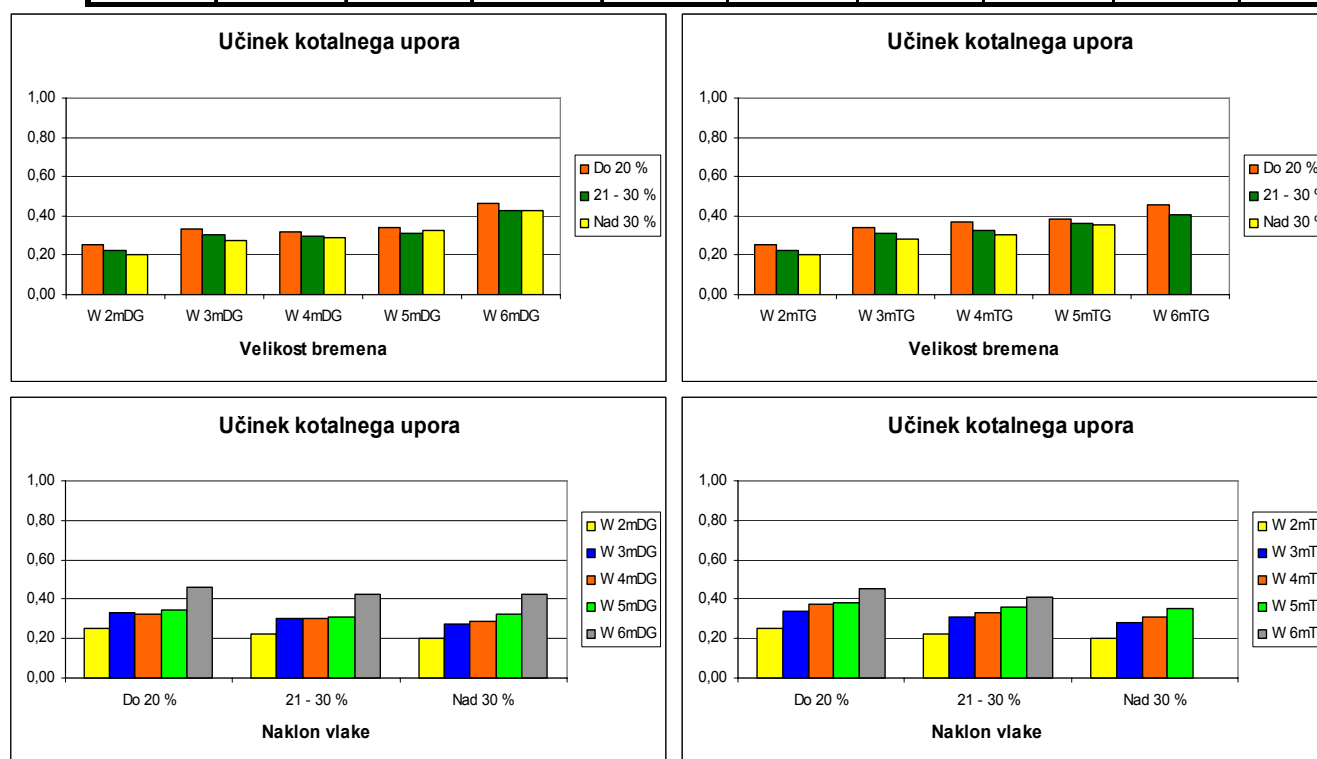
Vrednosti ugotavljamo za vse tri traktorje samo pri vlačanju navzgor – le tedaj namreč lahko realno ugotavljamo vse omenjene tehnične parametre. Pri vlačanju navzdol postajajo vrednosti navora negativne in take so tudi obodne sile na kolesih. Zato z dobljenimi vrednostmi pri vlačanju navzdol ne moremo smiselno pojasniti celotne dinamike vlačjenja.

Pri traktorju Woody 110 smo pri učinku kotalnega upora dosegli največjo vrednost 0,46. To dosežemo pri največjem bremenu 6 m^3 (preglednica 66 in slika 104). Tolikšna največja vrednost pomeni, da za samo premikanje tega traktorja vedno porabimo več sile kakor za vlačenje bremena, ne glede na velikost in orientacijo bremena. Pri najmanjšem bremenu v poskusu (2 m^3) ostane za vlačenje $1/4$ do $1/5$ celotne vlečne sile (vrednosti učinka kotalnega upora znašajo 0,20 do 0,25).

Z naraščanjem vzdolžnega naklona se kotalni upor povečuje, zaradi večanja naklona se povečuje tudi potrebna horizontalna vlečna sila, vrednosti η_f pa se v vseh primerih manjšajo. Izračunane vrednosti kažejo, da se v težjih razmerah vlačanja več ustvarjene sile porabi za premikanje traktorja, manj pa jo ostaja za vlačenje bremena. Večje vrednosti η_f pri orientaciji bremena s tanjšim delom naprej kažejo, da ob dvignjenem bremenu v tem primeru manj obremenjujemo zadnji del traktorja, zato je posledično kotalni upor v tem primeru manjši. Od ustvarjene skupne vlečne sile na traktorju je torej več ostane za vlačenje bremena, hkrati pa je ob takšni orientaciji bremena večja sila tudi potrebna. Ob tem seveda ne smemo pozabiti, da manjša obremenitev zadnjega dela traktorja hkrati pomeni tudi manjšo adhezijo s tlemi, zato je ob sicer enakih razmerah vlačanja tudi drsenje koles večje.

Preglednica 66: Učinek kotalnega upora η_f pri traktorju Woody 110

Učinek kot. upora	Odsek	W 2mDG	W 2mTG	W 3mDG	W 3mTG	W 4mDG	W 4mTG	W 5mDG	W 5mTG	W 6mDG	W 6mTG
	Do 20 %	0,25	0,25	0,33	0,34	0,32	0,37	0,34	0,38	0,46	0,45
	21 - 30 %	0,23	0,22	0,30	0,31	0,30	0,33	0,31	0,36	0,43	0,41
	Nad 30 %	0,20	0,20	0,28	0,28	0,29	0,31	0,32	0,35	0,43	

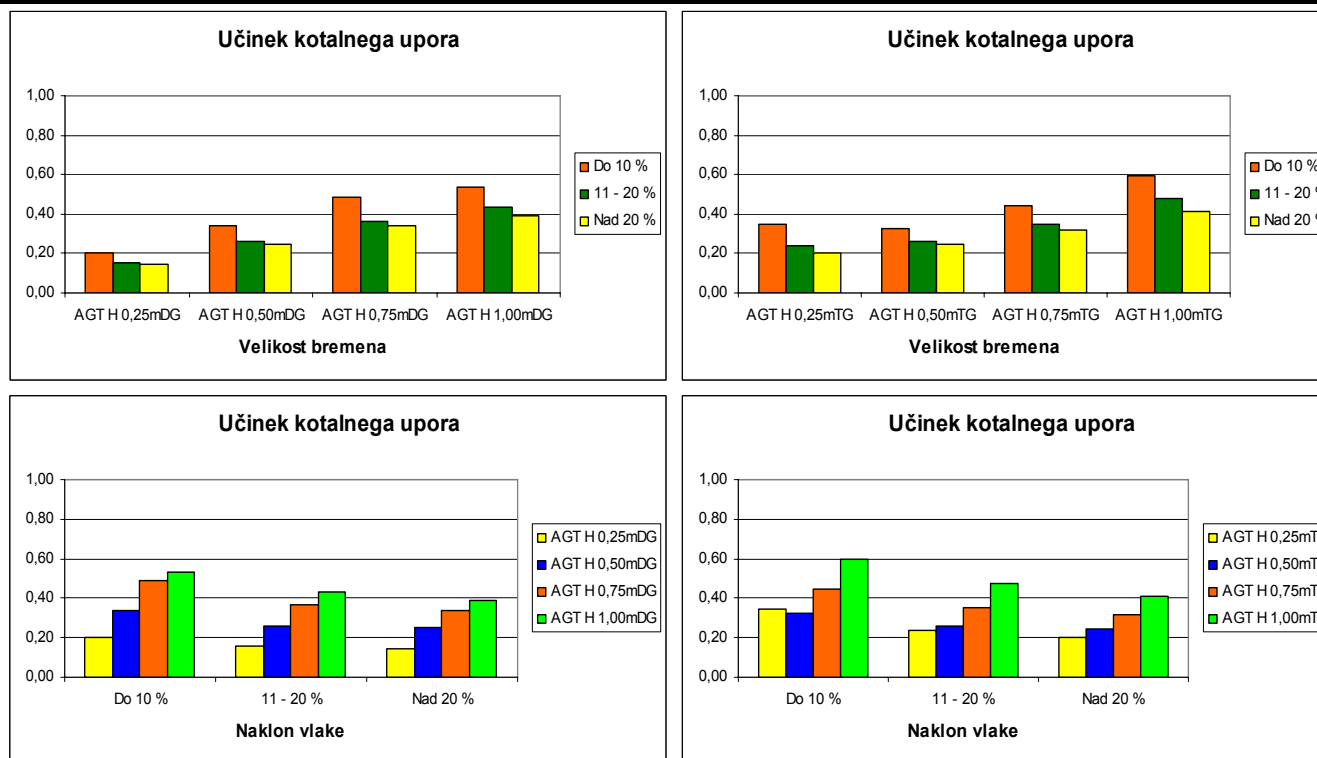


Slika 104: Traktor Woody 110 – učinek kotalnega upora pri vlačanju navzgor

Podobne zakonitosti ugotavljamo pri traktorjih AGT 835 T (sliki 105 in 106). Nekaterih razlike v izračunu vrednosti η_f nastajajo predvsem zaradi razmerja med maso traktorja in različnimi bremenami. Pri vlačanju najtežjih bremen (1 m^3) potrebujemo pri položnejšem naklonu (do 10 %) več sile za vlačenje kakor za premikanje traktorja. Pri traktorju mehanske izvedbe znaša učinek kotalnega upora celo 0,68 (preglednica 68). Torej je v tem primeru za vlačenje bremena potrebno več kot 2/3 skupne vlečne sile. Pri vlačanju najmanjših bremen v delu najbolj strme vlake (nad 20 %) pa znaša η_f v enem primeru samo 0,14 – v tem ciklusu se torej za vlačenje bremena porabi zgolj 14 % skupne vlečne sile, preostali del potrebujemo zgolj za premagovanje kotalnega upora.

Preglednica 67: Učinek kotalnega upora η_f pri traktorju AGT 835 T (hidrostatični)

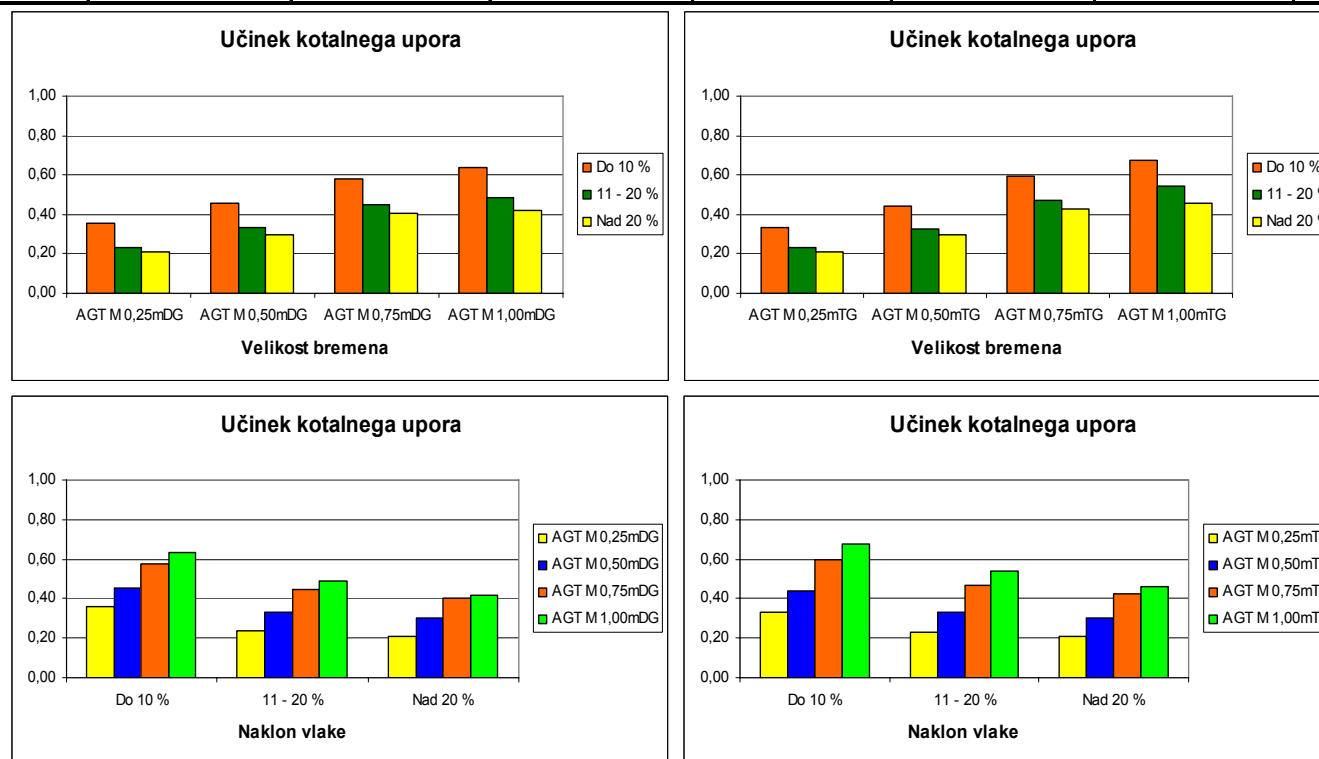
Učinek kot. upora	Odsek	AGT H 0,25mDG	AGT H 0,25mTG	AGT H 0,50mDG	AGT H 0,50mTG	AGT H 0,75mDG	AGT H 0,75mTG	AGT H 1,00mDG	AGT H 1,00mTG
	Do 10 %	0,20	0,35	0,34	0,33	0,49	0,44	0,54	0,60
	11 - 20 %	0,16	0,24	0,26	0,26	0,37	0,35	0,43	0,48
	Nad 20 %	0,14	0,20	0,25	0,24	0,34	0,32	0,39	0,41



Slika 105: Traktor AGT 835 T (hidrostatični) – učinek kotalnega upora pri vlačanju navzgor

Preglednica 68: Učinek kotalnega upora η_f pri traktorju AGT 835 T (mehanski)

Učinek kot. upora	Odsek	AGT M 0,25mDG	AGT M 0,25mTG	AGT M 0,50mDG	AGT M 0,50mTG	AGT M 0,75mDG	AGT M 0,75mTG	AGT M 1,00mDG	AGT M 1,00mTG
Do 10 %		0,36	0,33	0,45	0,44	0,58	0,60	0,64	0,68
11 - 20 %		0,23	0,23	0,33	0,33	0,45	0,47	0,49	0,54
Nad 20 %		0,21	0,21	0,30	0,30	0,40	0,43	0,42	0,46



Slika 106: Traktor AGT M 835 T (mehanski) – učinek kotalnega upora pri vlačanju navzgor

8.6 IZKORISTEK KOLESA

V prejšnji razpravi smo upoštevali zgolj razmerja med kotalnim uporom in vlečnimi silami ob različnih razmerah vlačanja. Pri vsem tem nismo obravnavali zdrsa na kolesih, ki vpliva na obravnavane vrednosti in jih v posebnih razmerah vlačanja tudi bistveno spreminja. V tem primeru nas zanima torej izkoristek kolesa, s katerim izražamo pravzaprav izkoristek vlečne sile na kolesih.

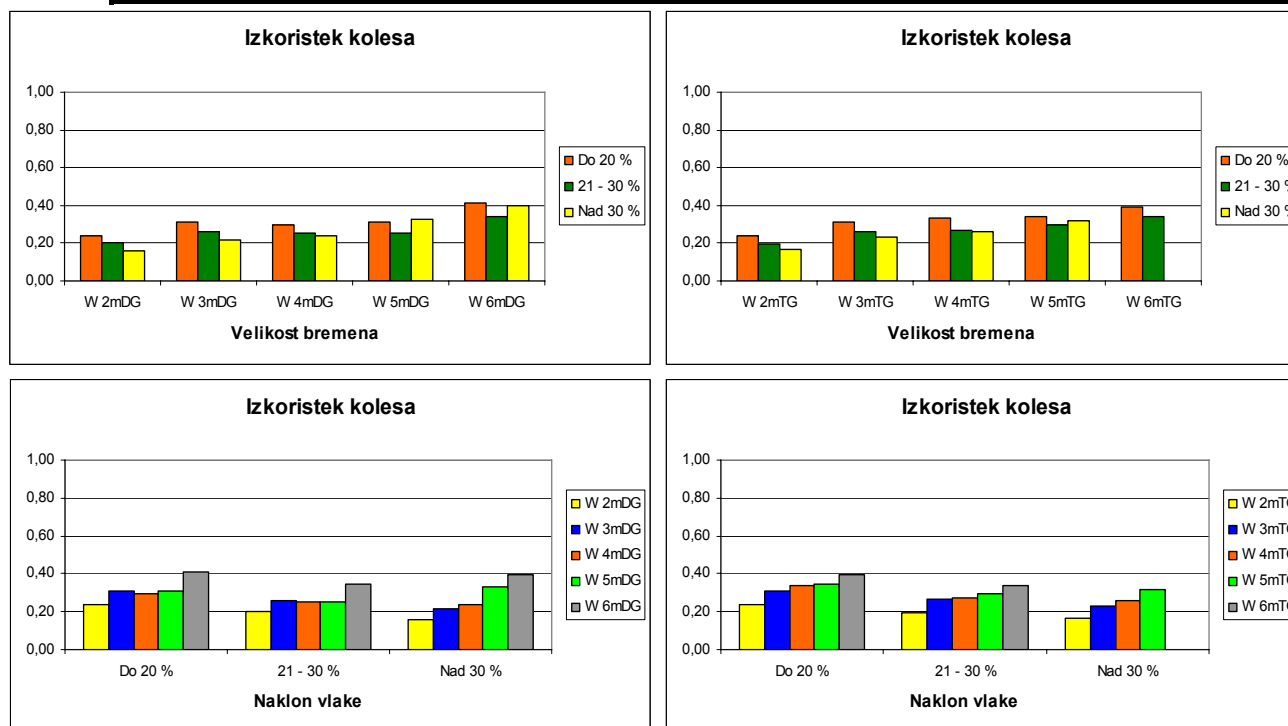
Izkoristek kolesa izražamo z izrazom, ki smo ga navedli v prejšnjih poglavjih ($\eta_k = \eta_f \cdot \eta_\delta$). Tako dobimo vrednost, ki kaže na tisti del od skupno ustvarjene sile na kolesih, ki se v resnici porabi za koristno delo pri vlačanju lesa. Izkoristek kolesa je torej določen z velikostjo horizontalne vlečne sile, ki jo zmanjšamo zaradi zdrsa kolesa na podlagi, po kateri se traktor premika.

Pri vlačanju s traktorjem Woody 110 sta predvsem velikost bremena in vzdolžni naklon vlake dejavnika, ki vplivata na izkoristek koles traktorja. Izkoristek koles je premo sorazmeren z velikostjo bremena in obratno sorazmeren z vzdolžnim naklonom vlake. Izkoristek kolesa η_k je najmanjši pri vlačanju 2 m³ v največjem naklonu nad 30 % – njegova vrednost znaša 0,16 (slika 107). Največjo vrednost $\eta_k = 0,41$ doseže pri vlačanju največjega bremena v poskusu (6 m³) in v najpoložnejšem delu vlake (do 20 %). Na podlagi izračunanih vrednosti ugotavljamo, da dosegamo najvišje vrednosti izkoristka koles pri vlačanju velikih bremen v položnejših naklonih. Pri večjih vzdolžnih naklonih se zaradi naraščanja zdrsa izkoristek koles manjša. Enako velja tudi za manjša bremena, pri katerih samo delno izrabimo vlečne sposobnosti tega traktorja.

Torej je z vidika izrabljenosti vlečnih sil s tem traktorjem smiselno vlačiti večja bremena – ob tem dosegamo zaradi manjšega zdrsa v manjših naklonih večji izkoristek.

Preglednica 69: Izkoristek kolesa η_k pri traktorju Woody 110

Izkor. kolesa	Odsek	W 2mDG	W 2mTG	W 3mDG	W 3mTG	W 4mDG	W 4mTG	W 5mDG	W 5mTG	W 6mDG	W 6mTG
	Do 20 %	0,24	0,24	0,31	0,31	0,30	0,33	0,31	0,34	0,41	0,39
	21 - 30 %	0,20	0,20	0,26	0,26	0,25	0,27	0,25	0,29	0,34	0,34
	Nad 30 %	0,16	0,17	0,22	0,23	0,24	0,26	0,33	0,32	0,40	



Slika 107: Traktor Woody 110 – izkoristek kolesa pri vlačanju navzgor

Pri vlačanju največjih bremen (5 in 6 m³) je treba vrednosti η_k dodatno pojasniti. V tem primeru so dobljene vrednosti večje kot pri vlačanju v srednjem delu vlake, kjer so vzdolžni nakloni vlake manjši (do 30 %). V vseh teh primerih gre za zelo počasno vožnjo tik pred ustavitvijo celotnega traktorja z bremenom. Domnevamo, da je majhna dinamičnost vožnje vzrok za bistveno manjše zdrse v tem zadnjem delu vlačanja. Zaradi manjšega zdrsa so tudi izkoristki koles v tem delu večji – torej prav nasprotno, kakor velja za vse druge cikle, kjer je vožnja po vlaki zaradi manjših bremen bistveno bolj dinamična; ob tem pa nastaja večji zdrs.

Podobne zakonitosti veljajo tudi za oba traktorja AGT 835 T. Izkoristek koles praviloma narašča z večanjem bremena in se zmanjšuje pri vlačanju v večjih vzdolžnih naklonih vlake. Najmanjša vrednost η_k znaša 0,13 (najmanjše breme 0,25 m³ in največji vzdolžni naklon – nad 20 %), najvišja ugotovljena pa 0,60 (breme 1,00 m³, vzdolžni naklon do 10 %). Glede na tehnične značilnosti obeh traktorjev gre seveda za bistveno manjša bremena in vzdolžne naklone vlačanja kot v poskusu z zgibnikom Woody 110.

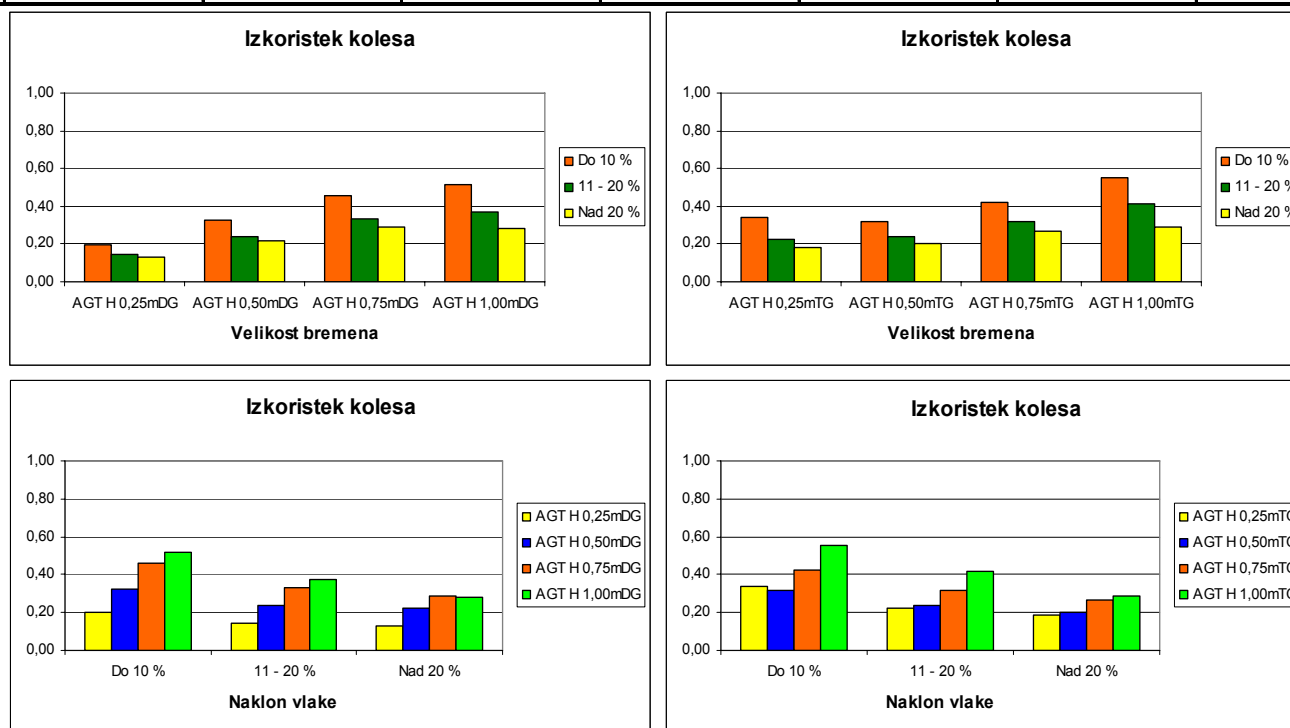
Navedene zakonitosti praviloma veljajo za oba traktorja AGT pri delu v lažjih ali srednje težkih delovnih razmerah. Bistvene razlike pa nastajajo ob vlačanju najtežjega bremena v najbolj strmem delu vlake (nad 20 %) – tolikšne strmine nobeden od obeh traktorjev ni zmogel. Na eno od bistvenih vprašanj naše raziskave – koliko so ti traktorji primerni za delo v najtežjih, mejnih delovnih razmerah, in kakšne so razlike med traktorjema obeh izvedb – lahko odgovorimo tudi s primerjavo izkoristka koles.

Pri traktorju hidrostatične izvedbe ugotavljamo, da se izkoristek ob povečanju bremena na 1 m³ v najbolj strmem delu ni zmanjšal, ampak je kljub mejni obremenitvi in ustavitvi ostal na približno isti ravni (0,28–0,29) – slika 108. Bistveno drugače pa je pri traktorju mehanske izvedbe. Tu je bil v podobnih razmerah zdrs koles bistveno večji, s tem pa se je zmanjšala tudi vrednost η_k (slika 109). Traktor AGT 835 T mehanske izvedbe je v tem primeru sicer prevozil

daljšo pot po vlaki, vendar z bistveno večjim zdrsem v zadnjem, najbolj strmem delu vlake. Z vidika varovanja in poškodovanosti gozdnih tal je ugotovljena razlika pomembna. Zato menimo, da je za vlačenje lesa na meji sposobnosti posameznega traktorja, zlasti kar zadeva zdrs, primernejši traktor hidrostatsične izvedbe.

Preglednica 70: Izkoristek kolesa η_k pri traktorju AGT 835 T (hidrostatični)

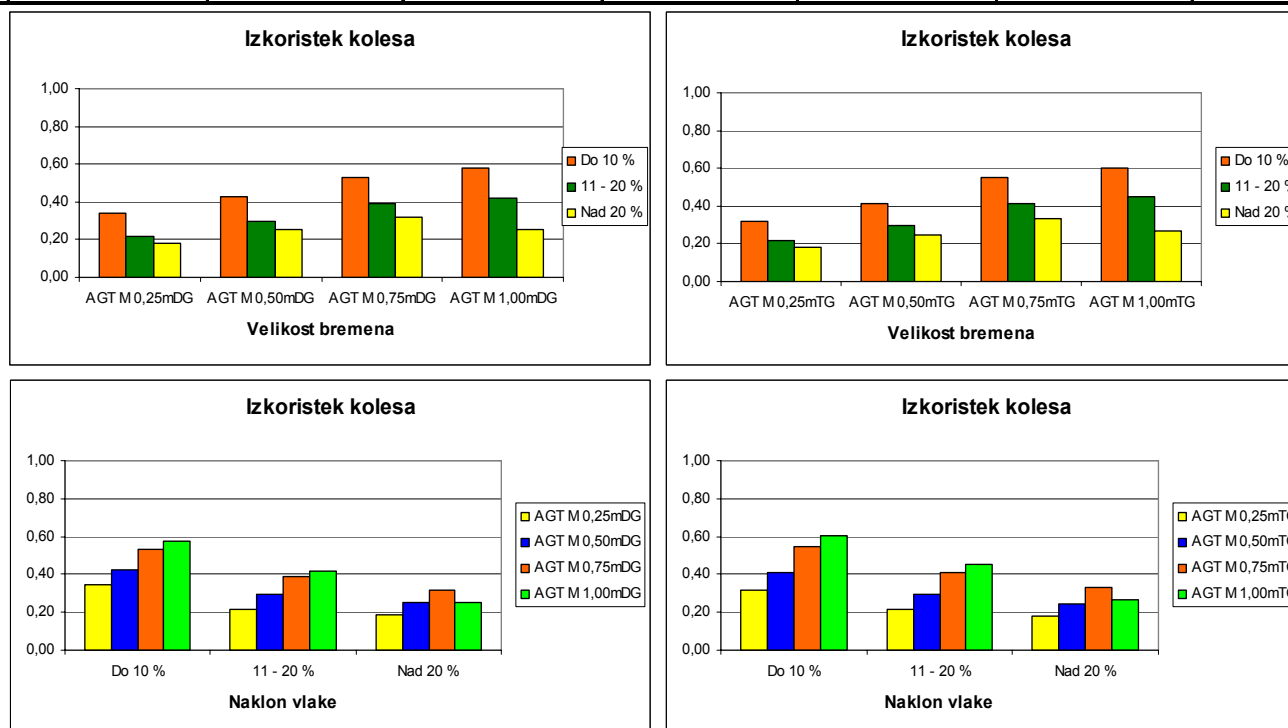
Izkor. kolesa	Odsek	AGT H 0,25mDG	AGT H 0,25mTG	AGT H 0,50mDG	AGT H 0,50mTG	AGT H 0,75mDG	AGT H 0,75mTG	AGT H 1,00mDG	AGT H 1,00mTG
	Do 10 %	0,20	0,34	0,33	0,32	0,46	0,42	0,52	0,55
	11 - 20 %	0,14	0,22	0,24	0,24	0,33	0,32	0,37	0,41
	Nad 20 %	0,13	0,18	0,22	0,20	0,29	0,27	0,28	0,29



Slika 108: Traktor AGT 835 T (hidrostatični) – izkoristek kolesa pri vlačanju navzgor

Preglednica 71: Izkoristek kolesa η_k pri traktorju AGT 835 T (mehanski)

Izkor. kolesa	Odsek	AGT M 0,25mDG	AGT M 0,25mTG	AGT M 0,50mDG	AGT M 0,50mTG	AGT M 0,75mDG	AGT M 0,75mTG	AGT M 1,00mDG	AGT M 1,00mTG
	Do 10 %	0,34	0,32	0,43	0,41	0,53	0,55	0,58	0,60
	11 - 20 %	0,22	0,21	0,30	0,30	0,39	0,41	0,42	0,45
	Nad 20 %	0,18	0,18	0,25	0,25	0,32	0,33	0,25	0,27



Slika 109: Traktor AGT 835 T (mehanski) – izkoristek kolesa pri vlečenju navzgor

8.7 KOEFICIENT VLAČENJA

Koeficient vlačanja je eden od kazalcev, s katerim tudi lahko opišemo vlečne značilnosti traktorja. Pri vlačanju želimo ustvariti čim večjo vlečno silo, ta pa je odvisna predvsem od adhezijske obremenitve celotnega traktorja. Vlečno silo lahko spreminjamo tudi z uporabo posebnih verig ali z dodatnimi utežmi, vendar merjenje teh vplivov ni bilo vsebina te raziskave.

Pri vlačanju lahko dodatno povečujemo maso samega stroja z bremenom, ki je s prednjim delom obešeno na njegov zadnji del. Adhezijo stroja torej lahko povečujemo z večjimi bremenmi, ob tem pa njihova različna orientacija to obremenitev tudi bistveno spreminja. Praviloma pomeni orientacija bremena z debelejším delom naprej večjo obremenitev traktorja in s tem njegovo večjo adhezijsko obremenitev, obenem pa je za takšno breme praviloma potrebna manjša horizontalna vlečna sila kot pri njegovi nasprotni orientaciji.

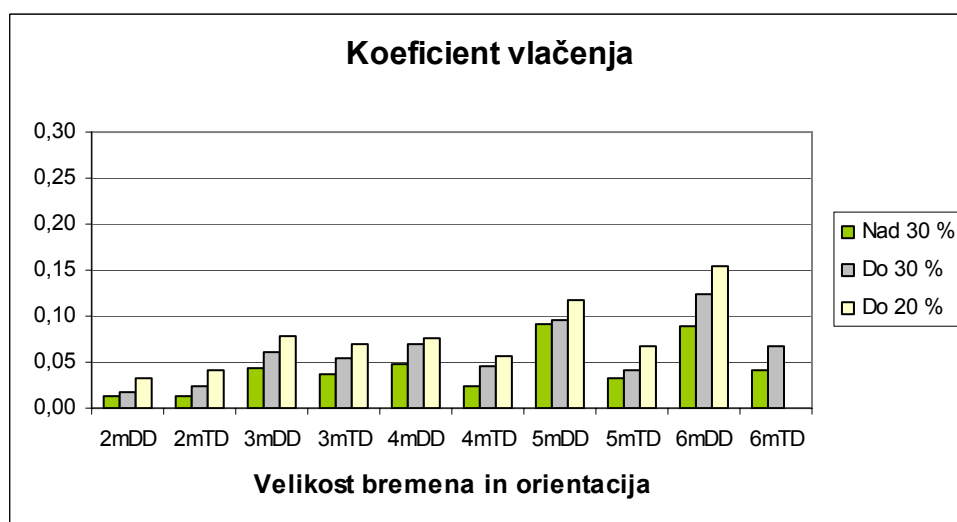
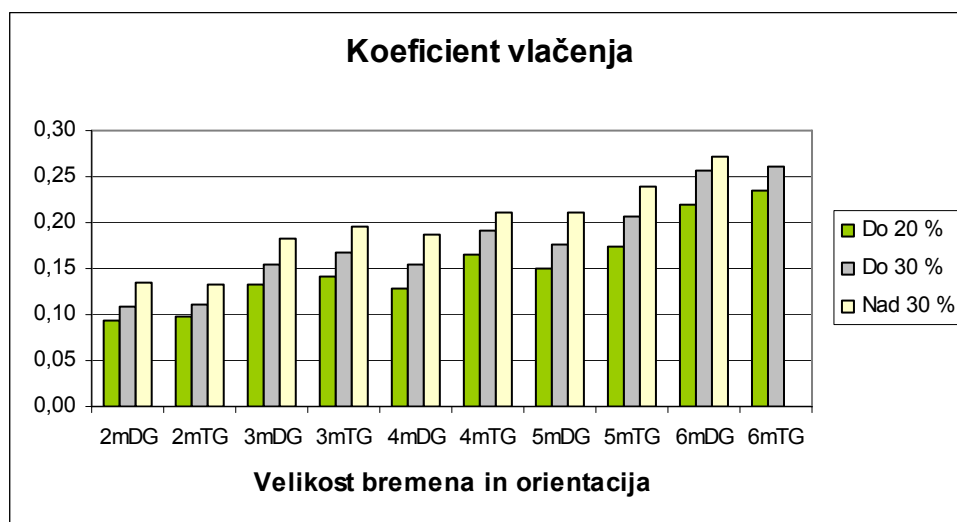
Koeficient vlačanja χ izračunamo po znanem obrazcu (9) – opisano v poglavju 6.8.3 Koeficient vlačanja. Pri tem nam produkt koeficienta vlačanja in adhezijske obremenitve traktorja poda potrebno velikost horizontalne vlečne sile. S koeficientom vlačanja in ob poznavanju skupne adhezijske obremenitve traktorja torej lahko ugotovljamo velikost razpoložljive ali potrebne vlečne sile.

Pri vlačanju s traktorjem Woody 110 navzgor se vrednosti koeficienta vlačanja z večanjem težavnosti dela povečujejo – na povečanje vrednosti vplivajo večja bremena in tudi večji vzdolžni nakloni vlake. Največjo vrednost $\chi = 0,27$ dosežemo pri vlačanju bremena 6 m³ v najbolj strmem delu vlake (nad 30 %) in z bremenom usmerjenim z debelejším delom naprej (slika 110). Ob tem je treba poudariti, da vrednosti nasprotno orientiranega bremena v tem delu vlake ne moremo primerjati, saj se je traktor ustavil že pri vzdolžnem naklonu do 30 %. Pri drugih ciklih so vrednosti koeficienta vlačanja praviloma večje pri bremenih, usmerjenih s tanjšim delom naprej.

To ne pomeni, da s tako orientiranimi bremenami boljše izrabljamo vlečne sposobnosti traktorja – v tem primeru to pomeni, da za vlačenje takšnih bremen v resnici potrebujemo večjo vlečno silo, hkrati pa tanjši del bremena manj obremenjuje zadnji del traktorja ali zmanjšuje skupno adhezijsko obremenitev. Večje vrednosti χ so torej posledica vpliva manjše vertikalne obremenitve traktorja in tudi večje potrebne horizontalne komponente vlečne sile. Najmanjše vrednosti imamo pri vlačanju najmanjšega bremena (2 m^3) v delu vlake z nakloni do 20 % – najmanjša vrednost znaša 0,09. Pri vlačanju tolikšnih bremen je izkoristek adhezijske obremenitve traktorja res minimalen.

Pri vlačanju navzdol so koeficienti pričakovano precej manjši, saj so potrebne vlečne sile zaradi smeri navzdol manjše. Največje vrednosti nastajajo v spodnjem delu vlake pri naklonih do 20 %, saj je v tem delu zaradi manjšega naklona potrebna največja vlečna sila.

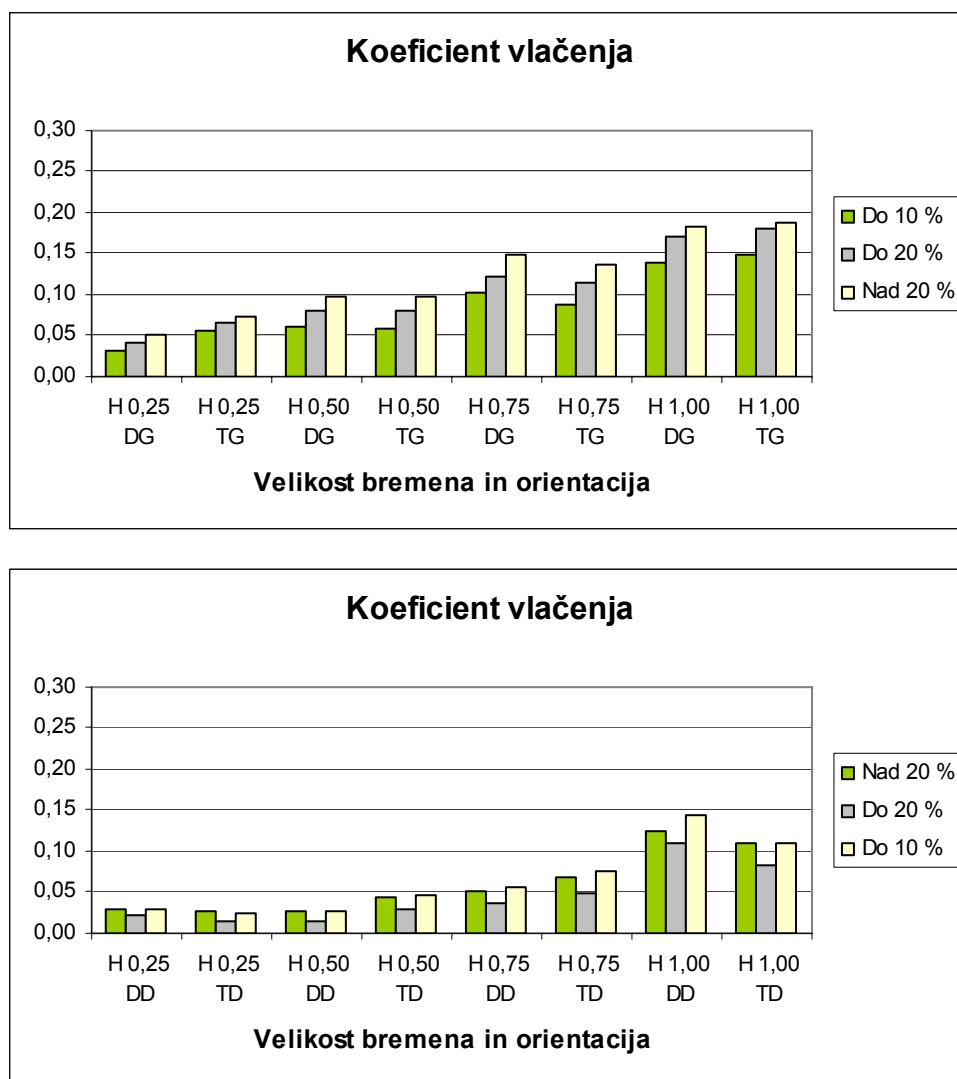
Poudariti je treba tudi to, da je merjenje vlečnih sil pri vlačanju navzdol zelo težavno in tudi dvomljivo. Pri takšnem vlačanju se bremena naslanjajo na naletno desko ali pa prosto visijo ob njej. Med samim vlačanjem, ki je izrazito dinamičen proces, se različni položaji bremena pojavljajo izmenično in brez pravila. V zgornjem, bolj strmem delu, se breme večkrat naslanja, v spodnjem delu pa je prav nasprotno. Zato je pri vlačanju navzdol tovrstne rezultate včasih težko smiselno razložiti, zaradi naključnih vplivov so pri tem tudi rezultati manj pričakovani.



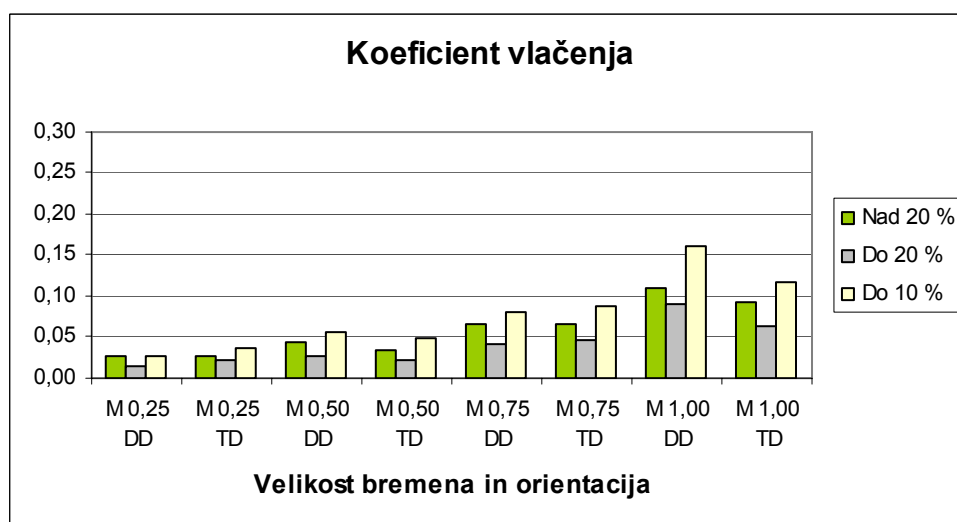
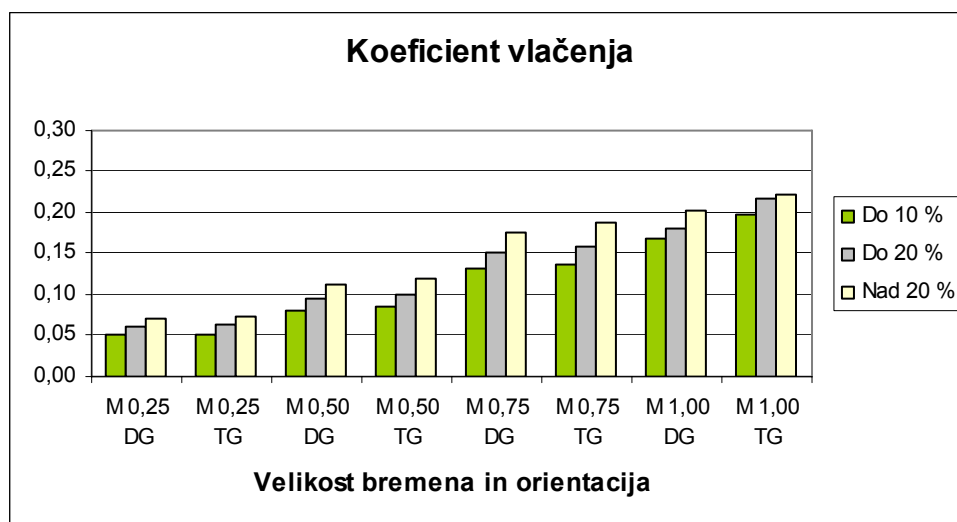
Slika 110: Woody 110 – koeficient vlačnja pri vlačanju navzgor in navzdol

Pri vlačanju s traktorjema AGT 835 T ugotavljamo zelo podobne zakonitosti kot pri večjem, zgibnem traktorju Woody 110. V tem primeru gre seveda za vlačenje bistveno manjših bremen. Pri vlačanju navzgor dosežemo največje vrednosti χ pri največjem bremenu tik pred ustavitvijo. Pri traktorju hidrostatične izvedbe smo dosegli največjo vrednost 0,19, pri traktorju mehanske izvedbe pa je bila ta vrednost 0,22. Zanimiv je izkoristek adhezijske obremenitve traktorja pri vlačanju najmanjših bremen – pri vlačanju 0,25 m³ bremena znaša koeficient le 0,03.

S traktorjem AGT 835 T smo pri vlačanju navzgor v celoti prevozili vlako le z bremeni do vključno 0,75 m³. Tako lahko ugotovimo, da smo med vlačanjem prevozili največji vzdolžni naklon 27 % in pri tem dosegli vrednost koeficienta vlačanja 0,19.



Slika 111: AGT 835 T (hidrostatični) – koeficient vlačanja pri vlačanju navzgor in navzdol



Slika 112: AGT 835 T (mehanski) – koeficient vlačanja pri vlačanju navzgor in navzdol

9 IZBIRA TRAKTORJEV

9.1 SPLOŠNO

Tovrstne meritve, vrednostne analize in spremembe merjenih parametrov dajejo koristne podatke ob ugotavljanju in opredeljevanju lastnosti oziroma tehničnih sposobnosti traktorjev v različnih pravilnih razmerah. Z izsledki takšnih raziskav lahko koristno dopolnimo vse tiste tehnične podatke, ki jih po navadi dobimo ob nakupu nekega stroja.

Traktorje za delo v gozdu lahko izbiramo po različnih kriterijih. Poleg nabavne vrednosti in ponudbe na trgu so prav tehnične značilnosti in zmožnosti posameznega stroja odločilen dejavnik ob njegovi izbiri. Na podlagi takšnih podatkov ter ob poznavanju dejanskih potreb in razmer, v katerih bomo opravljali delo s strojem, se lahko pri izbiri lažje odločamo. Pri tem so odločilni predvsem vzdolžni nakloni vlake, smer vlačjenja in velikost bremena.

S traktorji delamo v različno težkih delovnih razmerah. Traktorji, zajeti v raziskavo, predstavljajo skrajne meje, ki jih opisujemo z izmerjenimi tehničnimi parametri. Tako je traktor AGT 835 T delovno sredstvo, s katerim lahko delamo v lažjih terenskih razmerah in ob tem vlačimo majhna bremena, Woody 110 pa je, nasprotno, namenjen zahtevnejšemu delu v večjih naklonih in ob večjih bremenih.

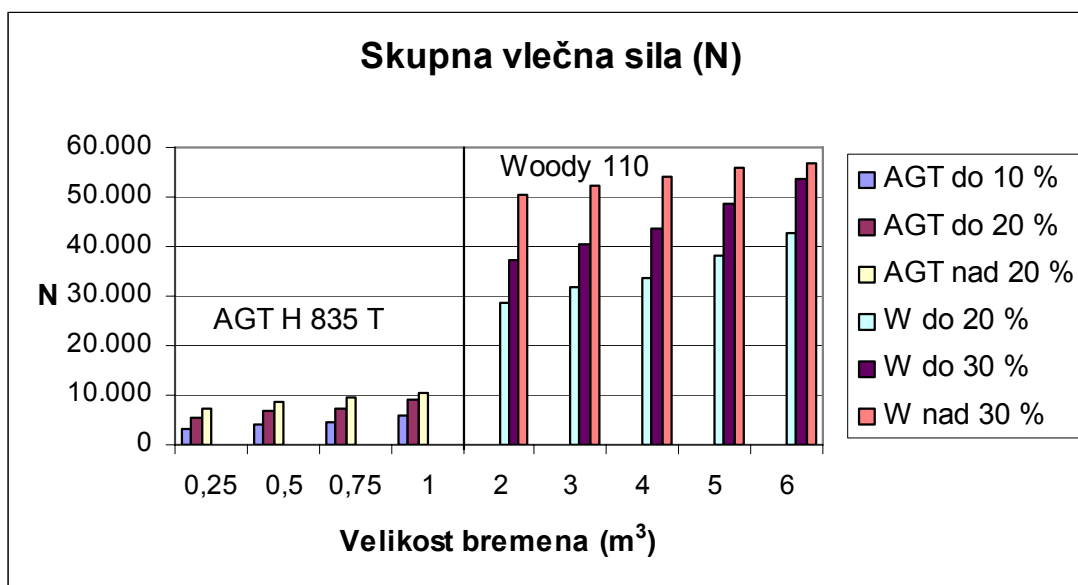
Traktorja sta po svojih tehničnih značilnostih dva popolnoma različna primerka in ponazarjata skrajnosti, ki nastajajo pri delu v gozdu. Vsi drugi traktorji so po svojih tehničnih značilnostih nekje med njima. Izmerjeni tehnični parametri torej določajo okvir, v katerem so traktorji, ki jih za naše delo lahko izberemo in za katere menimo, da so primerni za takšne ali drugačne razmere.

9.2 MOGOČI KRITERIJI OB IZBIRI

9.2.1 Skupna vlečna sila

S tem parametrom pri posameznem traktorju določamo njegovo potrebno vlečno sposobnost – glede na delovne razmere se po vrednostih lahko odločamo za tistega, ki je v konkretnih razmerah dela sposoben razviti vlečno silo, ki jo pri delu potrebujemo. Poleg vzdolžnega naklona in smeri vlačanja je pri tem odločilna tudi velikost bremena.

AGT H 835 T je namenjen občasnemu delu v gozdu. Njegovo delovno območje je lahko definirano z vzdolžnim naklonom in bremenom, ki smo ju predstavili v raziskavi. Pri vlačanju različnih bremen je v konkretnih delovnih razmerah na meji svoje sposobnosti (pri vzdolžnem naklonu nad 20 % in bremenu 1 m³) razvil največ 10.000 N skupne vlečne sile (slika 113).



Slika 113: Skupna vlečna sila traktorjev AGT 835 T in Woody 110

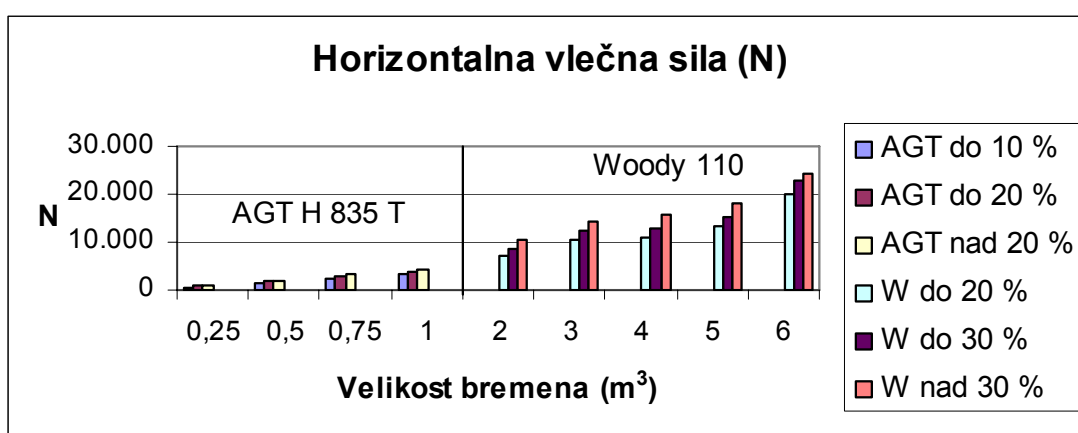
Woody 110 je druga “skrajnost” – v najtežjih delovnih razmerah lahko razvije od 50 do 60.000 N skupne vlečne sile (slika 113).

Velikost potrebne skupne vlečne sile je lahko koristen podatek, ki nam ob izbiri traktorja postavlja mejo o potrebni minimalni sili, ki jo je ob vlačanju v podobnih razmerah treba ustvariti.

9.2.2 Horizontalna komponenta vlečne sile

Pomeni vrednost, ki jo potrebujemo za vlačenje konkretnega bremena. Ob izbiri traktorja se bomo torej odločali za tiste, ki so na poteznici sposobni razviti prikazane vlečne sile.

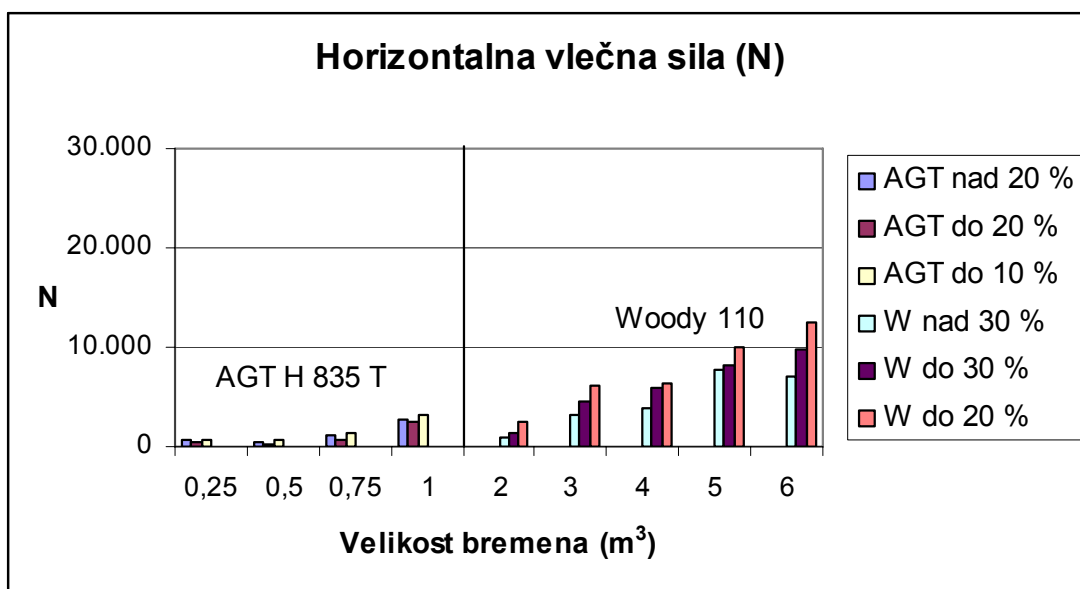
Pri vlačanju manjših bremen so potrebne bistveno manjše vlečne sile, ki jih lahko dosegamo z manjšimi in predvsem s cenejšimi stroji. Pri AGT 835 T izmerjene vrednosti znašajo okrog 4.000 N. Pri traktorju Woody 110 so potrebne sile bistveno večje – ob največjem bremenu in vzdolžnem naklonu okrog 25.000 N (slika 114).



Slika 114: Horizontalna komponenta vlečne sile za oba traktorja – vlačenje navzgor

Pri vlačanju navzgor so to mejne vrednosti, ki jih morajo izpolnjevati traktorji, izbrani za delo. Glede na naklon vlačanja in velikost bremena imamo torej znane vrednosti, ki so potrebne za delo v konkretnih delovnih razmerah.

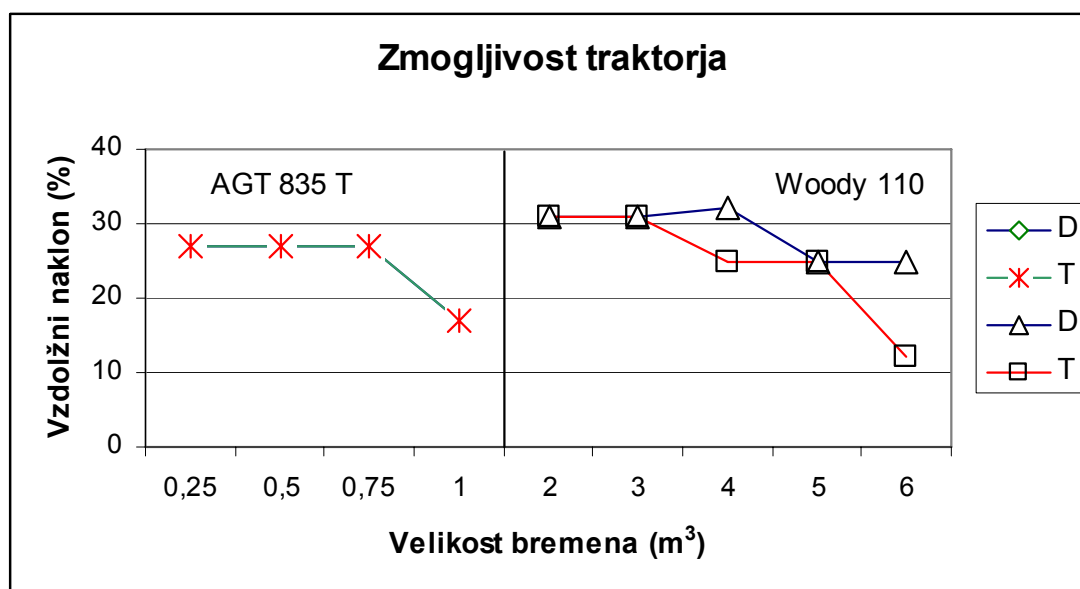
Pri vlačanju navzdol so za enako velika bremena potrebne bistveno manjše vlečne sile. V tem primeru lahko vlačimo enaka ali večja bremena tudi s tehnično manj zmogljivimi traktorji. Za največja bremena so pri traktorju Woody 110 potrebne horizontalne vlečne sile okrog 12.000 N, pri AGT 835 T pa največ 3.000 N (slika 115).



Slika 115: Horizontalna komponenta vlečne sile za oba traktorja – vlačenje navzdol

9.2.3 Vz dolžni naklon vlake, breme in njegova orientacija

Vzdolžni naklon vlake in breme sta dejavnika, s katerima tudi lahko opredelimo sposobnost posameznega traktorja. Z njima lahko pri vlačanju navzgor postavimo meje, do katerih izbrano delovno sredstvo še zmora delovati. Slika 116 prikazuje vrednosti, do katerih sta traktorja zmogla delovati.



Slika 116: Zmogljivost obeh traktorjev v različnih razmerah vlačanja

Izbrani traktor Woody 110 ne obvladuje več območja nad mejno črto, ki je opredeljena z vzdolžnim naklonom, velikostjo bremena in njegovo orientacijo. Nasprotno nam torej vrednosti pod njo prikazujejo delovne razmere (kombinacije), v katerih lahko z izbranim traktorjem vlačimo les. Traktor Woody 110 se je pri vseh bremenih zaustavil – torej smo res prišli do točk, ki pomenijo meje območja delovanja traktorja. Woody 110 je pri orientaciji bremena “debelejši naprej” (oznaka D) v dveh primerih zmozel večje naklone (zgornja črta na grafu) kot pri nasprotni orientaciji.

Traktorja AGT 835 T sta se nasprotno ustavila le med vlačanjem največjega bremena v poskusu (1 m^3). Ne glede na njegovo orientacijo se je traktor obakrat zaustavil pri istem vzdolžnem naklonu. V tem primeru torej ta točka ponazarja njegovo dejansko mejno sposobnost. Pri manjših bremenih pa je traktor zmozel vse vzdolžne naklone v poskusu. Zato vrednosti na sliki 116 predstavljajo točke, ki jih je traktor z bremenom zmozel. Upravičeno lahko domnevamo, da bi traktor s takšnimi manjšimi bremenimi zmozel tudi večje vzdolžne naklone, kot smo jih imeli v

naši raziskavi. Vendar iskanje mejnih vzdolžnih naklonov ob vlačanju manjših bremen s traktorjema AGT 835 T ni bilo cilj tokratne raziskave.

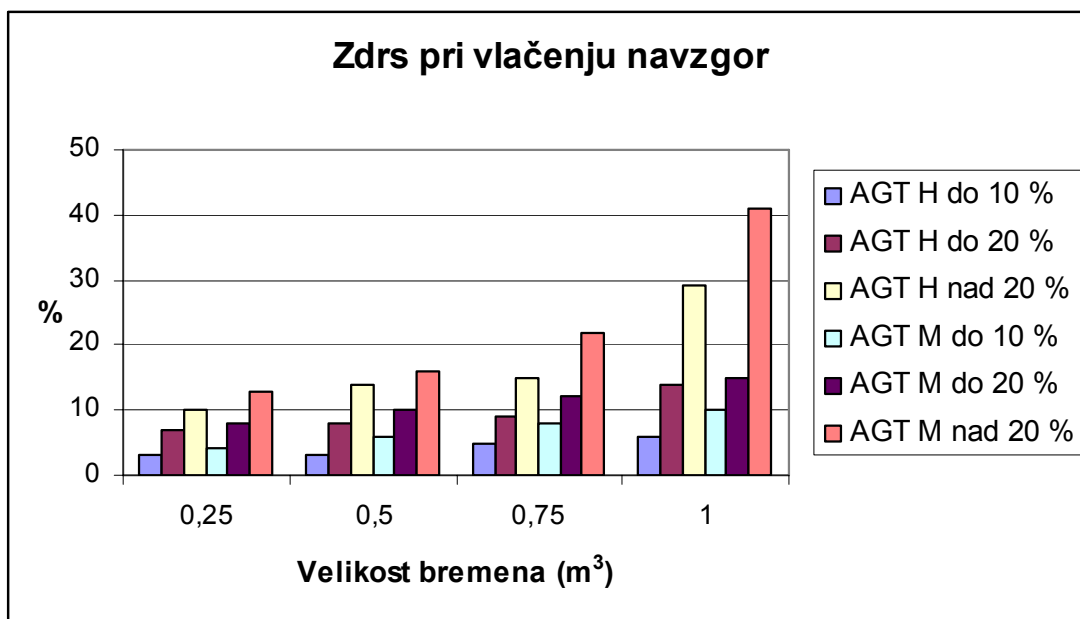
Na podlagi tako postavljenih meja in ob znanih razmerah vlačanja se lahko odločamo med tistimi traktorji, ki lahko izpolnijo naše zahteve in pričakovanja. Z orientacijo bremena »debelejši naprej« lahko dane zmogljivosti traktorja še dodatno izrabimo.

Iz predstavljenega grafikona lahko razločno razberemo, do kakšnih mejnih delovnih razmer lahko delamo z izbranim traktorjem pri vlačanju navzgor. V hipotezah smo postavili trditev, da je gozdarsko opremljeni AGT 835 T primeren tudi za delo na majhni gozdni posesti – če so konkretne delovne razmere na posesti v mejah danih vrednosti, potem lahko postavljeno hipotezo potrdimo.

9.2.4 Hidrostatična ali mehanska izvedba?

Glede na vrednost zdrsa pri traktorjih AGT 835 T lahko ugotavljamo zakonitosti njegovih večjih vrednosti pri mehanski izvedbi. Razlike so minimalne, vendar je treba znova opozoriti, da s traktorjem mehanske izvedbe vlačimo večinoma za malenkost težja bremena. Domnevamo, da je večji zdrs pri traktorju mehanske izvedbe lahko tudi posledica težjih bremen v teh primerih. Zato menimo, da neposredna primerjava vrednosti zdrsov v vseh teh primerih ne bi bila popolnoma korektna.

To lahko napravimo le pri enako velikih bremenih – takšen primer je vlačenje 1 m^3 . Tu pa ob zdrs med obema traktorjema nastajajo bistvene razlike; torej v najtežjih razmerah vlačanja – pri vlačanju navzgor, bremenu 1 m^3 in največjem naklonu (nad 20 %) tik pred ustavitvijo. Zdrs je pri traktorju AGT 835 T mehanske izvedbe bistveno večji (slika 117). S tem potrjujemo tudi postavljeno hipotezo o večjem zdrs pri traktorju mehanske izvedbe ob sicer enakih razmerah vlačanja.



Slika 117: Zdrs pri traktorju AGT 835 T hidrostatične in mehanske izvedbe

Izbor traktorja v tem primeru govori v prid hidrostatični izvedbi – imamo torej manjše vrednosti zdrsa, večji izkoristek koles in zato tudi večji izkoristek energije. Posledično je zato pri takšnem izboru traktorja tudi manj škodljivega vpliva na gozdna tla.

10 POVZETEK

Pri različnih traktorjih, ki jih lahko uporabljamo za delo v gozdu, smo ugotavljali, kolikšni so njihovi tehnični parametri in kako nanje vplivajo dejavniki, ki opredeljujejo razmere vlačanja. Na podlagi tovrstnih rezultatov se lahko odločimo, koliko so primerni za delo v konkretnih delovnih razmerah. Ob zdajšnjih ostrih ekoloških omejitvah je prav izbira primernih traktorjev za delo v gozdu zelo pomembna.

Ob odločitvi za določen traktor je koristno poznati njegove lastnosti – na podlagi teh lahko presojamo, ali je primeren za delo. V raziskavo smo zajeli več traktorjev, pri katerih smo ugotavljali vrednosti navorov, vlečnih sil in prevožene poti na posameznih kolesih, njihov zdrs, vlečne sile na vrvi in porazdelitev mase traktorja med njegov prednji in zadnji del. V ta namen smo oblikovali in izdelali metodologijo in namenu prilagojeno merilno verigo, s katero smo med vlačanjem po vlaki merili omenjene tehnične parametre. Samo oblikovanje metodologije in merilne verige sestavljata po obsegu in pomenu znaten del te raziskave.

V nalogi nas je predvsem zanimalo, koliko se merjeni parametri spreminjajo zaradi dejavnikov, ki smo jih uvrstili v raziskavo. Ti dejavniki so bili različna velikost in orientacija bremena, nakloni vlake in smer vlačanja.

Pri vlačanju lesa nas velikosti parametrov zanimajo zlasti pri spravi navzgor, saj so ti povezani z mejnimi vrednostmi, ki jih posamezni delovni stroji v konkretnih delovnih razmerah še zmorejo. Pri tem imamo v mislih zlasti vzdolžne naklone in velikosti bremen. Očitno pa je, da pri spravi ne zadošča zgolj poznavanje parametrov pri delu navzgor, čeprav so obremenitve pri spravi navzgor praviloma večje. Pri vlačanju enako velikih bremen navzdol nastajajo na strojih bistveno drugačne obremenitve, njihova odvisnost in povezanost temeljita na popolnoma drugačnih zakonitostih. Prav zato smo manjši, vendar pomemben del raziskave namenili tudi vlačanju navzdol.

V raziskavi smo se že ob izbiri objektov na terenu želeli čim bolj približati resničnim delovnim razmeram. Meritve smo opravili na vlakah, kjer tudi sicer opravljamo gozdno delo. Tako smo želeli dobiti pravo sliko celotnega dinamičnega dogajanja med vlačanjem lesa. Opisane meritve so prve te vrste na gozdarskih traktorjih v slovenskih razmerah. Opravili smo jih med vožnjo traktorjev brez bremena in v primeru vlačanja različnih bremen. Izmerjene vrednosti se ob spremembi vzdolžnega naklona vlake spreminjajo, zato smo v obeh primerih izbrali vlako, ki se od kamionske ceste v začetku rahlo vzpenja navzgor, ima konkavno obliko, njen vzdolžni naklon postopno narašča in v zgornjem, zadnjem delu doseže največjo vrednost. Vlako smo razdelili na posamezne odseke, meja med njimi je bila sprememba vzdolžnega naklona.

Tudi velikost bremen bistveno vpliva na vrednosti parametrov – glede na izbrani traktor v raziskavi smo izbrali primerna in različno velika bremena. Vlačili smo bremena sestavljena iz enega (pri traktorju AGT 835 T) oziroma štirih kosov (pri traktorju Woody 110), ti pa so bili vedno dolgi 8 m. Pri tem je bilo breme različno orientirano in v svojem prednjem delu vedno enako dvignjeno od tal. Bremena so bila oblikovana po svoji prostornini. Ob koncu poskusa smo vsa bremena tudi stehali.

Za potrebe meritev smo izdelali po štiri dinamometre in jih v poskusu vstavili na mesto med polos in kolo traktorja (merjenje navora in mase na kolo), na značilna mesta pa namestili inštrumente za merjenje poti in vlečnih sil. Vse podatke smo zajemali z uporabo posebnega programskega paketa Catman, podatki vseh ciklusov pa so se zbirali na prenosnem računalniku, nameščenem na traktorju.

V raziskavo smo uvrstili dva traktorja AGT 835 T (hidrostatične in mehanske izvedbe). Taki traktorji so v bistvu namenjeni uporabi na manjših kmetijskih površinah. Če jih gozdarsko nadgradimo, so uporabni tudi za delo v gozdu. Poleg teh dveh traktorjev smo v raziskavo uvrstili tudi večji zgibni traktor Woody 110, ki je sicer namenjen predvsem profesionalni gozdarski rabi.

Porazdelitev mase traktorja na posamezne osi med vlačanjem je eden pomembnejših tehničnih parametrov, ki smo jih ugotavljali v tej raziskavi. Ta je posledica osnovne mase traktorja in vseh dinamičnih obremenitev, ki nastajajo med vlačanjem.

Pri vlačanju s traktorjem Woody 110 sta v lažjih razmerah (vzdolžni naklon vlake do 20 % in najmanjše breme 2 m³) približno 2/3 mase na zadnji osi traktorja. Ob stopnjevanju velikosti bremena in vzdolžnega naklona dosežemo v najtežjih razmerah vlačanja razmerje 14 : 86. Pri tem je pomembno, da se prednja os nikoli ne razbremeni, saj potem stabilnost traktorja ni ogrožena. Orientacija bremena z debelejšim delom naprej pomeni 1–4 % večjo obremenitev zadnje osi traktorja. Pri vlačanju navzdol je v največji strmini masa v razmerju 44 : 56, v položnejšem, spodnjem delu pa v razmerju 29 : 71.

Pri obeh izvedbah traktorja AGT 835 T smo dobili podobne rezultate, saj imata traktorja enako maso. Masa traktorja z bremenom je pri vlačanju navzgor glede na različne delovne razmere v razmerju od 49 : 51 do 28 : 72. Pri vlačanju navzdol pa so vrednosti med 67 : 33 in 41 : 59. Torej je v tem primeru prednja os bolj obremenjena samo pri vlačanju manjših bremen v večjem naklonu.

Vrednosti navorov pri vlačanju navzgor so pri vseh traktorjih v raziskavi praviloma pozitivne, pri vlačanju navzdol pa večinoma negativne.

Pri vlačanju navzgor s traktorjem Woody 110 se vrednosti navora ob večanju vzdolžnega naklona in bremena na prednjih kolesih ne spreminjajo bistveno. V težjih razmerah (večji naklon, večje breme) so vedno pomembnejša zadnja kolesa, navor na njih se bistveno povečuje. Tudi orientacija bremena s tanjšim delom naprej praviloma pomeni večje vrednosti navora –to pomeni posledično tudi večje potrebne vlečne sile pri sicer enako velikem bremenu. Pri vlačanju bremen navzdol so vrednosti navora večinoma negativne. Vrednosti so pozitivne ob največjih bremenih, v spodnjem, najpoložnejšem delu vlake.

Pri vlačanju s traktorjema AGT 835 T navzgor imamo večje napore na prednjih kolesih le v položnejšem delu vlake. Pozneje se v večjih naklonih in ob večjih bremenih vrednosti na prednji osi bistveno ne spreminjajo, zelo pa se povečajo na zadnji osi, ki je tudi vedno bolj obremenjena z maso. Pri vlačanju navzdol ugotavljamo podobne zakonitosti kot pri večjem zgibnem traktorju – vrednosti navorov so večinoma negativne, le v spodnjem, položnejšem delu in ob največjem bremenu v poskusu pa pozitivne tudi na vseh štirih kolesih.

Zdrs je na splošno odvisen predvsem od vzdolžnega naklona vlake, velikosti bremena in njegove orientacije.

Pri traktorju Woody 110 ugotavljamo, da se vrednosti zdrsa med prednjo in zadnjo osjo skoraj ne razlikujejo. Pri manjšem vzdolžnem naklonu (do 20 %) vrednosti zdrsa ne presegajo ravni 13 %. V najbolj strmem delu vlake znašajo najvišje vrednosti okrog 21 %. Vrednosti so praviloma večje pri orientaciji bremena s tanjšim delom naprej. Med vlačanjem navzdol so vrednosti zdrsa praviloma negativne – v največji strmini znašajo okrog 14 %. Pozitivne vrednosti imamo le v najpoložnejšem, spodnjem delu vlake ob vlačanju 5 in 6 m³ bremen. V drugih primerih so vrednosti zdrsa med vlačanjem navzdol negativne.

Podobne zakonitosti ugotavljamo tudi pri obeh manjših traktorjih AGT 835 T, le da so vrednosti zdrsa na prednji osi praviloma večje ne glede na težavnost vlačanja. V delu vlake z nakloni do 10 % največje vrednosti zdrsa dosegajo raven 10 %, v srednjem delu vlake narastejo do 15 %, v največji strmini pa so največje vrednosti okrog 30 %. Zdrs v splošnem z večanjem vzdolžnega naklona vlake enakomerno narašča, le v zadnjem delu, kjer se ob najtežjem bremenu traktor ustavi, skokovito naraste. Pri vlačanju navzdol je zdrs negativen samo v zgornjem, najbolj strmem delu vlake in znaša največ 8 %. Ob manjšanju vzdolžnega naklona se zmanjšuje in je v spodnjem delu ob vlačanju večjih bremen praviloma pozitiven. Oba traktorja AGT 835 T se glede na vrednosti zdrsa minimalno razlikujeta. Praviloma ugotavljamo večje vrednosti zdrsa pri traktorju mehanske izvedbe – domnevamo, da je vzrok v načinu prenosa sil na podlago. Obenem pa je treba upoštevati, da s

traktorjem mehanske izvedbe praviloma vlačimo za malenkost večja bremena, to pa prav gotovo vpliva na izmerjene vrednosti. Največja razlika med izvedbama traktorjev nastane v zadnjem, najbolj strmem delu vlake (nad 20 %), kjer se traktorja ustavita. Traktor AGT 835 T mehanske izvedbe je z enako težkim bremenom opravil daljšo pot, ob tem pa je bil njegov zdrs tudi bistveno večji. V tem delu vlake se traktorja razlikujeta tudi do 14 %. Torej so se pred dokončno ustavitvijo traktorja AGT 835 T mehanske izvedbe kolesa bistveno več vrtela, zato je bil prenos sil na podlago tudi manj učinkovit.

Pri vlečni sili smo ugotavljali obe komponenti – horizontalno in vertikalno. Pri vlačanju navzgor pri vseh traktorjih v raziskavi ugotavljamo, da vrednosti horizontalne komponente vlečne sile z večanjem vzdolžnega naklona vlake in bremena naraščajo. Vertikalna komponenta, ki je v bistvu vrednost, s katero dodatno obremenjujemo zadnji del traktorja, pa se med vlačanjem enakega bremena ne spreminja bistveno.

Pri traktorju Woody 110 smo ugotovili, da je med vlačanjem navzgor pri orientaciji bremena tanjši naprej potrebna večja horizontalna vlečna sila. V tem primeru je večji del mase bremena v stiku s tlemi, manjši del pa ob vitlu. Največje vrednosti dosežemo v največji strmini ob vlačanju največjega bremena – okrog 24.000 N. Vrednost v bistvu pomeni mejo, ki jo traktor še lahko doseže pri vlačanju navzgor v izjemno težkih delovnih razmerah. Pri vlačanju navzdol so potrebne sile bistveno manjše – vrednosti ne presežejo 13.000 N.

Podobne zakonitosti smo ugotovili pri traktorjih AGT 835 T. Največje vrednosti pri vlačanju navzgor dosežemo v največji strmini – okrog 5.000 N, pri vlačanju navzdol pa po pričakovanju v najpoložnejšem delu vlake – vrednosti znašajo 3.600 N.

Z vrednostmi kotalnega upora η_f smo želeli prikazati, kolikšen delež skupne vlečne sile na pogonskih kolesih lahko koristno uporabimo za vlačenje bremen v

različnih razmerah. Vrednosti smo ugotavljali samo pri vlačanju navzgor, saj le tedaj lahko korektno razložimo celotno dinamiko vlačanja.

Pri traktorju Woody 110 dosega učinek kotalnega upora največ 0,46 (ob vlačanju največjega bremena in pri najmanjšem vzdolžnem naklonu vlake). Vrednosti v drugih primerih so manjše – to praktično pomeni, da za premikanje traktorja vedno porabimo več sile kot za vlačenje bremena. Pri najmanjšem bremenu znaša vrednost učinka kotalnega upora samo 0,20. Ob enako velikem bremenu se z večanjem vzdolžnega naklona vrednosti učinka kotalnega upora manjšajo – to pomeni, da se v težjih razmerah vlačanja več ustvarjene sile porablja za premikanje traktorja, manj pa je ostaja za vlačenje bremena.

Pri obeh traktorjih AGT 835 T smo ugotovili podobne zakonitosti; razlike v vrednostih nastajajo predvsem zaradi drugačnih razmerij med maso traktorja in bremenom. Pri traktorju mehanske izvedbe znaša vrednost celo 0,68 (največje breme, položnejša vlaka). Torej lahko v tem primeru za vlačenje bremena uporabimo več kot 2/3 skupne vlečne sile. Pri vlačanju najmanjših bremen v delu najbolj strme vlake (nad 20 %) pa znaša η_f pri traktorju hidrostatične izvedbe celo samo 0,14 (najmanjše breme, največji naklon vlake).

Izkoristek kolesa η_k je eden od kazalcev, ki nam pri izbranem traktorju kaže, kako uspešno izrabljamo njegove tehnične lastnosti v različnih razmerah vlačanja. Ob upoštevanju vrednosti zdrsa lahko tako ugotovimo vrednost oziroma delež skupno ustvarjene sile na kolesu, ki jo lahko porabimo za koristno delo pri vlačanju lesa.

Pri traktorju Woody 110 dosegamo najmanjši izkoristek kolesa pri najmanjšem bremenu ob vlačanju v največjem vzdolžnem naklonu: η_k znaša zgolj 0,16. Največjo vrednost $\eta_k = 0,41$ doseže ob vlačanju največjega bremena v poskusu (6 m^3) in v najpoložnejšem delu vlake. Ugotavljamo torej, da dosegamo največje vrednosti izkoristka koles ob vlačanju velikih bremen v položnejših naklonih. Pri večjih vzdolžnih naklonih se zaradi naraščanja zdrsa izkoristek koles manjša.

Enako velja tudi za manjša bremena, pri katerih samo delno izrabimo vlečne sposobnosti tega traktorja.

Pri traktorjih AGT 835 T veljajo podobne zakonitosti: izkoristek koles z večjim bremenom narašča in se zmanjšuje pri vlačanju v večjih vzdolžnih naklonih. Najmanjša vrednost η_k znaša 0,13 (najmanjše breme, največji vzdolžni naklon), najvišja ugotovljena pa 0,60 (breme 1,00 m³, položna vlaka). Bistvena razlika med obema traktorjema nastaja ob vlačanju največjega bremena v zgornjem, najbolj strmem delu vlake, kjer se je zaradi mejnih obremenitev traktor ustavil. Zaradi bistveno večjega zdrsa pri traktorju mehanske izvedbe je vrednost η_k precej manjša – ugotovili smo, da je v tem primeru traktor prevozil sicer daljšo pot, vendar je izkoristek ustvarjene vlečne sile zaradi velikega zdrsa v zadnjem delu vlačanja bistveno manjši. Ob obravnavanju tehničnih značilnosti posameznih traktorjev, ki jih izbiramo za delo v gozdu, je lahko takšna informacija, zlasti za varovanje in preprečevanje poškodovanosti gozdnih tal zelo pomembna.

S koeficientom vlačanja opišemo tudi vlečne značilnosti posameznega traktorja. Z njim prikažemo, kolikšen del skupne adhezije traktorja izrabimo za vlačenje bremena. Tako lahko s tem koeficientom in skupno adhezijsko obremenitvijo traktorja ugotavljamo velikost potrebne vlečne sile.

Pri traktorju Woody 110 dosežemo največjo vrednost $\chi = 0,27$ ob vlačanju bremena 6 m³ v najbolj strmem delu vlake (nad 30 %) in z bremenom z debelejšim delom usmerjenim naprej. Najmanjše vrednosti imamo pri vlačanju najmanjšega bremena (2 m³) v delu vlake z nakloni do 20 % – znaša 0,09. Pri vlačanju navzdol so koeficienti pričakovano precej manjši, saj so vlečne sile zaradi vlačanja navzdol manjše.

Pri vlačanju s traktorjema AGT 835 T ugotavljamo podobne zakonitosti. Pri vlačanju navzgor so največje vrednosti χ ob vlačanju največjega bremena tik pred ustavitvijo. Pri traktorju hidrostatične izvedbe smo dosegli vrednost 0,19, pri

traktorju mehanske pa 0,22. Pri vlačanju najmanjših bremen ($0,25 \text{ m}^3$) znaša koeficient le 0,03.

Na podlagi izmerjenih tehničnih parametrov in ob poznavanju razmer, v katerih bomo s traktorjem opravljali delo, lahko izberemo primeren traktor. Traktor AGT 835 T je primeren za delo v lažjih terenskih razmerah – pri tem vlačimo majhna bremena, Woody 110 pa je, prav nasprotno, namenjen zahtevnejšemu delu v večjih naklonih in za vlačenje večjih bremen. Drugi traktorji, ki jih lahko izberemo za delo, so po tehničnih značilnostih nekje vmes.

Izbiramo po različnih kriterijih. Pri tem nam lahko pomaga informacija o skupni ustvarjeni vlečni sili, ki jo v konkretnih delovnih razmerah razvije izbrani traktor. Ob poznavanju potrebnih vlečnih sil izbiramo med tistimi stroji, ki takšne sile lahko ustvarijo. Podobno si pomagamo tudi s podatkom o velikosti horizontalne vlečne sile, ki jo potrebujemo za vlačenje bremena. Vzдолžni naklon vlake in breme sta dejavnika, s katerima opredelimo tehnične zmožnosti posameznega traktorja. Z njima postavimo meje, do katerih z izbranim delovnim sredstvom še zmoremo opravljati delo. V težjih spravičnih razmerah je treba to upoštevati in izbrati traktor, ki bo ustrezal večji zahtevnosti. Na podlagi postavljenih meja in ob znanih razmerah vlačanja se lahko odločamo med tistimi traktorji, ki lahko izpolnijo naše zahteve in pričakovanja. Tudi podatek o velikosti zdrsa pri hidrostatični oziroma mehanski izvedbi traktorja lahko pomembno vpliva na odločitev pri izbiri. V raziskavi smo ugotovili, da pri vlačanju največjega bremena nastaja bistveno večji zdrs pri traktorju mehanske izvedbe – izbor v tem primeru govori v prid hidrostatični izvedbi. Pri takšnem traktorju je škodljivost vpliva na gozdna tla manjša.

Kompleksno ovrednotenje posameznih vrednosti in njihove medsebojne vzročne povezanosti kaže na zmogljivost posameznega stroja, obenem pa tudi na njegovo omejenost in primernost za delo v posebnih delovnih razmerah. Oblikovana

metodologija in merilna veriga bosta v prihodnje lahko v pomoč pri podobnih raziskavah transporta lesa z različnimi delovnimi sredstvi.

11 SUMMARY

Various types of tractors which can be used in forest operations were studied for their technical parameters and dependence upon the factors underlying the conditions of skidding. The results obtained are very useful in determining the suitability of a tractor for work in the actual working conditions. Given the existing strict ecological requirements, the selection of the most appropriate tractor to be used in forest operations is a matter of utmost importance.

The decision to use a certain tractor should be based on detailed knowledge of its features, as these are the best guides to the work suitability of the machine. The research covered several tractor types for which torque, tractive force and distance travelled on individual wheels were recorded and studied in addition to wheel slip, tractive force exerted upon tow rope and the distribution of tractor weight over its front and rear parts. For the purpose of the research, a new methodology and a specific measurement chain were devised to measure the above mentioned technical parameters of tractors during skidding. Development of the new methodology and the measurement chain took up a significant part of the research, both in scope and importance.

The main objective of the research task was to determine the extent of changes in the measured parameters occurring as a result of the studied impact factors, namely the size and position of load, skid trail gradient and direction of skidding.

The values of the above parameters are of particular importance in uphill skidding as they are linked to the maximum values tractors can deliver in real working conditions. The most important parameters in this respect are longitudinal gradient and load size. It is evident that in planning skidding operations, the knowledge of uphill skidding parameters alone is not sufficient although the pressure is generally higher in this type of operation. In downhill skidding of equal-size logs, the pressure upon the machine is completely different from that recorded in uphill skid, its dependence and relations based on a set of highly specific rules and principles.

In view of the above considerations, a smaller yet equally important part of the research focused on downhill skidding.

In conducting the research, our aim was to ensure that the conditions in the test area resembled the actual working conditions to the highest possible extent, and this objective was also kept in mind in the selection of research sites. The measurements were recorded on skid trails where forest operations are normally carried out. We hoped to obtain a detailed picture of the entire dynamic work cycle typically associated with timber skidding. The measurements conducted were the first records of forestry tractors taken in Slovenia. Tractors were tested when driving loaded and when driving empty. As the measured values depend on the changes in slope gradient, we selected a skid trail which starts from a truck roadside with a slight ascent and is concave in form; its longitudinal gradient increases gradually and reaches its highest value in the upper section of the trail. The skid trail was divided into sections which were separated on the basis of the change in longitudinal gradient.

Load size has an important effect on parameter values. Loads of different sizes were determined with a view to the selected tractor. The object of skidding was a load consisting of either one item (for the AGT 835 T tractor) or four items (Woody 110), all of them 8 m long. The position or orientation of the load varied, but the lift from the ground at its front end remained the same. The loads were shaped according to their volume. At the end of the experiment, the loads were weighed.

For the purpose of measurements to be conducted, four dynamometers were made and built in the lead point between the axle and the tractor wheel (measurements of torque and weight to the wheel), whereas instruments for measuring the distance travelled and the tractive force were installed onto characteristic points. Data entry was performed with a special software package Catman, and the cumulative data of all cycles was compiled on a laptop installed on the tractor.

The research studied two AGT 835 T tractors (hydrostatic and mechanical version). These tractors are mainly intended for use in small agricultural areas. Given proper forestry upgrade, they can also be used in forest operations. In addition to the mentioned AGT 835 T, a large Woody 110 tractor was tested, which is generally intended for professional forestry use.

Distribution of tractor weight over the axles during skidding is one of the most important technical parameters studied in the research. It depends on the weight of the tractor and all dynamic loads exerted upon the machine during the drive.

In skidding operations performed with Woody 110, approximately two thirds of the weight is on the rear tractor axle in skidding over easy terrain (up to 20 %, minimum load 2 m³). As the load size and the longitudinal gradient increase, the ratio climbs to 14 : 86 in most difficult skidding conditions. It is important that in no case the load is fully removed from the front axle, as it would threaten the stability of the tractor. Positioning of the logs with thick end forward increases the load on the rear tractor axle by 1–4 %. In downhill skidding, distribution of weight over axles is 44 : 56 on high-gradient slopes, whereas in the lower section of the skid trail it is 29 : 71.

Similar results have been obtained in both versions (hydrostatic and mechanical) of AGT 835 T, as the tractors have the same weight. Distribution of the weight of a loaded tractor in uphill skidding ranges between 49 : 51 and 28 : 72, depending on work conditions. In downhill skidding, the values range between 67 : 33 and 41 : 59. A conclusion can be made that in downhill skid, the front axle is more loaded only in skidding small-size loads over high-gradient slopes.

Torque values in uphill skidding in all researched tractors are normally positive, and in downhill skidding they are negative.

As for Woody 110, torque values did not change significantly in uphill skidding if the longitudinal gradient and the load to front wheels grew. In skidding under hard

conditions (higher gradient, heavier load), rear wheels assume a very important role as the torque on rear wheels increases considerably. Positioning of the load with thin part forward normally means higher torque values and, consequently, higher tractive power needed for the transport of an equal-size load. In downhill skidding, torque values are normally negative. The torque is only positive in the skidding of maximum loads over the lower, flat section of the skid trail.

As for the AGT 835 T tractor, the torque to front wheels only increases in the low-gradient part of the skid trail. In steeper gradient reaches and for higher loads, front axle values do not undergo any significant changes, in contrast to the rear axle which is under increasing pressure, both as regards weight and torque. In downhill skidding, the results obtained were similar to the results of the large tractor – torque is mainly negative, only reaching positive figures on all four wheels in the lower, low-gradient section of the skid trail and when carrying the maximum load.

Wheel slip mainly depends on the longitudinal gradient, load size and load positioning and orientation.

As regards Woody 110, wheel slippage was fairly the same for the front and rear axles. On slopes of low longitudinal gradient (up to 20 %), it does not exceed the level of 13 %. In the steepest reaches of the trail, however, it climbs to 21 %. Wheel slippage rates are normally higher if the load is positioned thin part forward. In downhill skidding, wheel slip is negative, amounting to 14 % in highest gradient slopes. The values are only positive in the lower, flat section of the skid trail provided 5 and 6 m³ loads are transported. In all other cases, slip values in downhill skidding are negative.

Similar results have been obtained in testing both small AGT 835 T tractors. The only difference is that wheel slip is usually higher on the front axle, regardless of the difficulty of skidding. In the skid trail section with slope gradients up to 10 %, wheel slip reaches the level of 10 %, rising to 15 % in the middle-gradient section

and climbing to 30 % in the steepest reaches of the skid trail. Generally speaking, wheel slip increases in line with longitudinal gradient. The only exception is the last section of the skid trail where, if carrying maximum loads, the tractor stops and wheel slippage rate rises dramatically. In downhill skidding, wheel slippage is only negative in the upper, steepest section of the trail, amounting to 8 % at most. It drops as longitudinal gradient lowers, and in the lower section of the skid trail the values are normally positive in the skidding of large loads. The results have only shown slight differences between the two AGT 835 T tractors. Wheel slippage is normally higher in the mechanical tractor, probably due to the method of transmission of forces onto the ground. Besides, it needs to be considered that slightly larger loads are transported with the mechanical tractor, which undoubtedly has a certain effect on the recorded slippage rate. Differences in values obtained are highest for the last, steepest section of the skid trail (more than 20 %), where the tractors had actually stopped. The AGT 835 T tractor (mechanical version) carrying an equally heavy load travelled a longer distance, and recorded significantly higher wheel slippage. The difference between the two tractors amounted to 14 % in this skid trail section. In conclusion, the final stoppage of the AGT 835 T tractor was preceded by a significant increase in the wheel rotational speed, less efficient transmission of power onto the ground and, consequently, higher ground disturbance.

The horizontal and vertical components of the tractive force were studied. It has been found that in uphill skidding, in all tractors included in the research, horizontal tractive force increases as the load and the longitudinal gradient of the skid trail rise. Vertical tractive force, representing the value of an additional load exerted onto the rear part of the tractor, does not change considerably during skidding of an equal-size load.

It has been established that in Woody 110, a higher horizontal tractive force was required in uphill skidding of a load positioned thin end up. In this case, the greater part of load weight is in contact with the ground and only a smaller part of load weight is near the winch. The tractive force is highest in skidding maximum loads

over steepest slopes, the tractor generating approximately 24,000 N. This value actually represents the maximum capacity of the tractor in uphill skidding in extreme working conditions. In downhill transport the tractive force is significantly lower, never exceeding 13,000 N.

Similar values were obtained for the AGT 835 T tractors. In uphill skidding, the highest tractive force was generated on steepest slopes, reaching about 5,000 N, whereas in downhill skidding the values were highest in the low-gradient section, amounting to 3,600 N.

The rolling resistance η_f was used to determine the proportion of the total tractive force on drive wheels that can be used in skidding loads in various conditions. The rolling resistance was only determined for uphill skidding as it is only in uphill skidding that the entire dynamics of the skidding process can be properly explained.

As regards Woody 110, the impact of rolling resistance is 0.46 at most (when skidding maximum loads and when skidding over lowest gradient section of the skid trail). In other circumstances, rolling resistance values are lower, which means that a higher force is needed to set the tractor in motion than to skid the load. In skidding smallest loads the rolling resistance recorded was only 0.20. If the tractor is loaded with an equal-size load and the slope increases, the rolling resistance drops. Under harsh skidding conditions, a greater part of the generated force is used to set the tractor in motion and only a smaller part of the force can be used for the actual log skidding.

Similar findings have been observed in both AGT 835 T tractors. Differences in values are mainly caused by different proportions between the weight of the machine and the weight of the load. The value recorded in the mechanical tractor rose to 0.68 (maximum load, low-gradient skid trail). Therefore, more than two thirds of the total tractive force can be used for load skidding. In skidding minimum

loads over steepest slopes (over 20 %), η_f is only 0.14 in the hydrostatic tractor (minimum load, highest gradient).

Tractor wheel efficiency η_k is an indicator which shows how efficiently the technical characteristics of the selected tractor are applied in diverse skidding conditions. Provided wheel slippage is also taken into account, the value obtained presents the share of the total force generated on the wheel that can be used for performing timber skidding.

Wheel efficiency rate in Woody 110 was only 0.16 in skidding minimum loads over steepest slopes. The highest value $\eta_k = 0.41$ was achieved in skidding the heaviest loads included in the test (6 m³) over the lowest gradient reaches of the skid trail. We can conclude that the wheel efficiency is highest in the skidding of large loads over low gradient slopes. If the gradient increases, wheel efficiency drops due to a higher risk of wheel slippage. Wheel efficiency also declines in skidding small loads when the traction capacity of the machine is only used in part.

Similar findings have been observed in the AGT 835 T tractors. Wheel efficiency rises with the size of the load and drops in skidding across slopes of high longitudinal gradient. The lowest value of η_k was 0.13 (minimum load, highest longitudinal gradient), and the highest established value was 0.60 (load 1,00 m³, low-gradient skid trail). Significant differences between the two tractors were observed in the transportation of the maximum load in the upper, steepest section of the skid trail where the tractor stopped due to excess loading. Considerably higher wheel slippage rates in the mechanical tractor resulted in significantly lower η_k values. It was found that the tractor travelled a longer distance but the efficiency use of the generated traction force was much lower on account of high slippage rate in the last section of the skid trail. An examination of the technical characteristics of tractors to be selected for forest operations shows that this information is of utmost importance, in particular as regards ground disturbance and damage.

The traction coefficient is used to describe the traction characteristics of a tractor. The coefficient indicates what proportion of the total adhesion is actually used for load skidding. Consequently, the required tractive force can be determined on the basis of the traction coefficient and the total adhesion load.

In Woody 110, the highest value $\chi = 0.27$ is achieved in skidding 6 m³ load over the steepest section of the skid trail (over 30 %), the load positioned thick end forward. Traction coefficient values are lowest (0.09) in skidding minimum loads (2 m³) over the section of the skid trail with a slope gradient of up to 20 %. As expected, the coefficients decrease in downhill skidding, when the traction force is smaller.

Similar findings have been observed in the AGT 835 T tractors. In uphill skidding, χ is highest when maximum load is hauled, just before the tractor stops. The value for the hydrostatic tractor was 0.19, and it was 0.22 in the mechanical version of the tractor. In small load skidding, the traction coefficient is only 0.03.

The most suitable tractor can be selected on the basis of measured technical parameters and knowledge of existing conditions in the forest where forest operations are to be performed. The AGT 835 T tractor is a work tool which can be used in easy terrain conditions, in skidding small loads, whereas Woody 110 is intended for more demanding operations in high-gradient slopes and for skidding of large loads. The other available tractors can be classified between these two in terms of technical characteristics.

Selection of a tractor can be made on the basis of several criteria. Data on the total tractive force that a selected tractor can develop in concrete working conditions may facilitate the decision-making process. If the required tractive force is known, only the tractors that can generate that power are considered in the selection. In the decision-making process, data on horizontal tractive force required for skidding of the load is also useful. Longitudinal gradient and load are

two factors which help determine the technical capacity of a tractor. These factors are used to set the maximum limits of a tractor's performance. The maximum limits are to be considered, especially if the skidding conditions are demanding, so that the selected tractor is able to meet higher demands. When the goals are set and skidding conditions known, we can decide which of the tractors that meet our requirements and expectations is the most suitable. At this point, the information on wheel slip in hydrostatic or mechanical versions of the machine can have a decisive influence. The research has shown that in skidding maximum loads the wheel slip is significantly higher in tractors of mechanical version. In this case, the selection clearly favours the hydrostatic transmission version. as it makes less damage to forest ground.

Complex evaluation of certain values and their causal relationships indicate the capacity of a tractor, thereby showing its limitations and suitability for work in specific working conditions. In the future, the new methodology and measurement chain will be of great help in execution of similar research projects studying wood transportation with various means.

12 ZAHVALA

Raziskava je nastala v okviru projekta »Tehnologija pridobivanja lesa in vplivi na gozdno okolje« na Oddelku za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire – Katedra za gozdno tehniko in ekonomiko. Za vsestransko pomoč med terenskimi snemanji in pozneje pri oblikovanju naloge se zahvaljujem vsem svojim sodelavcem na oddelku.

Ves čas nastajanja naloge smo tesno sodelovali s strokovnjaki s Kmetijskega inštituta Slovenije in Gozdarskega inštituta Slovenije, s podjetjem VILPO Ljubljana, Zavodom za gozdove Slovenije, Gozdnim gospodarstvom Postojna in podjetjem GOZD Ljubljana. Za vso pomoč, zlasti pri opravljanju terenskega dela raziskave, sem vsem naštetim zelo hvaležen.

Od prvih idejnih začetkov raziskave pa do njene končne oblike mi je mentor prof. dr. Boštjan Košir ves čas pomagal s številnimi nasveti – za njegovo vloženo delo, vzpodbude in trud se mu najlepše zahvaljujem.

Za pomoč in koristne napotke pri oblikovanju naloge se zahvaljujem tudi prof. dr. Dubravku Horvatu s Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Med celotnim podiplomskim študijem sem bil deležen popolnega razumevanja tudi v svoji družini, skupaj smo premagovali ovire. Mojim dekletom: Cilki, Urši in Niki – hvala lepa!

13 LITERATURA IN VIRI

- Ajvaz V. 1969. Merenje deformacija i naprezanja u strojarstvu i građevinarstvu.- Zagreb, Tehnička knjiga, 139 str.
- Bashford L., Kocher M. 1999. Belts vs tires, belts vs belts, tires vs tires. Applied-Engineering-in-Agriculture. 1999, 15: 175-181.
- Bekker M. G. 1956. Theory of Land Locomotion. The University of Michigan Press, 499 str.
- Bekker M. G. 1960. Off The Road Locomotion. The University of Michigan Press, 220 str.
- Bernik R., Godeša T. 1994. Zdrs na travni ruši. V: Zbornik simpozija Novi izzivi v poljedelstvu, Kočevje, 7. in 8. september 1994. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 223-229.
- Dwyer M., Okello J., Cottrell F. 1991. The effects of various design parameters on the tractive performance of rubber tracks. V: 5th European Conference of the International Society for Terrain Vehicle Systems, Budapest, Hungary, 4-6 September 1991: 278-285.
- Godeša T., Bernik R. 1998. Vpliv hidrodinamične sklopke na zdrs pogonskih koles traktorja na travni ruši. V: Novi izzivi v poljedelstvu: zbornik simpozija, Dobrna, 3. in 4. december 1998: 146-150.
- Hassan A. 1986. Effect of tire size and pressure on the performance of skidders. V: International Symposium on Agricultural Engineering, Pretoria, South Africa, 20-24 January 1986; CIGR Technical Sections I, II and III. Volume II. 1986: 171-179.

Horvat D. 1987. Skidder wheel torques measuring. V: 9th international conference of the International Society for Terrain Vehicle Systems, Barcelona, Spain, 31 August-4 September 1987: volume 2, 541-548.

Horvat D. 1990. Predviđanje vučnih karakteristika šumskog zglobnog traktora – skidera. *Mehanizacija šumarstva*, 15, 7/8: 113-118.

Horvat D. 1993. Prilog proučavanju prohodnosti vozila na šumskom tlu: doktorska disertacija (Fakultet strojarstva i brodogradnje sveučilišta u Zagrebu). Zagreb, samozaložba: 234 str.

Horvat D. 1993. Prilog poznavanju dinamike bogie sustava kotača. *Mehanizacija šumarstva*, 18, 3: 105-176.

Horvat D. 1996. Traction parameters of four skidders used for wood transportation in mountain forest thinning. V: *Proceedings of the Seminar on Environmentally Sound Forest Roads and Wood Transport*, Sinaia, Romania, 17-22 June: 377-381.

Jacke H., Drewes D. 2004. Krafte, Schlupf und Neigungen – ein Beitrag zur Terramechanic forstlicher Arbeitsmaschinen. *Forst und Holz*, 59, 6: 259-262.

Jejčič V. 1999. AGT 835 T. *Tehnika in narava*, 3, 3: 8-9.

Jejčič V. 2000. Hidrostatična transmisija. *Tehnika in narava*, 4, 3: 18-19.

Jejčič V. 2000. Hidromehanska traktorska transmisija. *Tehnika in narava*, 4, 4: 19-22.

Jejčič V. 2001. Hidrostatični traktor AGT 835T. *Tehnika in narava*, 5, 3: 4-6.

Jejčič V. 2002. Dve gozdarski izvedbi AGT 835 T. *Tehnika in narava*, 6, 4: 5-7.

Jejčič V., Poje T., Marenče J., Košir B. 2001. Razvoj mjerne opreme za šumarski traktor Woody 110. V: Zbornik radova 29. mednarodnog simpozija iz področja mehanizacije poljoprivrede, Opatija, 6.-9. veljače 2001. Zagreb, Zavod za mehanizacijo poljoprivrede: Agronomski fakultet, 2001: 111-117.

Jejčič V., Poje T., Marenče J., Košir B. 2003. Razvoj mjerne opreme za šumarski traktor AGT 835 sa mehaničkom i hidromehaničkom transmisijom. V: Proceedings of the 31. international symposium on agricultural engineering, Opatija, Croatia, 24.-28. February 2003. Zagreb, Zavod za mehanizacijo poljoprivrede, Agronomski fakultet Sveučilišta: 65-74.

Jenčič R. 1979. Istraživanje faktora, koji utiču na izbor mašina za mehanizaciju radova na individualnim gazdinstvima u brdsko planinskom području Slovenije: doktorska disertacija Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet Beograd-Zemun). Beograd, samozaložba, 188 str.

Kalan P. 1994. Določanje momentalne vlažnosti tal: laboratorijski protokol - interno gradivo, Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije: 2 str.

Krpan D. 1962. Motorna vozila. Zagreb: 134 str.

Koger J., Trowse A., Burt E., Iff R., Bailey A. 1984. Skidder tire size vs. soil compaction in soil bins. Transactions of the ASAE – American Society of Agricultural Engineers: 665-669.

Košir B. 1997. Razvoj traktorja Woody se nadaljuje. Gozdarski vestnik, 55, 7/8: 365-369.

Košir B. 1997. Pridobivanje lesa. Ljubljana, BF – Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 330 str.

Košir B. 1998. Poškodbe gorskih smrekovih sestojev zaradi pridobivanja lesa. V: Gorski gozd - zbornik referatov. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 95-107.

Košir B., Lipoglavšek M. 1999. Entwicklung des forstlichen Knickschleppers WOODY mit hydrostatischem Antrieb in Slowenien. V: Mechanisierung der Waldarbeit : 33. Internationales Symposium :Zalesina, Delnice, Senj, 1.- 6. juli 1999 : sammelbuch. Zagreb, Universität Zagreb, Forstliche Fakultät, Institut für Forstbenutzung: 123-139.

Košir B. 2000. Lastnosti prenosa sil na podlago pri traktorju Woody 110. Gozdarski vestnik, 58, 3: 139-145.

Marenče J. 1997. Izbor in gospodarnost prilagojenih tehnologij pridobivanja gozdnih lesnih sortimentov v zasebnih gozdovih : magistrsko delo, Ljubljana, samozaložba: 141 str.

Marenče J. 2002. AGT 835T z verigami v gozdarski rabi., Tehnika in narava, 6, 4: 11.

Marsili A., Servadio P. 1994. Evaluation of the use of rubber tracks. Informatore-Agrario (Rome), 50,11 : 101-105.

McDonald T., Stokes B., Wilhoit J. 1993. Field evaluation of skidder tire tractive performance. Applied-Engineering-in-Agriculture: 571-576.

McKyes E. 1985. Soil Cutting and Tillage. Ste-Anne de Bellevue, Quebec, Canada, McDonald College of McGill University, Department of Agricultural Engineering: 215 str.

Nikolić I., Pucuca S. 1992. Some advantages of crawler tractor with rubber tracks. Trends in agricultural engineering, Prague: 362-367.

- Owende P., Lyons J., Haarlaa R., Peltola A., Spinelli R., Molano J., Ward J. and S. 2002. Operations protocol for eco-efficient wood harvesting on sensitive sites. european union fifth framework programme on the quality of life and management of living resources: 74 str.
- Piria I. 1987. Instrumenti za električno mjerenje mehaničkih veličina u poljoprivrednom strojarstvu. Zagreb: 35 str.
- Poje T. 1996. Potrošnja energije radom traktora s priključcima za različite načine obrade tla: magistrsko delo. Zagreb, samozaložba: 64 str.
- Prebble R., Blundell W., Robertson E., Cossens P. 1989. A project to investigate the use of wide tyres on a skidder in New Zealand: project-Report. (No. P.R. 45) New Zealand Logging Industry Research-Association.
- Resulović H. 1971. V: Uzimanje uzorka tla za određivanje vodno-fizičkih i fizičko-mehanskih svojstava tla: priručnik za ispitivanje zemljišta. Knjiga V. Metode istraživanja fizičkih svojstava zemljišta. Beograd: 37 str.
- Robek R., Medved M. 1999. Some environmental and ergonomic stresses during logging with skidders Woody 110 and Belt 70. V: Emerging harvesting issues in technology transition. September 27- October 1, 1999, Opatija, Croatia. Zagreb, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu: 101.
- Robek R. 1994. Vplivi transporta lesa na tla gozdnega predela Planina Vetrh. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 45: 55-114.
- Robek R. 1997. Merjenje in ocenjevanje sprememb fizikalnih lastnosti. V: Gozdna tla - temeljna sestavina gozdnega ekosistema: posvetovanje: 25.- 26. september 1997, Poljče, Pokljuka, Ljubno. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije: 37.

- Robek R., Krajnc R. 2001. Analiza vlažnosti tal ob meritvah tehničnih parametrov pri vlačanju lesa z zgibnim traktorjem Woody 110: ekspertiza - delovno gradivo. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije: 8 str.
- Saarilahti M. 2002. Soil Interaction Model. University of Helsinki, Department of Forest Resource Management: 87 str.
- Saarilahti M., Ala-Ilomaki J. 1997. Measurement and modelling of wheel slip in forwarding on moraine forest floor. *Scandinavian-Journal-of-Forest-Research*, 12, 3: 316-319.
- Sever S. 1980. Istraživanja nekih eksploatacijskih parametara traktora kod privlačenja drva: doktorska disertacija (Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet). Zagreb, samozaložba: 301 str.
- Sever S. 1984. Istraživanja nekih eksploatacijskih parametara traktora pri privlačenju drva. *Glasnik za šumske pokuse*, 22, 133-303.
- Sever S. 1985. Rezultati istraživanja korisnosti zglobnih traktora. *Strojarstvo*, 27, 2: 79-86.
- Sever S. 1987. Dynamic loading of skidder axles at wood skidding. V: 9th international conference of the International Society for Terrain Vehicle Systems, Barcelona, Spain, 31 August-4 September 1987: volume 2, 531-540.
- Sever S. 1990. Skidder traction factors. *Journal of Forest Engineering*. 1/2: 15-23.
- Stout B., Cheze B. 1999. CIGR Handbook of Agricultural Engineering – Volume III - Plant Production Engineering. The International Commission of Agricultural Engineering: 632 str.

- Tomasić Ž. 1994. Najveći uzdužni nagib traktorskih prometnica u svezi s projektiranjem i načinom njihove izgradnje te svojstvima traktora za privlačenje drva: magistrski rad (Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet), Zagreb, samozaložba: 119 str.
- Todorović J. 1986. Ispitivanje motornih vozila. Beograd, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet: 370 str.
- Vuksanović B. 1973. Mjerenje na motorima i vozilima. Zagreb, Visoka tehnička škola KoV JNA: 167 str.
- Ziesak M., Matthies D. 2001: Untersuchungen zur last- und innendruckabhängigen Aufstandsfläche von Forstspezialreifen. Forsttechnische Informationen, 9/10: 104–110.
- Wasterlund I. 1989. Strength components in the forest floor restricting maximum tolerable machine forces. Journal of Terramechanics, 26, 2: 177-182.
- Wasterlund I. 1992. Extent and causes of site damage due to forestry traffic. Scandinavian Journal of Forest Research, 7, 1: 135-142.
- Wong J. Y. 2001. Theory of Ground Vehicles. Ottawa, Carleton University, Department of Mechanical and Aerospace Engineering, 528 str.