

Prispelo/Received: 1988, april

Oxf. 375.13:377.2:305/306:(481)

## UČINKOVITOST VEČBOBENSKEGA ŽIČNEGA ŽERJAVA MOXY NA KRATKIH RAZDALJAH — PRIMER SELBU

Boštjan KOŠIR\*

### Izvleček

*Poleti l. 1987 smo proučevali spravilo lesa z večbobenskim žičnim žerjavom Moxy v Južnem Trondelagu, pokrajini Selbu na Norveškem. Ugotavljali smo učinkovitost žerjava Moxy pri spravilu celih dreves smreke na kratkih razdaljah. Površina goloseka je merila 1.03 ha, povprečna lesna zaloga 205 m<sup>3</sup>/ha. Meritve smo opravili na petih različnih trasah in ugotovili vpliv naklona terena, pravih razdalj in velikosti bremena na dnevne učinke. Med različnimi preizkušanimi tipi regresijskih krivulj je izbrana eksponentna krivulja najbolj pojasnila proučevane odvisnosti. Rezultati so pokazali, da je žerjav Moxy pri spravilu celih dreves navzdol na kratkih razdaljah in na težkih terenih zelo učinkovit stroj.*

*Ključne besede: žični žerjavi, spravilo lesa, Moxy, Norveška.*

## PRODUCTION OF THE MOXY CABLE CRANE OPERATING AT SHORT DISTANCES — SELBU CASE STUDY

Boštjan KOŠIR\*

### Abstract

*In the summer of 1987 we studied the operations of the Moxy cable crane in South Trondelag county, Selbu district, Norway. Production rates for Moxy cable crane were established for short distance skidding of whole spruce trees. Clearcut area had 1.03 ha with the average standing volume of 205 m<sup>3</sup>/ha. We studied performance in 5 different settings. The stress was given on evaluation of the slope, distances and load size influence on daily production rates. Exponential type of regression analysis showed among some other tested the best significance. The results show that the Moxy cable crane is a very efficient machine for skidding whole trees downhill at short distances and in difficult terrain.*

*Key words: cable crane, skidding, Moxy, Norway.*

---

\* mag., dipl. inž. goz., Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo, 61000 Ljubljana, Večna pot 2, YU

## KAZALO VSEBINE

PREDGOVOR	7
1. UVOD	7
2. METODOLOGIJA	7
2.1. Večbobenski žični žerjav Moxy	7
2.2. Delovišče in delovna metoda	8
2.3. Metodologija meritev	12
3. REZULTATI	12
3.1. Produktivni časi delovnih operacij	13
3.2. Velikost bremena	17
3.3. Dnevni učinki	19
4. RAZPRAVA	20
5. POVZETEK	22
6. SUMMARY	23
7. LITERATURA IN VIRI	23

## **PREDGOVOR**

Raziskavo sta predlagala predstojnik oddelka za Gozdno delo in tehniko pri Norveškem gozdarskem raziskovalnem inštitutu prof. dr. Ivar SAMSET in avtor. Je del avtorjevega raziskovalnega programa pri Inštitutu za gozdno in lesno gospodarstvo v Ljubljani.

Avtor se za organizacijo terenskih meritev in nasvete pri delu zahvaljuje prof. dr. Ivarju SAMSETU, prof. Reidarju SKAARU, Tore VIKU, Ragnarju STROMNESU, Torsteinu LISLANDU, Olavu KORSVOLLU in Leifu KJOSTELSENU; za korekture angleškega teksta prof. dr. Ivarju SAMSETU in Barici NOVAK, za vestno prepisovanje rokopisa pa Karin WESTERENG, Mojci HREN-ŠENK in Lidiji STAREC.

Ljubljana, marec 1988

### **1. UVOD**

Po rezultatih, objavljenih po prvem in drugem razvrščanju terenov na Norveškem po tehnoloških merilih (SAMSET 1975) je za spravilo lesa z gozdnimi žičnicami primernih okrog 25% terenov. Uporaba različnih žičnih naprav ima zato na Norveškem zelo dolgo tradicijo. V zadnjih štiridesetih letih so tu zgradili mnogo novih naprav, med katerimi je tudi Moxy, večbobenski žični žerjav s stolpom. Projektirali so ga l. 1978 na Norveškem gozdarskem raziskovalnem inštitutu (NISK), proizvajalec pa je bila družba Moxy Co., ki je uporabila za ta namen izdelan Lantecov hidravlični vitel.

Prvi so učinkovitost žičnega žerjava Moxy merili raziskovalci NISK v Kviteseidu in Hurdalu v letih 1979—80. Ker je nekaj let zatem začel žični žerjav Moxy delati z drugačno posadko, pa tudi delo je bilo drugače organizirano, se je ponovno pokazala potreba po meritvah njegove delovne učinkovitosti.

Poleti l. 1987 smo merili čase in učinke spravila lesa z žičnim žerjavom Moxy v južnem Trondelagu, pokrajini Selbu na Norveškem, pri delu v zasebnih gozdovih v organizaciji norveškega združenja lastnikov gozdov. Na težkih terenih je spravljal navzdol cela drevesa smreke in posamezne breze na razdaljah do 200 m. V tej študiji objavljamo rezultate meritev.

### **2. METODOLOGIJA**

#### **2.1. Večbobenski žični žerjav Moxy**

Konstrukcija tega večbobenskega žičnega žerjava je namenjena uporabi sistema tekoče nosilke pri spravilu lesa navzdol ali navzgor do razdalje 700 m (slika 1). Neka-

teri osnovni tehnični podatki so razvidni iz tabele 1 (za podrobnejši opis glej literaturo pod št. 7 in 8).

Tabela 1: Tehnične značilnosti večbobskega žičnega žerjava Moxy  
 Table 1: Technical characteristics of the Moxy cable crane

1. Pogon Drive	Motor — Engine	Scania diesel
	Moč motorja — Power	143 kW/2400 obr./min
	Oljna črpalka — Oil Pump	Dynapower 120
	Oljni pritisk — Oil pressure	128,5 MPa
	Oljni pretok — Oil flow	0—470 l/min
	Moč — Power	0—213 kW
	Hidromotor — Hydr. motor	Stoffa BO 30
2. Vitel Winch	Delovne vrvi — Working lines	3
	Pomožna vrv — Straw line	1
	Montažne vrvi — Rig up lines	3
	Sidrne vrvi — Guy lines	4
	Teleskopsko-prekucni stolp Telescope-tilt spar	15 m
Voziček s 3 bobni za tekočo nosilko Carriage with 3 drums for running skyline system		
3. Vrvi Wire ropes	Vlačilna vrv — Main line	945 m/14 mm/33 kN
	Pomožna dvigalna vrv — Slack-pulling line	800 m/14 mm/33 kN
	Povratno-nosilna vrv — Haul-back line	1490 m/14 mm/39 kN
	Dvigalna vrv — Hoist line	50 m/14 mm/33 kN
	Pomožna vrv — Straw line	1090 m — 8 mm
	Montažna vrv I — Rig up line 1	2 × 760 m/2,1 mm
	Montažna vrv II — Rig up line 2	1370 m/4 mm
4. Vozilo Vehicle	Tip — Type	Zgibni prikoličar 6 × 6 Forwarder chassis 6 × 6
	Dolžina — Length	10,5 m
	Širina — Width	2,5 m
	Višina pri premikanju — Height	4,0 m
	Masa — Weight	280 kg

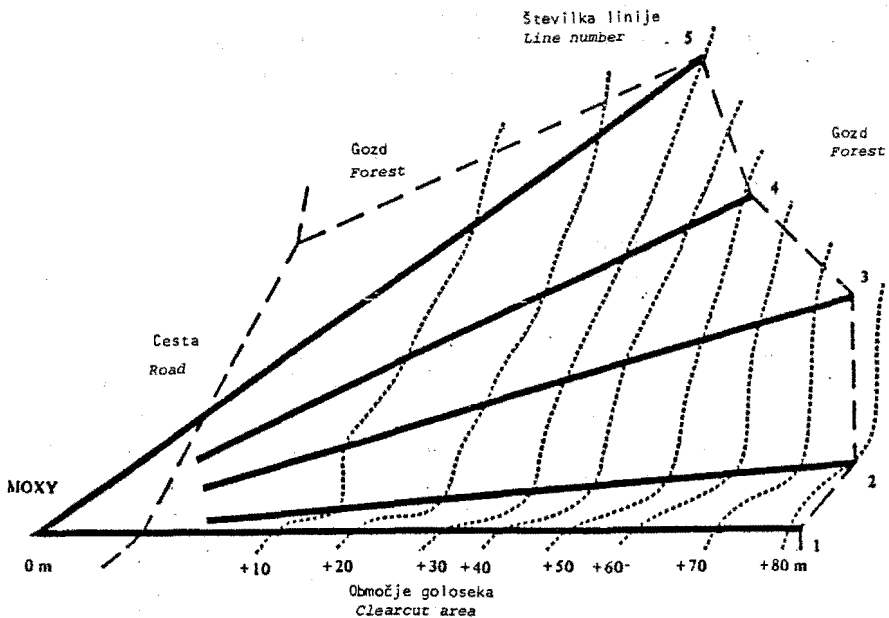
## 2.2. Delovišče in delovna metoda

Delovišče, na katerem smo opravljali naše meritve, je bilo del večjega goloseka. Na sliki 2 prikazujemo položaj linij. Na prvi liniji smo posneli le nekaj ciklusov, pri preostalih pa imamo podatke za vse cikle. Povprečne vrednosti nekaterih značilnosti posameznih linij so prikazane v tabeli 2.

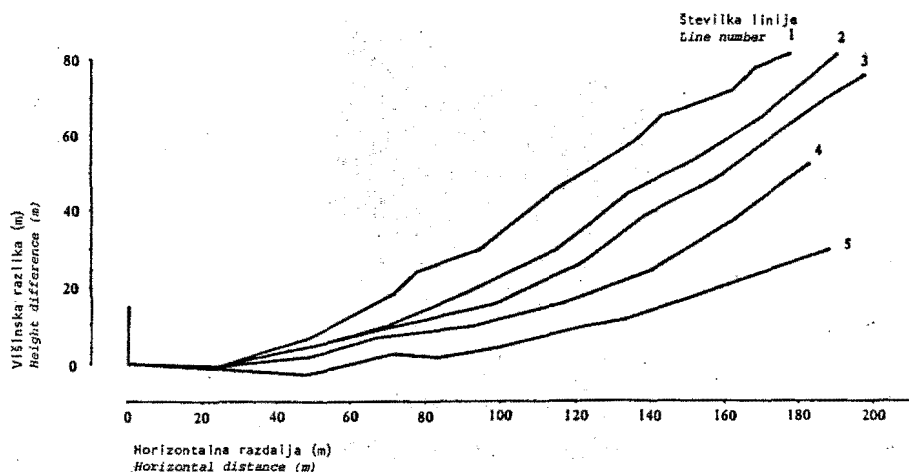


Slika 1: Žični žerjav Moxxy  
 Figure 1: The Moxxy cable crane

Skupna površina, ki so jo pokrile linije 2—5 je bila 1,03 ha, izračunana lesna zaloga pa 205,25 m<sup>3</sup>/ha. Povprečni naklon terena je bil 54%, vendar so bili nakloni posameznih linij močno različni zaradi pahljačastega načina njihovega polaganja. Na sliki 3 prikazujemo podolžne profile izmerjenih linij.



Slika 2: Slika delovišča  
 Figure 2: Map of the cutting place



Slika 3: Podolžni profili linij  
Figure 3: Profiles of the lines

Pred pravilom lesa so delavci, ki so delali z žičnim žerjavom, posekali vse drevje na delovišču. Nato so začeli spravljati cela drevesa navzdol do pomožnega skladišča, kjer je poleg žerjava delal procesor Kockum 850 78—45 (leto proizvodnje 1977), s katerim so smreke obvejili, skrojili, razžagali in sortirali. Breze, ki so bile precej tanjše, pa so le zlagali na poseben kup. Polovica lesa iglavcev so bili hlodi za žago, ostalo pa celulozni les. Les listavcev je bil namenjen le za domačo porabo kot les za kurjavo.

Tabela 2: Nekatere značilnosti linij  
Table 2: Lines characteristics

Linija Line	Dolžina (m) Length		Število ciklusov No. of turns	Količina lesa (m <sup>3</sup> ) Extracted volume		Naklon (%) Slope		
	skupaj Total	produktiv. Productive		smreka Spruce	breza Birch	skup. Total	lin. Line	ter. Terr
1	202	178	6	8.17	—	8.17	40	54
2	210	184	25	32.64	0.26	32.90	37	48
3	216	185	42	47.79	2.66	50.45	33	44
4	194	157	41	56.74	2.11	58.85	23	33
5	192	143	53	66.50	2.71	69.20	11	22
Lin. 1—5	1014	847	167	211.84	7.74	219.58	29	40
Lin. 2—5	812	669	161	203.67	7.74	211.41	26	37

Posadka treh ljudi je upravljala žični žerjav in procesor, kadar pa so se prestavljali na drugo delovišče, so isti delavci tudi podirali drevesa. Strojnik žičnega žerjava je bil ves čas isti delavec, ostala dva pa sta po vsakem glavnem odmoru zamenjala mesti pripenjalca oziroma strojnika procesorja. Delavec, ki je upravljal žični žerjav, je po končanem ciklusu tudi odpenjal breme ter včasih klestil nekatera drevesa z motorno žago.

Merili smo prsne premere dreves v bremenu, v sestoji ob delovišču pa smo z meritvami prsnih premerov in višin ugotovili relativno višino dreves smreke. Tako smo pozneje izračunali prostornino posameznega drevesa v bremenu. Prostornino brezovih drevesc smo ugotavljali z merjenjem prsnega premera in povprečne višine. Višinske krivulje dreves ni bilo mogoče določiti zaradi zelo različnih drevesnih oblik in zlomljenih vrhov. Pozneje smo v vseh izračunih prostornino bremen spremenili v maso s koeficienti 1.127 za smreko in 0.827 za brezo (SAMSET 1985, DANIELSEN 1982). V tabeli 3 navajamo nekatere značilnosti bremen na linijah 2—5.

Tabela 3: Značilnosti bremen  
Table 3: Load characteristics

Linija <i>Line</i>	Prostor. bremen (m <sup>3</sup> ) <i>Volume of the load</i>			Št. kosov v bremenu <i>Pieces per load</i>			Št. kosov na zanko <i>Pieces per rope sling</i>
	Smreka <i>Spruce</i>	Breza <i>Birch</i>	Skupaj <i>Total</i>	Smreka <i>Spruce</i>	Breza <i>Birch</i>	Skupaj <i>Total</i>	
2	1.31	0.01	1.32	2.36	0.12	2.48	0.83
3	1.14	0.06	1.20	2.48	0.62	3.10	1.03
4	1.38	0.05	1.43	3.54	0.29	2.83	0.94
5	1.26	0.05	1.31	2.53	0.38	2.91	0.97
Skupaj <i>Total</i>	1.27	0.05	1.32	2.49	0.38	2.87	0.96

Tabela 4: Obremenitve zank v razmerju z velikostjo povprečnega kosa v bremenu  
Table 4: Charge of choker in relation to the average volume of tree in the load

Linija <i>Line</i>	Velikost drevesa (m <sup>3</sup> ) <i>Volume per tree</i>			Obremenitev naveze <i>Charge of choker</i>	
	Smreka <i>Spruce</i>	Beza <i>Birch</i>	Skupaj <i>Total</i>	(m <sup>3</sup> )	(t)
2	0.553	0.087	0.531	0.441	0.495
3	0.460	0.102	0.388	0.400	0.444
4	0.546	0.176	0.507	0.477	0.532
5	0.496	0.135	0.449	0.436	0.485
Povpreč. <i>Average</i>	0.507	0.127	0.458	0.440	0.490

Delavci so bili zelo izkušeni in motivirani za uspešno delo, saj med delom skoraj ni bilo zastojev, če odštejemo nekaj manjših popravil. Za pripenjalce bremen še posebej velja, da so zelo dobro izkoriščali zmogljivost cele naveze (prim. tabelo 4).

### 2.3. Metodologija meritev

Čase smo merili s štoparico za ničelno metodo s točnostjo 1/100 min. Napaka meritev je bila pod 3%. Čase in splošne podatke smo beležili na posebej prirejene snemalne liste. Razdalje so bile ocenjevane ali merjene z natančnostjo  $\pm 5$  m. Posebej smo merili učinke v ciklusu (prsni premeri dreves) in podatke za ugotovitev relativnih višin. Prsne premere smo merili s skorjo, naklone terena pa s priročnim padomerom Suunto z natančnostjo  $\pm 1\%$ .

## 3. REZULTATI

Za odvisne spremenljivke smo v regresijski analizi vzeli produktivne čase posameznih operacij ter produktivni čas celotnega ciklusa. Pri vsaki regresijski analizi smo za nadaljnje analize uporabili model z najboljšo statistično značilnostjo.

Za zgornjo mejo tveganja smo izbrali značilnost 0.05. Preizkusili smo linearne, kvadratne, recipročne in eksponentne transformacije neodvisnih spremenljivk. Zadnje so v vseh primerih pokazale najboljše rezultate, zato v tem poročilu obravnavamo le eksponentne tipe regresijskih enačb.

Drug razlog za našo odločitev, o uporabi eksponentne krivulje je bil bolj teoretičnega značaja. Če razmislimo o osnovnih razmerjih med časom, razdaljo in hitrostjo, lahko razvijemo enačbo kot:

$$T = S/V = 1 \cdot S^1 \cdot V^{-1} = a \cdot S^b \cdot V^c,$$

kjer je  $T$  = čas (s),  $S$  = razdalja (m),  $V$  = hitrost (m/s). V tej enačbi velja, da je  $a = b = 1$  in  $c = -1$ , če razmišljamo o fizičnem poskusu. V regresijskih enačbah pa lahko hitrost nadomestimo z nizom spremenljivk, ki bi lahko značilno vplivale na čas (in na hitrost). Tako lahko predpostavimo, da sta  $a$  in  $b$  regresijska koeficienta, enačba pa dobi obliko:

$$T = a \cdot S^{b1} \cdot L^{b2} \cdot P^{b3} \cdot N^{b4} \cdot W^{b5},$$

kjer je  $T$  = produktivni čas (min),  $S$  = razdalja vlačjenja (m),  $L$  = razdalja zbiranja (m),  $P$  = naklon terena (%),  $N$  = število kosov v bremenu (—),  $W$  = teža bremena (t).

Tako smo izračunali regresijske odvisnosti s tem, da smo za velikost bremena v prvem nizu vzeli prostornino, v drugem nizu pa težo bremena. Teža bremena je v vseh primerih pokazala boljše statistično značilnost, čeprav je bila razlika majhna.



### 3.1. Produktivni časi delovnih operacij

Produktivni čas ciklusa smo na snemalnem listu razdelili na dvanajst operacij, vendar so bile nekatere med njimi tako kratke, da smo jih pozneje združili v sestavljene operacije.

Produktivni čas razvlačenja prazne vrvi je značilno odvisen samo od razdalje vlačena. Naklon terena značilno vpliva le na vlačenje, vendar je ta vpliv razmeroma majhen, če primerjamo dejanske razlike dolžine ciklusov na različnih trasah. Krivulje operacij glavnega produktivnega časa so prikazane na slikah 4 in 5, enačbe pa v tabeli 5.

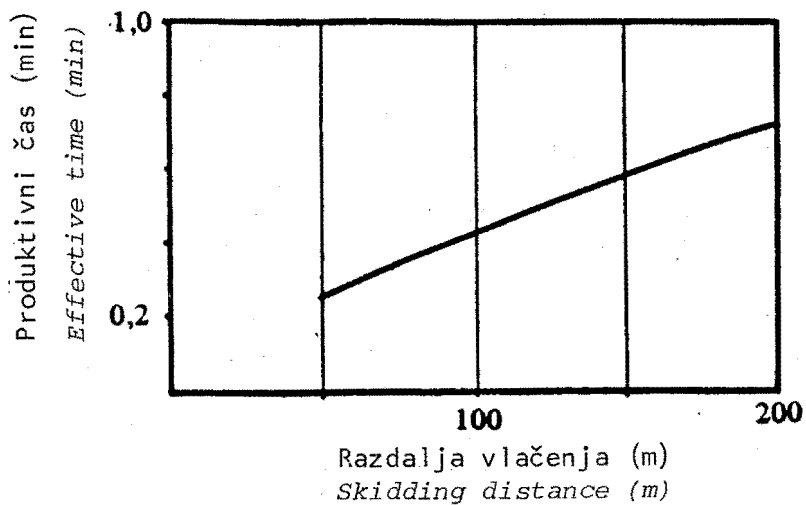
Tabela 5: Regresijske enačbe operacij (produktivni čas ciklusa)

Table 5: Regression equations of the time elements analysis (effective time per turn)

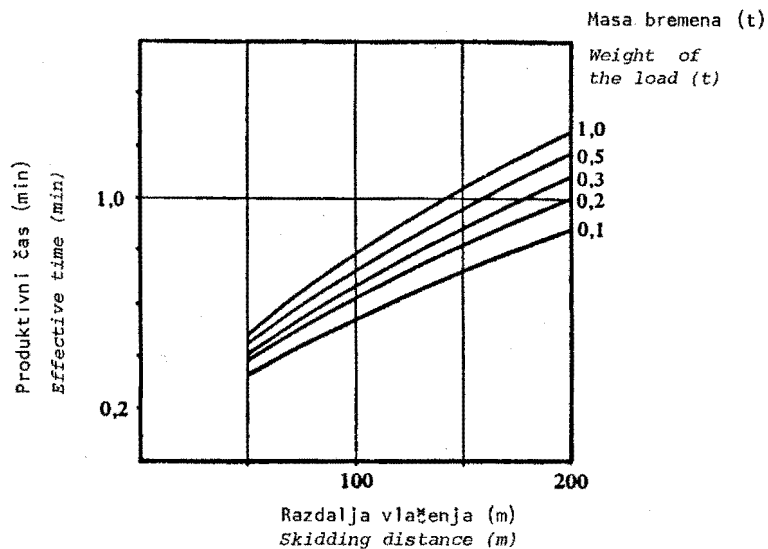
Število opazovanj: 165,  
Number of observations

Največje tveganje = 0.05  
Significance

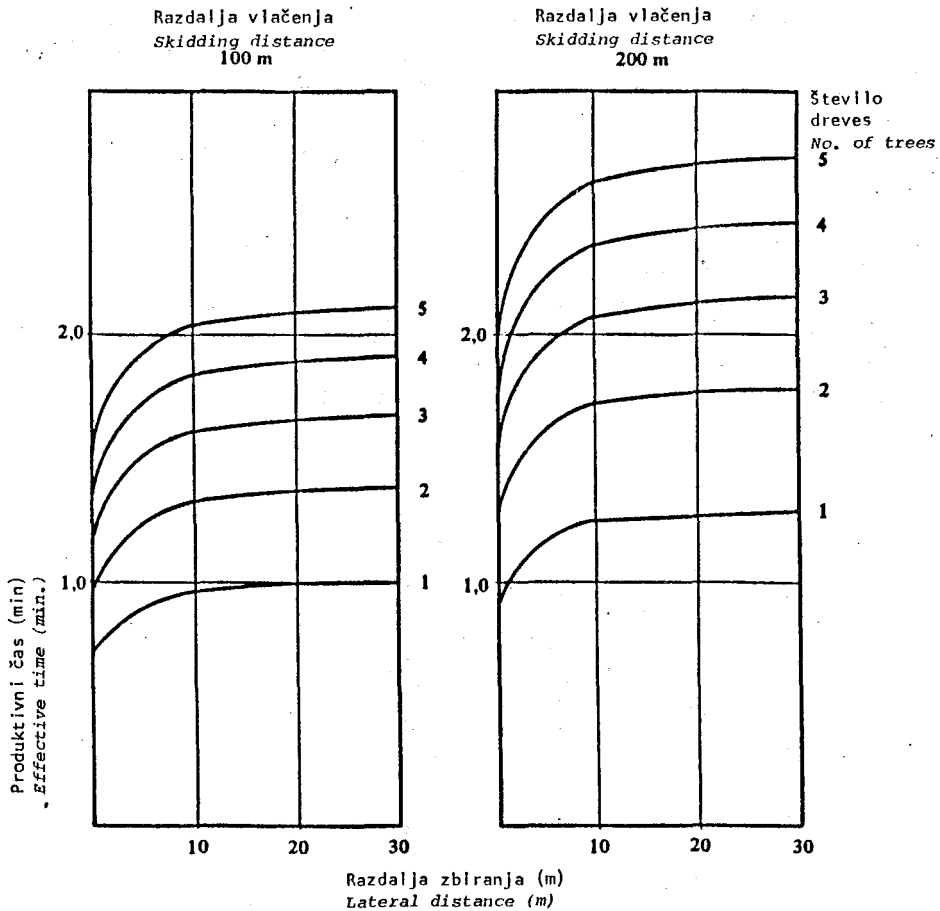
Odvisna časovna spremen. <i>Dependent time variable</i>	a	Neodvisne spremenljivke <i>Independent variables</i>					R <sup>2</sup>
		Razdalja vlačena <i>Skidding distance</i>	Razdalja zbiranja <i>Lateral distance</i>	Naklon terena <i>Slope of terrain</i>	Število kosov <i>Number of trees</i>	Teža bremena <i>Weight of load</i>	
		<i>b1</i>	<i>b2</i>	<i>b3</i>	<i>b4</i>	<i>b5</i>	
Prazna vožnja <i>Outhaul empty</i>	0.014	0.7438	—	—	—	—	0.62
Zbiranje <i>Bunching</i>	0.166	0.3656	0.0334	—	0.4659	—	0.29
Polna vožnja <i>Inhaul loaded</i>	0.047	0.6844	—	-0.1263	—	0.1979	0.43
Odlaganje <i>Unhook</i>	0.589	—	—	—	0.2621	—	0.05
Produktivni čas ciklusa <i>Effective time of the cycle</i>	0.313	0.4663	0.0145	—	0.2210	0.0957	0.42



Slika 4: Produktivni čas razvlačenja prazne vrvi  
 Figure 4: Effective time of outhauling empty rope



Slika 5: Produktivni čas vlačanja (naklon terena = 40%)  
 Figure 5: Effective time of inhauling loaded rope (slope of the terrain = 40%)



Slika 5: Produktivni čas zbiranja lesa  
 Figure 5: Effective time of bunching

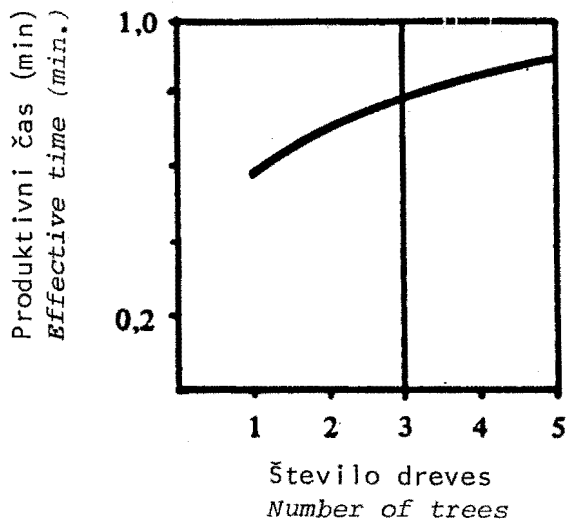
Operacije pomožnega produktivnega časa imajo večjo variabilnost kot glavni produktivni čas. Pomembno je število kosov v bremenu, poleg razdalje zbiranja pa na zbiranje značilno vpliva tudi razdalja vlačjenja. To lahko pojasnimo s povečanim povosom vrvi ter počasnejšim navijanjem vrvi na bobne pri večjih razdaljah.

Dejanske delovne hitrosti vrvi med razvlačenjem prazne vrvi, zbiranjem in vlačjenjem so precej manjše kot teoretične hitrosti na bobnih. Na to razliko vpliva več dejavnikov, tudi izkušnje in motivacija delavcev. Delovna hitrost vrvi narašča z razdaljo vlačjenja in je med 3 in 5 m/s pri razvlačevanju prazne vrvi ter med 1.5 in 4 m/s pri vlačjenju bremen.

Med zbiranjem (skupaj z vezanjem) so delovne hitrosti precej manjše — med 0.15 in 0.07 m/s pri zbiranju na razdalji 10 m in med 0.4 in 0.2 m/s na razdalji 30 m. Delovne hitrosti pri zbiranju so manjše pri večjih razdaljah vlačnja.

Na slikah 6 in 7 prikazujemo vpliv števila dreves in razdalje zbiranja na pomožni produktivni čas.

Za izračun produktivnega časa ciklusa moramo sešteti čase posameznih operacij. Tako lahko raziskujemo tudi vpliv naklona terena, ker ta dejavnik sicer ni statistično značilen v regresijski enačbi, kjer smo za odvisno spremenljivko vzeli skupni čas ciklusa. Razlika med obema načinoma je seveda zelo majhna in ne presega 15% pri ekstremnih vrednostih posameznih spremenljivk. Regresijsko enačbo za izračun skupnega produktivnega časa ciklusa iz tabele 5 lahko priporočimo za nadaljnjo uporabo.



Slika 7: Produktivni čas odlaganja lesa  
 Figure 7: Effective time of unhooking

V skladu s spremembami velikosti bremena, naklona in razdalj se močno spreminja razmerje med pomožnim in glavnim produktivnim časom. Za razvlačevanje prazne vrvi potrebujemo na primer le 9% časa ciklusa na kratkih razdaljah pri privlačenju do 30 m, pri spravični razdalji okoli 200 m pa je ta delež 18%, če pobiramo les pod traso.

Najnižji delež pomožnega produktivnega časa je 48% pri vlačanju zelo težkih bremen na razdalji 200 m brez zbiranja. Največji delež zbiranja in odlaganja (88%) pa smo ugotovili pri spravilu drobnih dreves na kratkih razdaljah. V povprečnih razmerah, bi bila struktura ciklusa približno takšna, kot jo prikazujemo v tabeli 6. Pri tem lahko ocenimo dnevne učinke spravila lesa z žičnim žerjavom, ki bi bili 95 t.

Tabela 6: Povprečna struktura ciklusa  
*Table 6: Average structure of time elements*

Naklon — <i>Slope</i>		35.15%
Razdalja zbiranja — <i>Lateral distance</i>		9.7 m
Razdalja vlačanja — <i>Skidding distance</i>		144.4 m
Število kosov v bremenu — <i>Number of pieces</i>		2.87
Teža bremena — <i>Weight of the load</i>		1.47 t
<hr/>		
Produktivni čas ciklusa <i>Effective time of the cycle</i>	min	%
<hr/>		
Prazna vožnja <i>Outhaul empty line</i>	0.57	14
Zbiranje <i>Bunching</i>	1.80	44
Polna vožnja <i>Outhaul loaded line</i>	0.96	23
Odlaganje <i>Unhooking</i>	0.78	19
<hr/>		
Skupaj — <i>Total</i>	4.11	100
<hr/>		

### 3.2. Velikost bremena

Velikost bremena lahko izrazimo s prostornino ali težo, toda število kosov skupaj s povprečno velikostjo debla ali drevesa prav tako določa velikost bremena. Lastnosti bremena značilno vplivajo na čas ciklusa — število kosov pri zbiranju in odlaganju, teža pa pri vlačanju bremena. Velikost (teža) bremena je najpomembnejša pri ugotavljanju dnevnih učinkov.

Število kosov v bremenu lahko izrazimo z regresijo na težo bremena in razdaljo zbiranja. Precej običajno je namreč, da se delavci na večjih razdaljah bolj potrudijo, da dosežejo polno obremenitev naveze. Težo bremena smo izrazili s produktom:

$$W = N \cdot K$$

$$W = (3.61 + 0.019 \cdot L - 1.60 \cdot K) \cdot K,$$

kjer pomeni:

W = teža bremena (t)

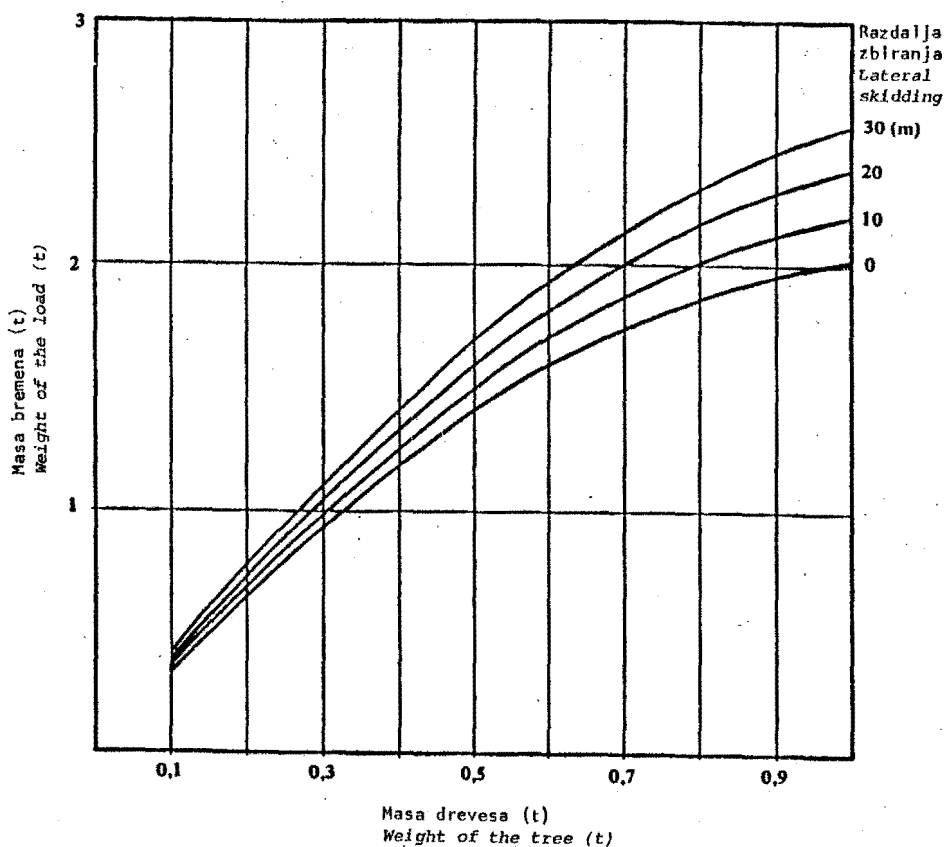
L = razdalja zbiranja (m)

K = teža drevesa (t)

N = število dreves v bremenu.

Regresijska enačba v oklepaju ima 165 opazovanj in  $R^2 = 0.37$ .

Na krivuljo s slike 8 seveda močno vplivajo izkušnost posadke in splošne delovne razmere na sečišču, kot so različne terenske značilnosti, površje in koncentracija le-sa na trasi. Enako pomembno je tudi izkoriščanje zmogljivosti naveze. Če imamo v



Slika 8: Teža bremena v odvisnosti do teže drevesa in razdalje zbiranja  
Figure 8: Weight of the load by weight of the tree and lateral yarding distance

navezi tri zanke, lahko izrazimo obremenitev zank kot število kosov in njihovo težo na zanko z regresijsko enačbo:

$$C = 1.20 + 0.006 \cdot L - 0.53 \cdot K$$

$$R = (1.20 + 0.006 \cdot L - 0.53) \cdot K,$$

kjer pomeni:

C = število dreves na zanko  
R = teža dreves v zanki (t).

Statistične značilnosti enačbe so enake kot pri regresiji, pri kateri je odvisna spremenljivka teža bremena.

### 3.3. Dnevni učinki

Dnevne učinke smo izračunali ob predpostavkah, da je pričakovani delež dodatnega časa 36% produktivnega časa, delavci pa prebijejo pri spravilu šest ur dnevno. Tabeli 7 in 8 kažeta dnevne učinke pri nekaterih tipičnih delovnih razmerah.

Z žičnim žerjavom Moxy sta delala le dva delavca, tretji pa je upravljal Kockum. Za spravilo tone lesa so torej porabili le 0.13 normaur v povprečnih razmerah oziroma 0.28 normaur za spravilo, kleščenje in sortiranje.

Tabela 7: Dnevni učinki (t/dan) pri naklonu terena 20%

Table 7: Daily production rates (t/day) for slope of the terrain 20%

Razdalja vlačenja <i>Skidding distance</i> (m)	Razdalja zbiranja <i>Lateral distance</i> (m)	Teža drevesa (t) <i>Tree weight</i>				
		0.1	0.3	0.5	0.7	0.9
	0	38	101	154	195	225
50	10	34	93	142	181	212
	0	29	78	118	149	171
100	10	26	72	110	139	161
	0	25	66	100	125	144
150	10	22	61	92	117	136
	0	22	59	88	110	126
200	10	20	54	81	103	119

Tabela 8: Dnevni učinki (t/dan) pri naklonu terena 60%

Table 8: Daily production rates (t/day) for slope of the terrain 60%

Razdalja vlačenja <i>Skidding distance (m)</i>	Razdalja zbiranja <i>Lateral distance (m)</i>	Teža drevesa (t)				
		<i>0.1</i>	<i>0.3</i>	<i>Tree weight</i>		<i>0.9</i>
				<i>0.5</i>	<i>0.7</i>	
	0	38	104	158	201	232
50	10	35	95	145	186	217
	0	30	81	122	154	178
100	10	27	74	113	143	167
	0	26	69	103	130	148
150	10	23	63	95	122	141
	0	23	61	91	114	131
200	10	21	56	84	107	124

#### 4. RAZPRAVA

Rezultate analiz moramo primerjati predvsem s prejšnjimi meritvami učinkovitosti žičnega žerjava Moxy in z drugimi dosegljivimi primerljivimi podatki.

Primerjava z meritvami učinkov iz let 1979—1980 (SAMSET 1981) pokaže, da so učinki izračunani z regresijskimi enačbami za 15—70% manjši, vendar je v prvem primeru pri žičnem žerjavu delalo pet delavcev. Ti so s strojem spravljali, klestili, krojili in sortirali les na pomožnem skladišču.

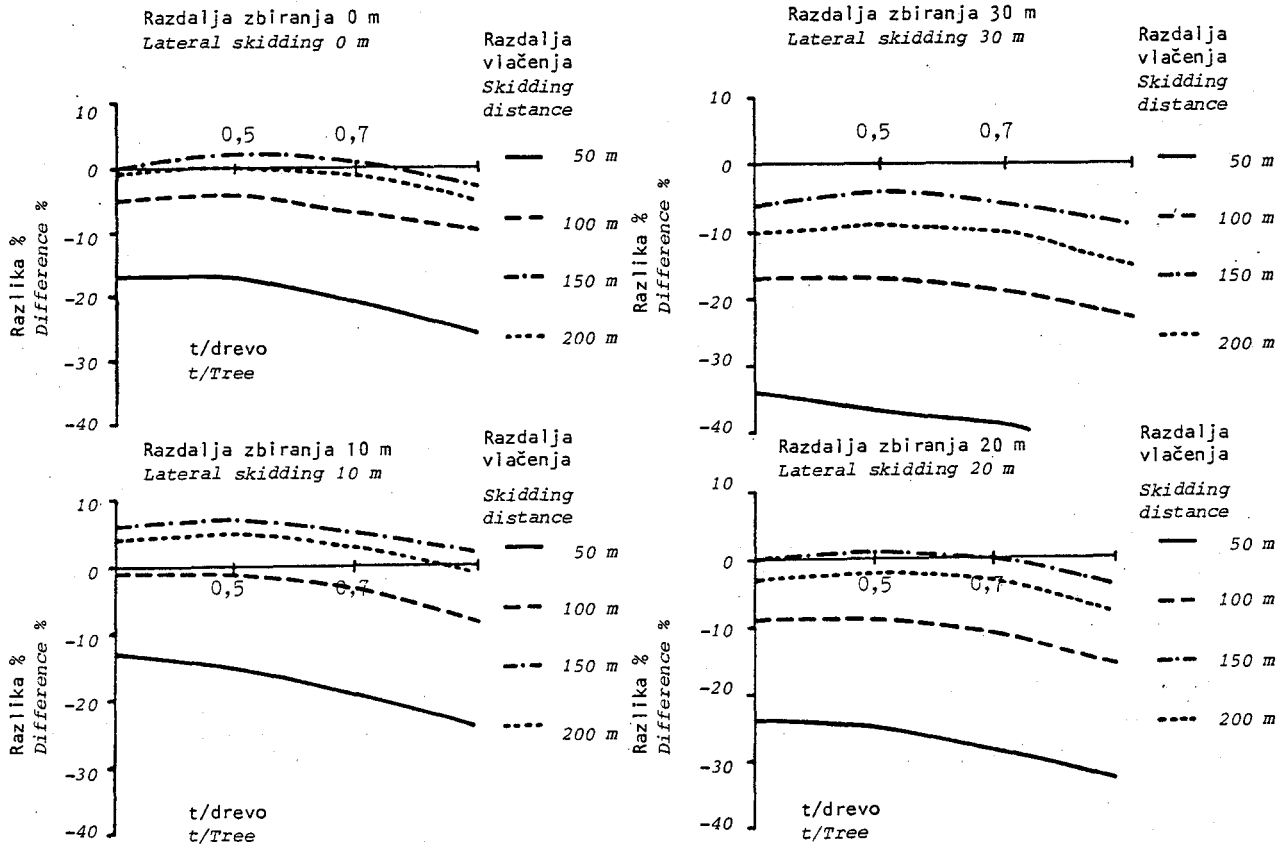
Če izrazimo produktivnost z normadnevi za tono pa dobimo drugačno podobo. Razlike so precej manjše in celo pokažejo na nekaj višjo produktivnost tričlanske organizacije na delovišču Selbu. Na grafikonu 9 je prikaz povečevanja razlik z večanjem razdalje zbiranja, ki potrjuje boljšo produktivnost na delovišču Selbu predvsem na kratkih razdaljah.

Po drugi strani pa lahko trdimo, da ni pomembnih razlik med opazovanjem na povprečnih razdaljah zbiranja (10 m) in na razdaljah spravila nad 100 m.

Zanimiva je tudi primerjava z evidencami področnega gozdarja (ANON. 1985), po katerih so bili povprečni dnevni učinki s tem sistemom v letih 1983—85 33.5 m<sup>3</sup> (okrog 38 t/dan). Po teh evidencah je bil učinek procesorja Kockum dobro usklajen z učinki žičnega žerjava, saj delo z vsakim izmed strojev pomeni približno enak delež delovnega časa. Če odštejemo čas, ki so ga delavci prebili na sečnji, so bili učinki spravila 8.9 m<sup>3</sup> (okrog 10 t) na uro produktivnega časa. Ti izračuni se dokaj dobro ujemajo z našimi.



Slika 9: Razlike med meritvami v letih 1979—80 (SAMSET 1981) in meritvami na delovišču Selbu (produktivnost v normadnevih/t) *Figure 9: Differences between measurements in 1979—80 (SAMSET 1981) and Selbu trial (productivity is expressed in mandays per t)*



Še enkrat naj poudarimo, da je skupina, ki danes upravlja žični žerjav Moxy, zelo izurjena in izkušena. V tednu dni meritev smo zabeležili komaj 5% zastojev med delom — od tega skoraj nič zaradi odmorov in oddihov delavcev. Vendar se zdi, da bi dnevne učinke lahko povečali za okrog 10%, če bi se lahko izognili predolgemu delu na odlagališču, ki je trajalo okrog 0.40 min na ciklus. V delo na skladišču smo uvrstili več operacij, med katerimi sta poleg odpenjanja najpomembnejša: ročno kleščenje in obračanje dreves zaradi lažje strojne obdelave dreves. Nadaljnje povečanje produktivnosti pa lahko pričakujemo še z uporabo avtomatičnega odpenjanja lesa.

Očitno je, da je izogibanje kritičnim situacijam, prvi cilj delavcev pri zagotavljanju varnosti pri delu. Pri odpenjanju lesa je moral na primer strojnik prečkati ožje delovno območje procesorja, ki je obdeloval drevje. V takšni situaciji bi se lahko zgodila nesreča pri delu, da ne omenjamo prevoza pripenjalca v delovišče in nazaj z zankami na vozičku.

Ugotovili smo, da je žični žerjav Moxy zelo učinkovit stroj za spravilo celih dreves navzdol na težkih terenih. Pri organizaciji dela na delovišču bi si morali prizadevati za zmanjšanje zastojev, kot so prestavljanje stroja z delovišča na delovišče, zastojev, kadar so delavci na sečnji in podobno. Ta razmišljanja bi morali podpreti izračuni gospodarnosti, ki bi pokazali ali je pomembnejši delež stroškov ekipe ali pa boljše izkoriščanje stroja.

## 5. POVZETEK

Pri raziskavi spravila lesa na težkih terenih smo poleti l. 1987 merili učinkovitost žičnega žerjava s stolpom Moxy in ekipo treh delavcev v južnem Trondelagu, delovišču v pokrajini Selbu na Norveškem. Delovišče je obsegalo 1.03 ha goloseka z lesno zalogo 205 m<sup>3</sup>/ha. Časovne študije smo potrebovali, da bi ugotovili učinke stroja pri spravilu celih dreves smreke navzdol do delovišča, kjer je procesor drevesa oklestil, skrojil in sortiral vzdolž ceste. Učinke smo merili na petih linijah z največjo dolžino 216 m in povprečnim naklonom terena 40%. V regresijski analizi je eksponentni tip krivulje v vseh primerih pokazal najboljše rezultate. Namesto prostornine dreves smo ugotovili težo za neodvisno spremenljivko, zato smo lahko pri mešanih bremenih (smreka z majhnim deležem breze) pojasnili večji delež variabilnosti.

Med vsemi spremenljivkami je pravilna razdalja najbolj vplivala na produktivni čas ciklusa. Naslednji najpomembnejši dejavnik je število dreves v bremenu, nato teža bremena, razdalja zbiranja in naklon terena.

Delovne hitrosti so bile močno odvisne od pravilne razdalje. Z večanjem razdalj so se pri zbiranju hitrosti manjšale, vendar lahko na večjih razdaljah pričakujemo večje hitrosti pri razvlačevanju vrvi in vlačanju bremena.

Dnevni učinki žičnega žerjava so bili zeli visoki, vendar za 15—70% manjši od izmerjenih učinkov pri prejšnjih raziskavah. Razlika med obema meritvama pa je zelo majhna, če izrazimo produktivnost s številom normadni/t, in pokaže nekaj večjo produktivnost ekipe na delovišču Selbu.

## 6. SUMMARY

The Moxy cable crane was selected for studying wood extraction in difficult terrains and at short distances. In the summer 1987, the Moxy cable crane was operating in South Trondelag county, Selbu district, managed by a 3 men crew. The clear cut area had 1.03 ha with an average standing volume of 205 m<sup>3</sup>/ha. Time studies were applied for establishing machine performance when skidding whole spruce trees downhill where delimiting machine was delimiting, bucking and sorting the wood along the truck road. Performance was studied in 5 different settings with a maximum line length of 216 m and an average slope of the terrain of 40%. In the regression analysis, exponential type of regression equation was used which showed in all cases the best results. Instead of the tree volume the tree weight was used as the independent variable due to mixed loads (spruce and small amount of birch) and a higher share of the explained variability.

Among all included variables skidding distance showed the greatest influence on the cycle effective time; the next important factor is the number of trees in the load, the weight of the load, the lateral distance and the slope of the terrain. The working speed of the rope strongly depends on the skidding distance and decreases with the skidding distance when bunching wood but during inhauling and outhauling the rope, higher speeds could be expected on longer distances.

Daily production rates show very high production but its absolute value is about 15—70% lower than production rates established in the previous research. If the crew performance is expressed in mandays/t then the differences between the two trials become very small indicating slightly greater productivity of the crew at Selbu trial.

## 7. LITERATURA

1. ANON, 1985. Sor-Trondelag Skogeierforening — Driftstekniske skogdager i Rotle. STS, Selbu.
2. DANIELSON, G., 1982. Chip Harvesting of Whole Trees — an Analysis of Methods, Equipment, Output and Economy. Dep. on Forest Operations Research No. 21, Norw. Forest Res. Institute.
3. KOŠIR, B., 1984. Zastoji na delu pri spravilu lesa z žičnimi žerjavi s stolpi. Zbornik gozdarstva in lesarstva 25, IGLG, Ljubljana.

4. KOŠIR, B., 1985. Učinki spravila lesa z večbobenskimi žičnimi žerjavi s stolpi. Strokovna in znanstvena dela 78, IGLG, Ljubljana.
5. KOŠIR, B., 1985. Vpliv postavljanja in razstavljanja žičnih žerjavov s stolpi na stroške spravila lesa na primeru iz Trnovskega gozda; Strokovna in znanstvena dela 78, IGLG, Ljubljana.
6. SAMSET, I., 1975. The Accessibility of Forest Terrain and its Influence on Forestry Conditions in Norway: Rep. of The Norwegian Forest Res. Inst. 32, 1, As.
7. SAMSET, I., 1981. The Winch and Cable Systems in Norwegian Forestry. Rep. of the Norwegian Forest Res. Inst. 37, As.
8. SAMSET, I., 1985. Winch and Cable Systems: Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publ. Dordecht.