

GDK 781 : 786.7 : (497.12*10)

Prispelo / Received: 28. 5. 1997

Sprejeto / Accepted: 18. 6. 1997

Izviren znanstveni članek

Original scientific paper

SPREMLJAVA PREVOZA LESA PO STROŠKOVNIH NOSILCIH KOT VZVOD ZMANJŠEVANJA STROŠKOV

Darij KRAJČIČ*

Izvleček

Avtor optimira prevoz lesa v Gozdnem gospodarstvu Nazarje. Pri tem rešuje problem od kod prepeljati les h določenim kupcem in s katerimi kamioni. Ugotavlja, da bi leta 1995 v Gozdnem gospodarstvu Nazarje lahko opravili za 11% manj m^3km , z optimalno razporeditvijo kamionov pa bi prihranili 22% materialnih stroškov. Pri tem utemeljuje pomen spremljanja stroškov prevoza po stroškovnih nosilcih - kamionih. Podaja rešitve v primeru izpada določenega vozila in izračunava stroške pri najslabši razporeditvi kamionov. Članek opredeljuje tudi pogoje, ki morajo biti izpolnjeni, da lahko podjetje deluje skladno z optimalnim programom prevozov lesa.

Ključne besede: gozdarski prevoz, optimizacija, stroškovni nosilec

MONITORING OF WOOD TRANSPORT COSTS ACCORDING TO COST AGENTS - A LEVER TO REDUCE TRANSPORT COSTS

Abstract

The author gives the optimal solution for wood transport in the Nazarje Forest Enterprise. He tries to give an answer to the question, from where timber should be transported to certain buyers and by which trucks. It has been established that in 1995 11% less m^3km could have been done and through optimum transport schedule 22% of material costs could have been spared in the Nazarje Forest Enterprise. Thereby the significance of transport cost monitoring according to cost agents - trucks is explained. Solutions regarding the cases when one truck is out of operation are presented and the costs for the worst transport schedule are given. The conditions which have to be met if a company wishes to operate in accordance with the optimal wood transport program are defined in the article as well.

Key words: forestry transport, optimization, cost agent

*Asist. mag., dipl. inž. gozd., Oddelek za gozdarstvo Biotehniške fakultete, 1000 Ljubljana, Večna pot 83, SLO

KAZALO / CONTENTS

1	UVOD / INTRODUCTION.....	105
2	OPREDELITEV PROBLEMA / DEFINITION OF THE PROBLEM.....	106
3	IZVORI IN PONORI GOZDNIH LESNIH SORTIMENTOV / SOURCES AND DESTINATIONS OF FOREST WOOD ASSORTMENTS.....	107
3.1	OPTIMALNI PREVOZ LESA OD IZVOROV H KUPCEM / OPTIMAL WOOD TRANSPORT FROM ORIGINS TO BUYERS.....	109
3.2	OPTIMALNA RAZPOREDITEV KAMIONOV / OPTIMAL TRANSPORT SCHEDULE.....	112
3.2.1	Materialni stroški prevoza / Material transport costs.....	112
3.2.2	Program prevozov lesa za leto 1995 z minimalnimi stroški / Wood transport schedule for 1995 with minimal costs.....	114
3.2.3	Program prevozov lesa za leto 1995 z maksimalnimi materialnimi stroški / Wood transport schedule for 1995 with maximal material costs.....	118
3.2.4	Racionalizacija s povečanjem zmogljivosti / Rationalization by increasing of capacities.....	118
3.2.4	Program prevozov pri izpadu določenega vozila / Transport schedule if a truck is out of operation.....	119
4	ZAKLJUČEK / CONCLUSION.....	119
5	POVZETEK.....	120
6	SUMMARY.....	122
7	VIRI / REFERENCE.....	123

1 UVOD

Gozdarski transport vsebuje veliko pestrost v delovnih pogojih in tudi pri zmogljivostih posameznih vozil. Prodajne cene prevozov gozdnih lesnih sortimentov naraščajo v zadnjem času precej počasneje kot spremljajoči stroški (KRAJČIČ 1996). Poleg tega pa pojav lojalne in predvsem nelojalne konkurence sili prevozna podjetja v racionalizacijo poslovanja. Možno jo je doseči z odpravljanjem nepotrebnih stroškov, finančnim stimuliranjem učinkovitejšega dela (KRAJČIČ 1996) in učinkovitejšim organiziranjem prevozov lesa.

Učinkovitejše organiziranje pomeni takšno upravljanje s sistemom prevozov, ki daje pri čim manjših stroških čim večje učinke (prihodke). Za gozdarski prevoz velja, da je obračunska enota prihodkov prepeljani m^3 lesa, obračunska enota stroškov pa m^3km . To pomeni, da lahko isto količino lesa od različnih izvorov prepeljemo k različnim ponorom (kupcem) z različnim številom opravljenih m^3km . Manj opravljenih m^3km za isto prepeljano količino pomeni tudi manjšo porabo energije in s tem manjši vpliv na okolje pri enakem končnem učinku. S tem je podjetje bližje paradigmi družbeno koristnega podjetja (KOVAC 1995), ki je cilj sodobne evropske makroekonomije.

Orožim (1982) ugotavlja, da je v Gozdnem gospodarstvu Celje možno prepeljati les h kupcem z 10,9% manj opravljenih tkm. Pri tem analizira organizacijo prevozov po proizvodnih enotah in skupno. Otrin (1974) je pri optimizaciji prevozov ugotovil 13,9% prihranek v primerjavi z dejanskimi stroški. V študiji avtor optimira program prevozov od izvorov (zbirnih transportnih območij) do kupcev. Pri tem mu strošek prevoza predstavlja zmnožek prodajne cene prevoza v DIN/m^3km pri določeni razdalji in številu m^3km . Lihai (1994) je raziskoval optimizacijo sečnje in celotnega transporta lesa (vlačenje, prevoz, manipulacija na skladišču) glede na letni čas v Heilongjiang-u (Kitajska). Ugotovil je, da najmanj stroškov povzroča delo pozimi, najdražje pa je delo spomladi. Pri tem je upošteval ekonomske in okoljevarstvene razmere.

Za gozdarski prevoz velja, da je prometnik velikokrat negotov pri razporejanju kamionov. Pri tem se običajno odloči na pamet, oziroma upošteva le splošno načelo, da večje kamione usmerja na daljše relacije. Velikokrat so kriteriji za razporeditev subjektivne narave (tradicija, pritiski odpremnikov lesa, itd.). Za minimizacijo stroškov pa je zelo pomembno, kateri kamion (stroškovni nosilec) razporedimo na določeno relacijo. Stroškovni nosilec je povzročitelj stroškov, ki nastanejo pri proizvodnji artiklov ali opravljanju storitev (WINKLER et al. 1994).

2 OPREDELITEV PROBLEMA

Cilj naloge je odgovoriti na vprašanje, kako čim ceneje prepeljati les iz gozda h kupcem. Pri tem smo problem razdelili na dva dela:

- od kod prepeljati les k določenemu kupcu,
- s katerim kamionom ta les prepeljati.

Na prvo vprašanje je odgovoril že Orožim (1982), ki je pri uporabi programa optimizacije predvidel minimalno število opravljenih tkm. Stroški posameznih kamionov (stroškovnih nosilcev), izraženih v SIT/tkm, se med seboj zelo razlikujejo (razlike izhajajo iz zmogljivosti kamiona, starosti, voznika, slučajnostne komponente, itd.). Hkrati to tudi pomeni, da ni vseeno, s katerim kamionom opravimo določen prevoz, pri čemer bo prvi zahtevi (minimalno število opravljenih tkm) še vedno zadoščeno.

Tako smo dodatno postavili matematični model, ki razporeja kamione tako, da les prepeljemo h kupcem z minimalnimi stroški. Preskusili smo ga v Gozdnem gospodarstvu Nazarje. Problem smo reševali s pomočjo računalniškega orodja EXCEL (MICROSOFT® 1993), ki ima za to poseben podprogram. Postopek je prirejen tako, da je lahko direktno uporaben v operativi.

Stroške delovnega procesa spremlja knjigovodstvo podjetja običajno po sintetičnih kontih (združeno za večje število strojev oziroma vozil). Iz njih pa ni mogoče izluščiti prispevka posameznega kamiona. Zato moramo stroške spremljati po stroškovnih nosilcih (v našem primeru posamezni kamion), ki jih povzročajo.

3 IZVORI IN PONORI GOZDNIH LESNIH SORTIMENTOV

Izvori lesa so seveda v gozdu, katerega posamezni predeli so različno oddaljeni od ponorov (kupcev). Teoretično je vsak oddelek različno oddaljen od kupcev, vendar je za praktično uporabo dovolj, če predvidimo za obračunsko enoto gozdnogospodarsko enoto ali celo krajevno enoto. Pri razdalji do kupcev potem upoštevamo razdaljo, ki je enaka razdalji med masnim težiščem enote in kupcem lesa. S to poenostavitvijo:

- se izognemo nepotrebnosti zapletenosti sistema,
- zagotovimo, da je ponudba lesa dovolj univerzalna tudi za posebna naročila kupcev.

V Gozdnem gospodarstvu Nazarje smo oblikovali osem izvorov lesa (preglednica 1). Predstavljajo količine iz državnih in zasebnih gozdov. V zasebnih gozdovih opravlja GG Nazarje odkup lesa na panju kakor in ob kamionski cesti.

Preglednica 1: Pregled izvorov gozdnih lesnih sortimentov v Gozdnem gospodarstvu Nazarje v letu 1995.

Table 1: Sources of forest timber assortments in Nazarje forest enterprise in 1995.

Lokacija / Location	Izvori (ponudba) lesa / Sources of timber (offer) m ³
Solčava	3192
Luče	9012
Ljubno	7357
Gornji Grad	13852
Nazarje	11549
Šoštanj	7253
Kamnik	3945
Vransko	1743
Skupaj / Together	57903

V podjetju smo v letu 1995 iz teh izvorov prepeljali kupcem količine, predstavljene v preglednici 2. Poudariti velja, da GG Nazarje nima centralnega skladišča, ampak se les vozi direktno h kupcem. Tako so količine ponudbe in povpraševanja usklajene brez prehodnih zalog.

Preglednica 2: Pregled ponorov (kupcev) gozdnih lesnih sortimentov v Gozdnem gospodarstvu Nazarje v letu 1995.

Table 2: Destinations (buyers) of timber in the Nazarje Forest Enterprise in 1995.

Lokacija / Location	Ponori (povpraševanje) lesa / Destination of timber (demand) m ³
Žaga Nazarje	37910
Smreka Gor.Grad	4535
Iverna Nazarje	4287
Lespal Količevo	2642
Vitacel Krško	1911
Lesonit II. Bistrica	1468
Imont Dravograd	871
Mikek Bočna	802
LI Gomilsko	713
Kupci Šaleš. dol.	911
Drugo Savin. dol.	1853
Skupaj / Together	57903

Vprašanje je, kako organizirati prevoz, da bomo dosegli čimvečji dobiček. Dobitek predstavlja razliko med prihodki in stroški. Prihodek od prevoza lesa podaja obrazec:

$$I = \sum_{j=1}^n Q_j \cdot P_j, \text{ kjer je} \quad (1)$$

I - prihodek [SIT],

Q_j - prepeljana količina j-temu kupcu [m³],

P_j - pogodbeno usklajena cena s kupcem j [SIT/m³],

n - število kupcev.

Stroške računamo kot:

$$C = \sum_{l=1}^t a_l \cdot b_l, \text{ kjer so} \quad (2)$$

C - letni stroški prevoza [SIT],

a - poprečen strošek prevoza l-tega kamiona [SIT/m³km],

b - število opravljenih m³km l-tega kamiona [m³km],

t - število kamionov.

3.1 OPTIMALNI PREVOZ LESA OD IZVOROV H KUPCEM

Število $m^3\text{km}$ dobimo tako, da količino lesa v posameznem izvoru m_i množimo z razdaljo do ponora (kupca) r_{ij} . Vsota teh zmnožkov so vsi opravljeni $m^3\text{km}$ v enem letu. Vsota zmnožkov torej predstavlja ciljno funkcijo, ki mora biti minimalna:

$$c_1 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n m_i r_{ij} \quad - \text{min} \quad (3)$$

c_1 - vrednost ciljne funkcije [$m^3\text{km}$],

m_i - količina lesa v določenem izvoru i (gozdnogospodarski, krajevni enoti ali oddelku) [m^3],

r_{ij} - razdalja med izvorom i in ponorom (kupcem) j [km],

n - število kupcev,

k - število izvorov.

Poleg informacij o izvori in ponorih lesa potrebujemo še podatke o razdaljah med njimi (preglednica 3).

Preglednica 3: Razdalje med izvori i in ponori j lesa v km.

Table 3: Distances between sources i and destinations j of timber in km.

Izvori Sources	Kupci / Buyers										
	Žaga Nazar.	Smreka G.Grad	Iver. Nazar	Lespal Količ.	Vitac. Krško	Lesonit Il. Bist.	Imont Dravog	Mikek Bočna	LI Gomil.	Kupci Šal. dol.	Drugo Sav. dol.
Solčava	45	42	45	105	135	215	95	45	60	60	40
Luče	30	27	30	90	120	200	80	30	45	45	25
Ljubno	20	16	20	80	110	190	70	20	35	35	15
Gornji Grad	20	13	20	60	110	190	70	10	35	35	20
Nazarje	8	25	8	68	98	178	50	22	20	20	10
Šoštanj	20	35	20	75	90	170	45	35	25	10	25
Kamnik	40	25	40	30	110	130	90	28	60	60	45
Vransko	40	55	40	30	90	130	70	50	30	50	45

Z upoštevanjem omejitev (vrednosti morajo biti pozitivne, količine lesa pa kvečjemu tako velike, kot je ponudba v posameznem izvoru) že lahko oblikujemo linearni matematični model, ki ga rešimo z metodo linearnega programiranja (ZADNIK 1983, 1987) in računalniškimi orodjem EXCEL (MICROSOFT® 1993). Rešitve predstavljajo optimalni program prevozov v Gozdnem gospodarstvu Nazarje za leto 1995 (preglednica 4).

Preglednica 4: Slika prevozov lesa od izvorov i k ponorom j (kupcem) v letu 1995.

Table 4: *Transport schedule of wood from sources i to destinations j (buyers) in 1995.*

Izvori Sources	Kupci / Buyers										
	Žaga Nazar.	Smreka G.Grad	Iver. Nazar	Lespal Količ.	Vitac. Krško	Lesonit Il. Bist.	Imont Dravog	Mikek Bočna	LI Gomil.	Kupci Šal. dol.	Drugo Sav. dol.
Solčava	1339	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1853
Luče	9012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ljubno	3070	0	4287	0	0	0	0	0	0	0	0
Gornji Grad	8515	4535	0	0	0	0	0	802	0	0	0
Nazarje	11549	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Šoštanj	4425	0	0	0	333	0	871	0	713	911	0
Kamnik	0	0	0	2477	0	1468	0	0	0	0	0
Vransko	0	0	0	165	1578	0	0	0	0	0	0

Minimalna vrednost ciljne funkcije (vsota zmnožkov količine lesa in prevozne razdalje) znaša 1.478.262 m³km. To število podaja minimalno potrebno število m³km, da prepeljemo te količine lesa h kupcem.

Model ima zelo omejeno uporabno vrednost, ker ne upošteva, da imamo celulozni les na prav vseh izvorihih. Prav tako ne upošteva dejstva, da npr. Lesonit Ilirska Bistrica kupuje le furnirsko hlodovino bukve, ki je pa v Kamniku sploh ni, oziroma da celuloznega lesa ne kupujejo prav vsi kupci.

Zato smo model razširili z uvedbo dodatnih zahtev. V vsakem predelu je 15-20% celuloznega lesa in drv, bukov furnir za Lesonit pa najdemo le v določenih predelih (preglednica 5). Pri tem smo zahtevali, da celulozni les vozimo v Iverno Nazarje, Lespal Količevo ali Vitacel Krško.

Preglednica 5: Dodatne omejitve (zahteve) za izračun optimalnega načrta prevoza lesa h kupcem.

Table 5: Additional constraints regarding optimal timber transport schedule.

Izvor Sources	Skupaj Sum m ³	Les za iver. plošče Timber for ship boards m ³	Bukov furnir in luščenec Beech veneer and peeled veneer m ³
Solčava	3192	479	0
Luče	9012	1352	500
Ljubno	7357	1104	0
Gornji Grad	13852	2078	818
Nazarje	11549	1732	150
Šoštanj	7253	1088	0
Kamnik	3945	592	0
Vransko	1743	416	0

Informacija o količini bukovega furnirja in luščenca seveda ne pomeni, da ga v območju več ni, temveč da količine ravno še pokrijejo potrebe tega kupca. Postavili bi lahko še dodatne zahteve glede količin posameznih sortimentov v določenem predelu.

Če optimiramo stanje po dodatnih zahtevah, dobimo naslednji program prevozov (preglednica 6).

Preglednica 6: Program optimalnega prevoza lesa od izvorov i h kupcem j po uvedbi dodatnih zahtev.

Table 6: Optimal transport schedule of timber following additional constrains.

Izvori Sources	Kupci / Buyers										
	Žaga Nazar.	Smreka G.Grad	Iver. Nazar	Lespal Količ.	Vitac. Krško	Lesonit Il. Bist.	Imont Dravog	Mikek Bočna	LI Gomil.	Kupci Šal. dol.	Drugo Sav. dol.
Solčava	860	0	479	0	0	0	0	0	0	0	1853
Luče	7160	0	529	0	823	500	0	0	0	0	0
Ljubno	6253	0	1104	0	0	0	0	0	0	0	0
Gornji Grad	8972	1182	444	1634	0	818	0	802	0	0	0
Nazarje	9667	0	1732	0	0	150	0	0	0	0	0
Šoštanj	4383	0	0	0	1088	0	871	0	0	911	0
Kamnik	0	3353	0	592	0	0	0	0	0	0	0
Vransko	614	0	0	416	0	0	0	0	713	0	0

Vrednost ciljne funkcije se je s tem povečala na 1.687.915 m³km. Dejansko smo v GG Nazarje v letu 1995 opravili 1.868.215 m³km (indeks 111), kar pomeni, da bi za popolnoma enak prihodek lahko imeli v podjetju za 11% manj stroškov.

3.2 OPTIMALNA RAZPOREDITEV KAMIONOV

V tem poglavju bomo odgovorili na vprašanje, s katerimi kamioni prepeljati les h kupcem po optimalnem programu, ki smo ga določili v prejšnjem poglavju (preglednica 6). Videli bomo, da z upravljanjem sistema prevozov s pomočjo spremljanja stroškov prevoza po stroškovnih nosilcih (kamionih) lahko bistveno zmanjšamo stroške. Vozni park v Gozdnem gospodarstvu Nazarje je zelo pisan po nosilnosti in tudi po stroških, izraženih v SIT/m³km. Upoštevali bomo le materialne stroške prevozov, ker naše proučevanje sovпада z reorganizacijo gozdarstva, zaradi česar bi stroški dela lahko dajali napačno sliko.

3.2.1 Materialni stroški prevoza

Pri analizi materialnih stroškov prevoza smo spremljali podatke za leta 1993, 1994 in 1995. Ker so imeli različni kamioni znotraj posameznega leta različne poprečne razdalje in s tem tudi objektivno različne stroške (večje poprečne razdalje pomenijo, da večji dol prevoza opravimo po javni (boljši) cesti, poleg tega pa je delež stroškov prekladanja v skupnih stroških prevoza manjši), smo dejanske stroške korigirali - standardizirali na poprečno razdaljo vseh kamionov. Poprečna razdalja je izračunana kot kvocient med številom m³km in številom prepeljanih m³. Korekcijo smo izvedli s pomočjo eksponentne regresije po naslednjem postopku:

- Izračunali smo eksponentno regresijsko funkcijo¹

$$y = ae^{bx}, \quad \text{pri čemer je:} \quad (4)$$

y - revalorizirana vrednost stroškov z inflatorjem za vsa vozila v vseh treh letih [SIT/m³km],

¹ Preskus drugih regresijskih krivulj je pokazal, da bi lahko dosegli večjo skladnost s podatki, vendar bi pri krajših prevoznih razdaljah (okrog 10 km) kazale previsoke vrednosti, ker se na krajših prevoznih razdaljah nahajajo kamioni majhnih zmogljivosti (nosilnosti 5,5 t) in že zaradi tega dvignejo krivuljo. Npr. polinom druge stopnje tako dvigne R na 0,74**.

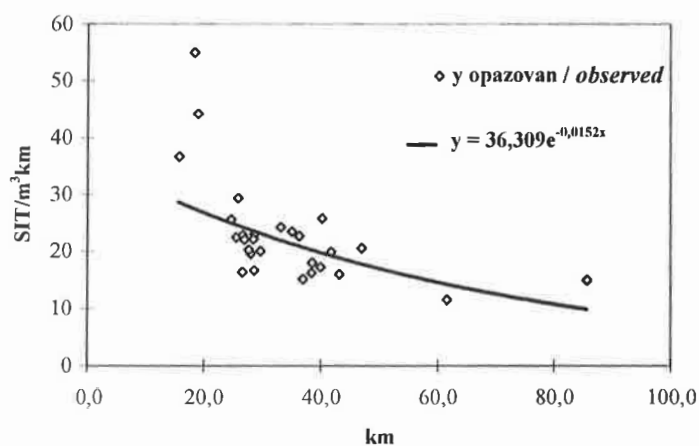
x - poprečna prevozna razdalja polne vožnje določenega kamiona v določenem letu [km],
 a, b - koeficienti enačbe.

V našem primeru je (grafikon 1):

$$a = 36,309^{**}$$

$$b = -0,0152^{**}$$

$$R = 0,64^{**}$$



Grafikon 1: Opazovane in izravnane revalorizirane vrednosti stroškov v SIT/m³km.

Graph 1: Observed and regression values of costs in SIT/m³km.

- V nadaljevanju smo poiskali razliko med dejanskimi revaloriziranimi poprečnimi triletnimi stroški v SIT/m³km določenega kamiona in regresijsko vrednostjo pri njegovi poprečni razdalji.
- Razliko smo prišteli k regresijski vrednosti pri poprečni prevozni razdalji vseh kamionov in dobili stroške določenega kamiona pri skupni poprečni razdalji.
- Postopek smo imenovali korekcija I. stopnje.
- Nato smo postopek ponovili za vse kamione in še posebej le za leto 1995 in tako dobili med seboj primerljive vrednosti za stroške (preglednica 7).

Postopek predvideva, da so regresijske črte posameznih kamionov vzporedne s skupno regresijsko črto za vse kamione.

Analiza materialnih stroškov za leta 1993, 1994 in 1995 je pokazala, da so materialni stroški prevoza, izraženi v SIT/m³km, zelo različni tudi pri vozilih iste kategorije (preglednica 7).

Preglednica 7: Pregled revaloriziranih materialnih stroškov prevoza po stroškovnih nosilcih (kamionih).

Table 7: Transport material costs by cost units (trucks).

Garažna številka Garage number		18	20	22	23	24	26	38	40	42	47	Poprečje Average
Leto Year												
93, 94, 95	Poprečna razdalja [km] Average distance [km]	33,27	38,41	58,52	25,27	31,19	17,37	30,07	48,38	27,98	34,25	32,65
SIT/m ³ km		16,46	25,43	18,01	25,80	19,46	43,84	21,20	15,20	20,35	20,48	20,63
SIT/m ³ km pri skupni pop.razdalji SIT/m ³ km at total average distance		16,66	27,28	25,20	23,18	18,97	38,06	20,31	19,90	18,72	21,01	20,63
1995	Poprečna razdalja [km] Average distance [km]	38,49	40,04	46,78	25,71	29,60	18,21	27,64	41,71	28,55	28,42	32,42
SIT/m ³ km		18,02	25,72	20,49	29,28	20,02	54,93	20,26	19,84	22,98	22,10	22,80
SIT/m ³ km pri skupni poprečni razdalji SIT/m ³ km at total average distance		19,97	28,15	24,84	26,90	19,05	49,58	18,58	22,77	21,64	20,71	22,80

Opomba: Stroški v preglednici so revalorizirani z inflacijsko stopnjo tako, da predstavljajo vrednosti po stanju leta 1995.

3.2.2 Program prevozov lesa za leto 1995 z minimalnimi stroški

Program prevozov lesa za leto 1995 smo najprej sestavili tako, da smo upoštevali poprečne revalorizirane materialne stroške za leta 1993, 1994 in 1995. Upoštevali smo samo tiste relacije, ki nam jih je ponudil optimalni program v poglavju 3.1 (preglednica 4). Poleg tega smo tudi združili relacije z enako prevozno razdaljo (preglednica 8).

Preglednica 8: Pregled relacij prevozov za leto 1995.

Table 8: Transport distances in 1995.

Relacija / Destination	Šifra / Code	km	m ³	m ³ km
Solčava-žaga Nazarje	1	45	1339	60255
Luče-žaga Nazarje	2	30	7689	230669
Ljubno-žaga Nazarje	3	20	7357	147140
Gor. Gr.-žaga Nazarje	4	20	9416	188320
Nazarje-žaga Nazarje	5	8	11399	91192
Šoštanj-žaga Nazarje	6	20	4383	87661
Vransko-žaga Nazarje	7	40	614	24560
Gor.Gr.-Smreka Gor.Gr.	8	13	1182	15363
Kamnik-Smreka Gor.Gr.	9	25	3353	83831
Gor.Gr.-Lespal Količ.	10	60	1634	98055
Kamnik-Lespal Količ.	11	30	592	17753
Vransko-Lespal Količ.	12	30	416	12480
Luče-Vitacel Krško	13	120	823	98766
Šoštanj-Vitacel Krško	14	90	1088	97916
Luče-Ilir.Bistrica	15	200	500	100000
Gor.Gr.-Ilir.Bistrica	16	190	818	155420
Nazarje-Ilir.Bistrica	17	178	150	26700
Šoštanj-Dravograd	18	45	871	39195
Gor.gr.-Bočna	19	10	802	8020
Vransko-LI Gomilsko	20	30	713	21390
Šoštanj-Šal.dolina	21	10	911	9110
Solčava-Sav.dolina	22	40	1853	74120
Skupaj / Together		29	57903	1687915

Optimalni program prevozov smo sestavili tako, da bo zagotovil minimum izraza:

$$c_2 = \sum_{z=1}^t \sum_{j=1}^n v_z p_{zj} \quad - \quad \min \quad (5)$$

p_{zj} - strošek prevoza enega m³ lesa pri kamionu z h kupcu j [DE/m³] (dobimo ga tako, da stroške kamiona z [DE/m³km] množimo z razdaljo prevoza [km] h kupcu j),

v_z - količina lesa, ki ga prepelje kamion z [m³],

n - število kupcev,

t - število kamionov.

Optimalni raspored kamionov kaže preglednica 9.

Preglednica 9: Razporeditev kamionov za prevoz lesa v letu 1995 s poprečnimi revaloriziranimi materialnimi stroški za leta 1993, 1994 in 1995 s korekcijo I. stopnje.

Table 9: Transport schedule in 1995 (material costs in 1993, 1994 and 1995) with a correction of the I. degree.

Šifra relacije Destination code	Gar. št./Gar. no. km	18	20	22	23	24	26	38	40	42	47	m ³
		SIT/m ³ km pri skupni poprečni razdalji SIT/m ³ km on the total average distance										
1,18	45	816	0	0	0	0	0	0	0	1394	0	2210
2,11,12,20	30	0	0	0	0	6054	0	0	0	3356	0	9410
3,4,6	20	0	0	0	4714	0	0	6765	2549	0	7129	21156
5	8	0	5367	3370	0	0	2661	0	0	0	0	11399
7,22	40	0	0	0	0	0	0	0	0	2467	0	2467
8	13	0	0	0	1182	0	0	0	0	0	0	1182
9	25	0	0	0	0	87	0	0	3266	0	0	3353
10	60	1634	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1634
13	120	823	0	0	0	0	0	0	0	0	0	823
14	90	1088	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1088
15	200	500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	500
16	190	818	0	0	0	0	0	0	0	0	0	818
17	178	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150
19,21	10	0	0	773	940	0	0	0	0	0	0	1713
m ³		5829	5367	4144	6835	6141	2661	6765	5815	7217	7129	57903
Poprečna razdalja (km)		105,3	8,0	8,4	17,4	29,9	8,0	20,0	22,8	36,3	20,0	29,2
Average distance (km)												

Vrednost ciljne funkcije (materialni stroški prevoza) znaša 32.614.670 SIT. Če jo primerjamo z dejanskimi stroški v letu 1995 (45.112.591 SIT), vidimo, da je prevoz za približno 12,5 mio cenejši (indeks 72).

Optimalni program razporeditve vozil (preglednica 9) spremeni tudi poprečne razdalje posameznih kamionov. To pomeni, da se spremenijo tudi njihovi stroški, izraženi v SIT/m³km. Zato smo izvedli še korekcijo II. stopnje, ki stroške pri skupni poprečni razdalji prenese vzporedno z regresijsko črto na poprečne razdalje posameznega kamiona (obratno kot pri korekciji I. stopnje). Ker imamo opravka z ekstrapoliranimi podatki, so napake regresijskih vrednosti pri velikih oddaljenostih od aritmetične sredine prevoznih razdalj (29 km) že zelo velike.

Vrednost ciljne funkcije (višina materialnih stroškov) za leto 1995 znaša 35.161.477 SIT (indeks 78 v primerjavi z dejanskimi stroški), če pa upoštevamo še korekcijo II. stopnje se vrednost ciljne funkcije zniža na 35.117.974 SIT, pri čemer ostane razporeditev vozil enaka. V modelu nismo upoštevali vseh komponent, ki vplivajo na potek prevozov (neenakomernost proizvodnje skozi leto, okvare, ...), je pa odprt za razširitev tudi v tej smeri.

3.2.3 Program prevozov lesa za leto 1995 z maksimalnimi materialnimi stroški

Želeli smo še ugotoviti, v kakšnem razponu se gibljejo materialni stroški prevoza. Zato smo izračunali, kakšna bi bila najslabša inačica prevozov, oziroma, koliko bi nas stala pri optimalnem programu iz poglavja 3.1. Izračun opravimo tako, da od ciljne funkcije (5) zahtevamo maksimum. Pri razporeditvi, ki izhaja iz preglednice 6, bi bila vrednost maksimuma ciljne funkcije (materialni stroški prevozov) s stroški za leto 1995 brez korekcije II. stopnje 51.117.361 SIT ali približno 15,9 mio SIT več kot pri programu, kjer smo računali minimum ciljne funkcije.

3.2.4 Racionalizacija s povečanjem zmogljivosti

Želeli smo še raziskati, kako se bo spremenila vrednost minimuma ciljne funkcije, če ponudba lesa ni usklajena s prevozom. To pomeni, da v programu predvidimo, da bi kamion lahko prepeljal več lesa, kot ga dejansko je. Predpostavimo, da ga lahko vsak prepelje 10% več. Program prevozov bo takšen, da bo dražjim kamionom odvzel določeno količino lesa in jo dodelil cenejšim. V tem primeru znaša vrednost ciljne funkcije za leto 1995 (materialni stroški prevoza lesa) po stroških iz leta 1995 brez korekcije II. stopnje 34.181.837 SIT oziroma okrog 1 mio SIT prihranka v primerjavi z dejansko zasedenostjo vseh kamionov. Program tudi predvideva prepoved (izločitev) prevozov za garažno številko 26 in zmanjšanje za garažno številko 20. Ostali kamioni si njune količine razdelijo. Za natančnejši izračun vrednosti ciljne funkcije bi morali upoštevati še korekcijo II. stopnje.

3.2.4 Program prevozov pri izpadu določenega vozila

Velikokrat se zgodi, da določenega kamiona, ki ga predvideva optimalni program, iz različnih vzrokov nimamo na voljo. V program vnesemo dodatno zahtevo, da tega kamiona ni, vsi ostali pa morajo dodatno skupaj imeti najmanj tolikšno zmogljivost kot izostali kamion. Vzemimo primer, da garažna številka 18 izostane. Njeno količino si naj porazdelijo ostala vozila v razmerju s prepeljanimi količinami, če želimo zaposliti vsa vozila. Če ne, povečamo zmogljivosti preko teh količin in od programa zahtevamo minimum ciljne funkcije (5). V našem primeru je vrednost ciljne funkcije padla na 35.033.180 SIT, pri čemer smo zmogljivosti kamionov povečali za 15%, kar je nekaj nad izostalimi količinami. Program je tudi pokazal, katerim garažnim številkam dodeliti izostale količine. Ker je povečanje prevoznih zmogljivosti kamionov nekaj večje od razpoložljivih količin, ki jih je imel izpadli kamion, se je količina prepeljanega lesa najdražjega kamiona (gar. št. 26) nekoliko zmanjšala. Prevezeli so jo cenejši kamioni. Za natančnejšo določitev vrednosti ciljne funkcije bi morali upoštevati še korekcijo II. stopnje.

4 ZAKLJUČEK

Raziskava je pokazala, da so pri organizaciji prevoza možnosti za zmanjševanje stroškov še velike. Za to pa morajo biti izpolnjeni trije ključni pogoji:

- Prevoznik mora vnaprej poznati, kakšne so ponujene količine lesa - pravočasni letni plani in proste roke pri organizaciji proizvodnje.
- Če je prevoznik Gozdno gospodarstvo, mora imeti vnaprej sklenjene pogodbe s kupci lesa.
- Prevoznik mora spremljati stroške prevoza po stroškovnih nosilcih in obvladovati prevoze na način, ki je opisan v prispevku.

Če gozdarsko podjetje ne izpolnjuje prvih dveh pogojev, je racionalno obnašanje še vedno možno z zagotovitvijo tretjega. Raziskava je pokazala, da so razlike med dejanskimi stroški in tistimi, ki bi jih dosegli z optimalnimi programi v

različnih oblikah, zelo velike in da so prihranki veliki. S pomočjo modelov, orodij matematičnega programiranja in računalniškimi pripomočki, ki izvajajo zamudne računske operacije, so prihranki več kot simbolični.

Pritisk na zmanjševanje stroškov poslovanja (večji dobiček) se bo v bodočnosti prav gotovo povečeval. Uporaba metod optimiranja bo postala nujnost ne samo v prevozih, ampak tudi v drugih poslovnih dejavnostih gozdarskega podjetja.

Kljub temu da so razmere na področju prevozov nepredvidljive (še posebej, če vključujejo velik delež zasebnih gozdov), se s predstavljenimi orodji da prihraniti marsikak nepotreben strošek. Če pogledamo razliko med optimalno različico prevoza lesa v Gozdnem gospodarstvu Nazarje in dejanskimi materialnimi stroški (približno 10 mio SIT) za leto 1995 in to vrednost pretvorimo v energetski ekvivalent (litre kurilnega olja), ugotovimo, da to predstavlja kar 280.000 litrov (1 l = 36 SIT). S to količino lahko letno ogrevamo najmanj 120 enodružinskih hiš. Zelo malo verjetno je, da dosežemo to idealno stanje, prav gotovo pa je možni prihranek relativno velik. Vpliv organizatorja prevozov na rezultat poslovanja je torej izjemno pomemben.

5 POVZETEK

Zaostrene razmere gospodarjenja in večje naraščanje stroškov v primerjavi s prihodki sili gozdnogospodarska podjetja v racionalizacijo poslovanja. V članku smo analizirali poslovanje sistema prevozov gozdnih lesnih sortimentov. Pri tem nas je zanimalo, kako z organizacijskimi ukrepi zmanjšati stroške poslovanja. Omejili smo se zgolj na materialne stroške prevoza. Oblikovali smo model in ga testirali v Gozdnem gospodarstvu Nazarje.

Nalogo smo rešili v dveh korakih. Sprva nas je zanimalo, od kod prepeljati les (izvori) h katerim kupcem (ponori). Z dodajanjem omejitev v zvezi s kupci in ponudbo lesa v posamezni krajevni enoti smo prišli do realnega modela prevozov

z minimalnim številom opravljenih m^3km . Ugotovili smo, da je to za 11% manjše od dejansko opravljenih v letu 1995.

V drugem koraku smo želeli odgovoriti na vprašanje, s katerimi kamioni prepeljati les. Potrebujemo višino stroškov prevoza po posameznih kamionih - stroškovnih nosilcih. Ker so njihove letne poprečne razdalje prevozov zelo različne, neposredna primerjava stroškov (izraženih v SIT/ m^3km) ni objektivna. S pomočjo standardizacije na skupno poprečno razdaljo smo stroške objektivizirali. Pri tem smo si pomagali z eksponentno regresijo.

Analiza modela je pokazala, da bi podjetje lahko v letu 1995 prihranilo okrog 10 mio SIT (22%) materialnih stroškov. Če bi k temu dodali še stroške dela, bi bil prihranek še mnogo večji.

Najdražja razporeditev kamionov pri minimalnem številu opravljenih m^3km je od najcenejše višja za okrog 15,9 mio SIT (45%). To pomeni, da je vpliv organizatorja prevozov na poslovni rezultat izjemno velik.

Odgovorili smo še na vprašanje, kako se spremeni program razporeditve kamionov, če domnevamo, da bi vsak lahko prepeljal 10% več lesa, kot ga dejansko je. Ugotovili smo, da pri tem odvezujemo enemu (najdražjemu) vozilu ves les, drugemu pa količino zmanjšamo. Ostala vozila si njune količine razdelijo. Vrednost ciljne funkcije se pri tem zmanjša.

Izdelali smo še optimalni program prevozov v primeru, ko določeno vozilo izpade. Ugotavljamo, da spremljava stroškov prevozov po kamionih (stroškovnih nosilcih) in uporaba orodij matematičnega programiranja, ki so podprta s prijaznimi računalniškimi programi, lahko bistveno izboljšata rezultat poslovanja podjetja. Vloga organizatorja prevozov pri tem ni zgolj simbolična.

6 SUMMARY

Due to severe economic conditions and greater increase in expenditures than in income forest management enterprises have to find ways to rationalize their operations. The issue of the article is the analysis of the operation of forest timber assortment transport system. The goal of the research was how to reduce operation costs by means of organizational tools. The topic was restricted to transportation material costs. A model was designed and tested in the Nazarje Forest Enterprise. The task was performed in two steps. First, our concern was the sources of timber and the destinations. With additional restrictions as to buyers and timber offer in a local unit a realistic model of transport schedule, with minimal number of m^3km performed was achieved. It was established that this was by 11% less than there were actually performed transports in 1995.

The second step tried to be an answer to the question by which trucks timber should be transported. The necessary datum is transport costs by individual trucks - cost agents. Due to the fact that their average annual distances differ greatly, a direct comparison of costs (expressed in SIT/ m^3km) cannot be an objective one. By means of standardization to the total average distance the costs were objectivized, the exponent regression being applied thereby.

The analysis of the model has proved that the company could have saved about 10 million SIT (22%) of material costs in 1995. The saving would be even greater if work costs were added to them.

The most expensive transport schedule with the least number of m^3km is by around 15,9 million SIT (45%) greater than the cheapest one. Thus the impact of transport organizer on business results is extremely high.

An answer was also given to the question how a transport schedule is changed supposing that each of the trucks could carry by 10% more timber than it did in reality. Thereby entire timer is taken from one truck (the most expensive one) and

the timber quantity of the second truck is reduced so that other trucks get their quantities of timber. The value of goal function is thereby reduced.

Besides the optimal transport schedule has been elaborated for the case when one truck is out of operation.

It can well be established that cost monitoring in transport by trucks (cost agents) and the application of mathematical programming tools, supported by computer programs, can essentially improve operation results of a company. The role of a transport organizer, however, remains quite important.

7 VIRI

- KOVAČ, B., 1995. Nagrade za kvaliteto in reinženiring.- Bled, ISO 9000 Forum Application Symposium - Proceedings, 17 s.
- KRAJČIČ, D., 1996. Zakonitosti prevoza gozdnih lesnih sortimentov v GG Nazarje.- Zbornik gozd. in les., 48. s. 53-75.
- LIHAI, W., 1994. Optimal Operation Planning for Integrated Forest Harvesting and Transport Operations from the Forest to the Mill.- Fredericton (CANADA). Journal of Forest Engineering 6,1, s.15-22.
- OTRIN, Z., 1974. Smotrna organizacija razdelitve oblovine iglavcev glavnim porabnikom glede na stroške prevoza s tovornjaki s sečišč na območju treh gozdnih obratov Gozdnega gospodarstva Nazarje.- Zbornik gozd. in les.,12, s. 167-210.
- OROŽIM, M., 1982. Ekonomsko-organizacijski vidiki prevoza lesa na Gozdnem gospodarstvu Celje.- Diplomski naloga, Ljubljana, Gozdarski oddelek Biotehniške fakultete, 23 s.
- WINKLER, I. / KOŠIR, B. / KRČ, J. / MEDVED, M., 1994. Kalkulacije stroškov gozdarskih del.- Ljubljana, Strokovna in znanstvena dela 113, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo, 69 s.

ZADNIK, S. L., 1983. Operacijska raziskovanja.- Ljubljana. Biotehniška fakulteta - VTOZD za gozdarstvo, 175 s.

ZADNIK, S. L., 1987. Metode v operacijskem raziskovanju (Podiplomski študij biotehnike).- Ljubljana. Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo, 101 s.

MICROSOFT, 1993. Excel 5.0.- Računalniško orodje za okolje Windows.