

Tehnika vožnje in poraba goriva pri odvozu lesa

Edvard REBULA*

Izvleček

Rebula, E.: Tehnika vožnje in poraba goriva pri odvozu lesa. Gozdarski vestnik, št. 2/1990. V slovenščini s povzetkom v angleščini, cit. lit. 5.

Studija obravnava vpliv tehnike vožnje, opredeljene s količino plina, številom vrtljajev motorja in pogostostjo pretikanja, na porabo goriva pri odvozu gozdnih sortimentov s kamionom TAM (Magirus) 260.

Tehnika vožnje pomembno vpliva na porabo goriva. Najboljša tehnika se razlikuje po ozirju na cesto in obremenjenosti vozila. Voznik se razmeroma lahko priuči posamezni tehniki vožnje.

Synopsis

Rebula, E.: Driving Technique and Fuel Consumption in Timber Removal. Gozdarski vestnik, No. 2/1990. In Slovene with a summary in English, lit. quot. 5.

The study deals with the influence of driving technique, which is defined by fuel quantity, rotation number of the engine and the frequency of gear engagement, on fuel consumption in forest timber assortment removal by means of the TAM (Magirus) 260 truck.

A driving technique has an important influence on fuel consumption. The best technique varies as to the road and the truck load. A driver gets accustomed to individual driving techniques relatively easily.

1. PROBLEMATIKA IN CILJI RAZISKAVE

S proučevanjem porabe goriva pri gozdarskih opravilih se ubadamo že nekaj časa. Proučevali smo porabo goriva pri sečnji, spravilu in prevozu. Ugotavljali smo vplive posameznih dejavnikov na porabo. Pri tem smo imeli največ težav z ugotavljanjem vpliva voznika (sekača, traktorista, šoferja) na porabo goriva.

To raziskavo smo izvedli ravno zato, da bi ugotovili razlike v porabi goriva pri prevozu lesa s kamionom kot posledice različne tehnike vožnje. Poleg tega smo ponovno ugotavljali vpliv kakovosti cestišča, naklon ceste in drugih dejavnikov na porabo goriva, kar pa bomo obdelali drugje.

2. OBJEKTI RAZISKAVE IN NAČIN DELA

Porabo goriva smo merili pri odvozu lesa s Pokljuke. Les so vozili z gozdne ceste, ki vodi od Rudnega polja za Mesnovec in se

nad odcepom za Šport hotel priključi cesti Mrzli studenec-Rudno polje.

Prazen kamion je vsako jutro odpeljal iz garaže na Rečici po cesti čez Gorje na Pokljuko. Les so vozili v Bohinjsko Bistrico, na meles. Prazen se je vračal čez Koprivnik. Vsak dan je peljal tri vožnje. Popoldne, ob koncu delavnika, se je po dolini vrnil na Rečico.

Porabo goriva smo merili z merilcem KINZLE. Merilec kaže kumulativno porabo goriva na 0,1 l natančno. V kabini vozila je sedel snemalec in odčitaval porabljeno gorivo za posamezni cestni odsek.

Cesto smo glede na kakovost vozišča ločili v tri kategorije:

- asfaltirano,
- javno makadamsko,
- gozdno makadamsko.

Cesto smo razdelili v cestne odseke, ki naj bi bili po naklonih ceste in drugih pogojih, ki vplivajo na vožnjo (kakovost vozišča, ovinki ipd.) čim bolj enaki (homogeni). Pri vsakem odseku smo izmerili dolžino in višinsko razliko. Izračunali smo povprečni naklon.

Porabo goriva smo proučevali na kamionu TAM 260 T 26 B-GO 6x4-4,2 s pripeto dvoosno polprikolico GORICA (no-

* Prof. dr. E. R., dipl. inž. gozd., Biotehniška fakulteta, VTOZD za gozdarstvo, 61000 Ljubljana, Večna pot 83, YU.

silnost 12 ton). Vozili so 8–10 m dolgo oblovinno iglavcev (v glavnem smreke) v lubju. Nosilnost kompozicije je 22,5 tone, dovoljena skupna masa pa 40 ton. Posamezni tovari so vsebovali 23–28 m³ oblovine.

Kamion je ves čas vozil isti voznik. Vpliv tehnike vožnje – vpliv voznika – smo nameravali ugotoviti tako, da bi voznik po navodilih vozil z različno tehniko. Tehniko vožnje smo opredelili s:

- pritiskom na pedal za plin – količino plina,
- številom vrtljajev motorja,
- pogostostjo pretikanja.

Tako smo prikazali naslednje štiri tipe vožnje:

1. Počasni: Šofer vozi pri optimalnem številu vrtljajev (okoli 1400–1600 vrt/min) pri polnem plinu. Za optimalno število vrtljajev skrbi s pogostimi pretikanji.

2. Smotni: Šofer vozi z normalnim (1/2 do 3/4) plinom pri zelo različnem številu vrtljajev motorja v čim višji prestavi. Menjuje čim manj.

3. Hrupni: Šofer vozi stalno pri najvišjem številu vrtljajev (za kar poskrbi s pogostimi pretikanji) ob polnem plinu.

4. Optimalni: Šofer vozi z normalnim (1/2 do 3/4) plinom pri številu vrtljajev, ki bo čim bližje optimalnemu (s pogostim pretikanjem).

Opisani tipi vožnje ustrezajo vožnji, pri kateri motor vleče. Če motor zavira – vožnja navzdol – ustreza tipu vožnje 1 in 3 počasna vožnja navzdol z malo zaviranjem, tipu 2 hitra vožnja z veliko zaviranjem in tipu 4 normalna vožnja z normalnim zaviranjem.

Pred začetkom vožnje je snemalec razložil vozniku, kako naj vozi – pojasnil zaželeno tehniko vožnje. Voznik je nato z določeno tehniko zaporedoma vozil določeno število voženj (4–5). Ko smo posneli dovolj voženj posameznega tipa, mu je snemalec razložil naslednjo tehniko in takoj sta nadaljevala snemanje. Tip vožnje sta spreminjala na začetku vožnje.

Za vsak cestni odsek smo poleg porabe goriva izmerili oziroma zapisali še:

- prevoženo razdaljo po števcu kilometrov,
- trajanje vožnje (merili smo s kronometri po ničelni metodi),

- število vrtljajev motorja (snemalec ga je zabeležil vsake 0,5 minute),

- število pretikanj (menjav) za vsak cestni odsek posebej

- velikost bremena,

- kategorijo ceste in

- vrsto vožnje (polno, prazno).

Ta metodologija je precej podobna tisti iz dosedanjih proučevanj porabe goriva pri odvozu lesa (KURE 1989, REBULA 1987, POTOČNIK 1988). Dopolnjena je tako, da smo lahko natančneje ugotovili dolžino in naklon cestnih odsekov, število obratov motorja, število pretikanj in opredelili tipe vožnje.

Iz snemalnih listov smo podatke snemanj prenesli v računalnik in jih ustrezno obdelali. Način obdelave bo razviden v prikazu izsledkov.

3. ZNAČILNOSTI POSAMEZNIH TIPOV VOŽNJE

Že pri pripravi raziskave se je pojavilo vprašanje, ali bo voznik razumel naša skopa navodila oziroma želje in ali se mu bo posrečilo ta navodila udejaniti. Gre za to, ali bo lahko odigral posamezne vloge. V bistvu je bil to nekakšen dvom o uspehu raziskave.

Značilnosti posameznega tipa vožnje podajamo v razpredelnici 1. Kot značilnosti smo določili dosežene aritmetične sredine posameznih merjenih spremenljivk pri posameznem tipu vožnje. Podatki so povprečja za posamezne cestne odseke. Poleg povprečij smo podali še količnike variacij (kv), ki kažejo variabilnost posameznega znaka.

Podatki o prevoženem razdalji v bistvu prikazujejo lastnosti ceste. Med posameznimi tipi vožnje so majhne razlike, ki so nastale iz naslednjih razlogov:

1. Pri prazni vožnji je razdaljo Rečica–Mrzli studenec kamion prevozil le enkrat. Zato je njen delež pri različnih tipih vožnje nekoliko različen.

2. Zadnji del ceste – zanka od odcepa med Šport hotelom–Rudno polje in po gozdni cesti nazaj je bil prevožen enkrat v eni, drugič v drugi smeri – odvisno od mesta nakladanja. Tudi to spreminja povprečje.

Razpredelnica 1: Značilnosti posameznih tipov vožnje

Značilnost	Tip vožnje									
	1		2		3		4		5	
	posadski		smotni		hrupni		optimalni		optimalni	
	vsota	pov- prečje	kv %	pov- prečje	kv %	pov- prečje	kv %	pov- prečje	kv %	pov- prečje
Prazna vožnja										
Prevožena razdalja	399,6	2,81	58	2,72	58	2,90	57	2,85	54	2,85
Tratjanje vožnje	605	4,26	52	4,58	52	3,92	54	4,28	47	4,28
Število vrtljajev	1771	1771	11	1544	3	2061	3	1816	7	1816
Število pretikanj	708	4,99	71	5,64	64	4,74	76	5,09	79	5,09
Dosežena hitrost		40,37	30	36,16	31	45,94	27	39,91	29	39,91
Polna vožnja										
Prevožena razdalja	450,6	2,94	47	2,91	47	3,18	44	2,91	49	2,91
Tratjanje vožnje	873	5,71	47	6,34	46	5,20	45	5,81	49	5,81
Število vrtljajev		1845	10	1596	4	2075	1	1900	6	1900
Število pretikanj	1006	6,58	68	5,05	74	7,67	60	5,46	57	5,46
Dosežena hitrost		32,36	37	28,31	34	38,41	34	31,29	38	31,29

3. Cestnega odseka, na katerem so nkladali na kamion, niso upoštevali.

Zaradi tega nastajajo neznatne razlike med povprečnimi dolžinami odsekov pri posameznem tipu vožnje in med polno ter prazno vožnjo. Te razlike pa so premajhne, da bi lahko popačile druge podatke v tabeli, ki kažejo razlike v tehniki vožnje med posameznimi tipi vožnje, kot sta število vrtljajev motorja in število pretikanj ter posledice teh različnih tehnik vožnje, ki jih v razpredelnici 1 ponazarjamo z različnimi časi in hitrostmi.

Podatki v razpredelnici 1 kažejo, da lahko isti voznik vozi zelo različno. Te razlike smo dosegli le s tem, da smo vozniku pojasnili našo željo. Ni bilo nikakršnih vaj, poučevanja ali preizkušenj. Iz tega sledita vsaj dve zelo pomembni ugotovitvi:

1. Voznik lahko vozi zelo različno – uporablja različne tehnike vožnje. Te razlike lahko objektivno ugotovimo in opredelimo s:

- količino plina,
- številom vrtljajev,
- pogostostjo pretikanj.

2. Voznika lahko razmeroma lahko naučimo uporabljati določen tip vožnje.

Ugotovitve pri polni in prazni vožnji so precej podobne. Upoštevati pa je treba, da gre v gozdarstvu običajno za prazno vožnjo navzgor – iz doline v gozd – v goro in polno vožnjo navzdol. V našem primeru sta bila pri polni vožnji le dva (včasih trije) proti-vzpoma, in še ta kratka in blaga. Proučevanje porabe goriva, zlasti še ugotavljanje vpliva tipa vožnje na porabo, pa je zanesljivejše v pogojih, ko motor vleče, ko je obremenjen, torej pri vožnji navzgor. To pa je v gozdarstvu skoraj vedno le pri prazni vožnji.

V našem preizkusu je voznik pri vseh tipih vožnje dosegel pri polni vožnji višje število vrtljajev, manjšo hitrost in večje število pretikanj kot pri prazni vožnji.

Da bi nazorneje prikazali razlike med značilnostmi posameznega tipa vožnje, smo značilnosti za prazno vožnjo zbrali v razpredelnici 2.

V razpredelnici 2 so razlike med posameznimi tipi vožnje precejšnje. Večinoma se med seboj tudi statistično značilno razlikujejo. Prikazanim razlikam je treba dodati še razlike v količini plina (pritisaku na pedal

za plin oziroma položaju pedala), pri kateri nismo beležili (merili) nobenega kazalca.

Razlika med skrajnima povprečjema je:

- pri hitrosti 27 %,
- pri številu obratov 33 %,
- pri številu pretikanj 28 %.

Ugotovimo lahko še, da se hitrost in število vrtljajev spreminjata premo sorazmerno s tipi vožnje in da je število pretikanj z obema obratnosorazmerno.

4. UGOTOVITVE RAZISKAVE

Zbrani podatki in način njihovega zbiranja so nam omogočili, da smo poleg zastavljenega cilja - ugotavljanja vpliva tehnike vožnje na porabo goriva - lahko raziskali še vpliv drugih dejavnikov. To sta predvsem nagib ceste in kakovost vozišča. Tako smo lahko preverili ugotovitve nekaterih podob-

nih raziskav v zadnjih letih (REBULA 1986, POTOČNIK 1988, KURE 1989).

4.1. Vpliv tehnike vožnje na porabo goriva

Podatki o povprečni porabi goriva za posamezno vrsto vožnje (polno, prazno in skupaj) in za vsak tip vožnje so prikazani v razpredelnici 3. Porabo goriva smo prikazali z dvema kazalcema:

- porabo v časovni enoti L/h,
- porabo na enoto prevožene poti L na 100 km.

Da bi bile razlike bolj nazorne, smo jih prikazali z indeksi. Povprečje smo označili z indeksom 100.

Iz razpredelnice 3 lahko povzamemo:

1. Posamezna tehnika vožnje povzroča precej različno porabo. Razlike so večje, če merimo porabo v časovni enoti (L/h). Pri

Razpredelnica 2: Razlike med posameznimi tipi vožnje pri prazni vožnji

Tip vožnje	Dosežena hitrost		Število vrtljajev		Število pretikanj	
	km/h	indeks	vrt/min	indeks	N	indeks
1 - počasni	36,16	90	1544	87	5,64	113
4 - optimalni	39,91	99	1816	102	5,09	102
povprečje	40,37	100	1771	100	4,99	100
2 - smotrni	41,86	104	1800	102	4,40	88
3 - hrupni	45,94	114	2061	116	4,74	95

Razpredelnica 3: Povprečna poraba goriva pri različnih tipih vožnje

Vrsta vožnje	Enota mere	Tip vožnje				Povprečje
		1 počasni	4 optimalni	2 smotrni	3 hrupni	
Poraba v L/h						
Prazna	L/h	46,76	50,58	56,11	65,88	53,26
	indeks	88	95	105	124	100
Polna	L/h	14,71	16,62	20,21	21,26	17,54
	indeks	84	95	115	121	100
Skupaj*	L/h	28,72	27,98*	36,59	39,98	32,16
	indeks	89	87*	114	124	100
Poraba v L/100 km						
Prazna	L/100 km	131,21	126,71	135,66	148,37	134,34
	indeks	98	94	101	110	100
Polna	L/100 km	53,37	55,37	61,44	57,92	56,63
	indeks	94	98	108	102	100
Skupaj*	L/100 km	92,40	83,90*	99,55	100,11	93,15
	indeks	99	90*	107	107	100

* Pri obravnavanju podatkov za polno in prazno vožnjo skupaj je treba upoštevati, da se nanašajo podatki za prazno vožnjo na 10,08 ur vožnje oziroma 399,6 km prevožene poti. Pri polni vožnji smo posneli 14,55 ur vožnje na 450,6 km poti. Delež polne vožnje obsega 59 % celotnega časa in 53 % prevožene poti.

porabi na enoto prevožene poti so razlike manjše, vendar še vedno petnajstodstotne.

2. Pri vrstnem redu posameznih tipov vožnje so razlike med kazalcema (L/h , $L/100\text{ km}$) ter med polno ter prazno vožnjo. Razliko med kazalcema povzroča hitrost vožnje, ki jo vozilo dosega pri različni tehniki vožnje.

Razlike v vrstnem redu porabe goriva med polno in prazno vožnjo pri posamezni tehniki vožnje izhajajo verjetno iz nagiba ceste. Pri polni vožnji vozi vozilo z bremenom s hriba (Pokljuka) v dolino (Bohinjsko Bistrico). Vozi pretežno navzdol in z motorjem pretežno zavira. Pri prazni vožnji pa vozi prazno vozilo iz doline na goro. Motor pretežno časa vleče. To je tudi razloga za veliko večjo (2 do 2,5-krat) porabo goriva pri prazni vožnji. Večja poraba pri prazni vožnji je posebnost gozdarstva v goratih predelih, za razliko od porabe v običajnem špeditjskem prometu in porabe v gozdarstvu v ravninskih predelih (npr. Posavina, Podravina).

3. Razlike so večje pri prazni vožnji. Ta je za nas zaradi večje porabe tudi pomembnejša, pa tudi tehnike vožnje so bile prilagojene razmeram, ko motor vleče.

Ugotovimo, da je vozilo v časovni enoti (L/h) porabilo pri najbolj potratni tehniki vožnje (polni plin, visoki obrati) dobrih 40 % več goriva kot pri najbolj varčni tehniki vožnje (počasni tip, optimalno število vrtljajev, polni plin). Tudi med ostalima tipoma vožnje (optimalni, smotni) je razlika v porabi goriva v časovni enoti precejšnja – dobrih 10 %. Ta razlika je tako velika kljub isti količini plina (po navodilih) in v povprečju enakemu številu vrtljajev (glej razpredelnico 2), kaže pa se v različni hitrosti (petodstotne razlike) in številu pretikanj.

4. Za prakso in gospodarjenje z gorivom so najpomembnejše razlike v porabi goriva na enoto prevožene poti ($L/100\text{ km}$). Tu so razlike glede na povprečje tudi desetodstotne, poraba (hrupni tip) pa je za 17 % večja od porabe pri najvarčnejšem tipu vožnje (optimalnem).

Kot najvarčnejši se je izkazal tip vožnje z običajnim plinom ($1/2$ do $3/4$) in optimalnim številom vrtljajev – po navodilu – ter pogostimi pretlikanji. Doseženo število vrtljajev je precej višje od optimuma, ki je

nekje okoli 1200 do 1400 vrt/min. Zanimivo je, da smo pri počasnem tipu vožnje predpisali optimalno število vrtljajev (1400 do 1500) in voznik jih je tudi dosegel. Pri optimalnem tipu pa smo v navodilu določili, da mora biti število vrtljajev le »čim bližje optimalnemu«. Voznik je dosegel 1816 vrt/min, zato bi jih bilo bolje označiti kot običajne ali povprečne.

Sicer pa so razlike v porabi goriva za enoto poti med počasnim in smotnim tipom vožnje majhne in statistično neznatne. Bistveno odstopa le hrupni tip, ki je najpotratnejši.

Aritmetične sredine tudi niso najboljše kazalci. Zato bomo ponovno in natančneje obračunavali razlike v porabi goriva v naslednjem poglavju o vplivu naklona ceste na porabo goriva.

4.2. Vpliv naklona ceste na porabo goriva

Vpliv naklona ceste na porabo goriva je že precej raziskan (KURE 1989, POTOČNIK 1988, REBULA 1986 in drugi). Izmed vseh dejavnikov ta najbolj vpliva na porabo goriva. Razlike v porabi goriva zaradi različnih naklonov so nekajkratne. Zato smo morali ugotoviti in izločiti vpliv naklona ceste, da bi lahko natančneje proučili vpliv tehnike vožnje na porabo goriva. Ti vplivi so prikazani na diagramih 1–5.

Na diagramu 1 vidimo, da z naraščanjem vzpona hitrost vožnje hitro pada. Dosežene hitrosti pa so močno pogojene tudi s tehniko vožnje. Najvišje in najnižje hitrosti (tip 3 in 1) je voznik dosegel ob polnem plinu, vendar prvič pri maksimalnem, drugič pa pri optimalnem številu vrtljajev motorja. Naklon najbolj vpliva na »smotni« tip vožnje. Tu hitrost z rastočim vzponom najhitreje pada. Spreminjanje hitrosti zaradi vzpona nam pojasnjujejo zvezo med porabo goriva v časovni enoti (L/h) in za enoto prevožene poti ($L/100\text{ km}$) na različnih vzponih.

Na diagramih 2 in 3 smo prikazali porabo goriva v časovni enoti (L/h) za posamezne tipe vožnje ter za prazno in polno vožnjo.

Iz diagramov 2 in 3 lahko sklepamo:

1. Poraba goriva v časovni enoti z vzponom zelo hitro narašča. Pri padcih nad 4 % vozilo skoraj ne rabi goriva. Nato poraba z

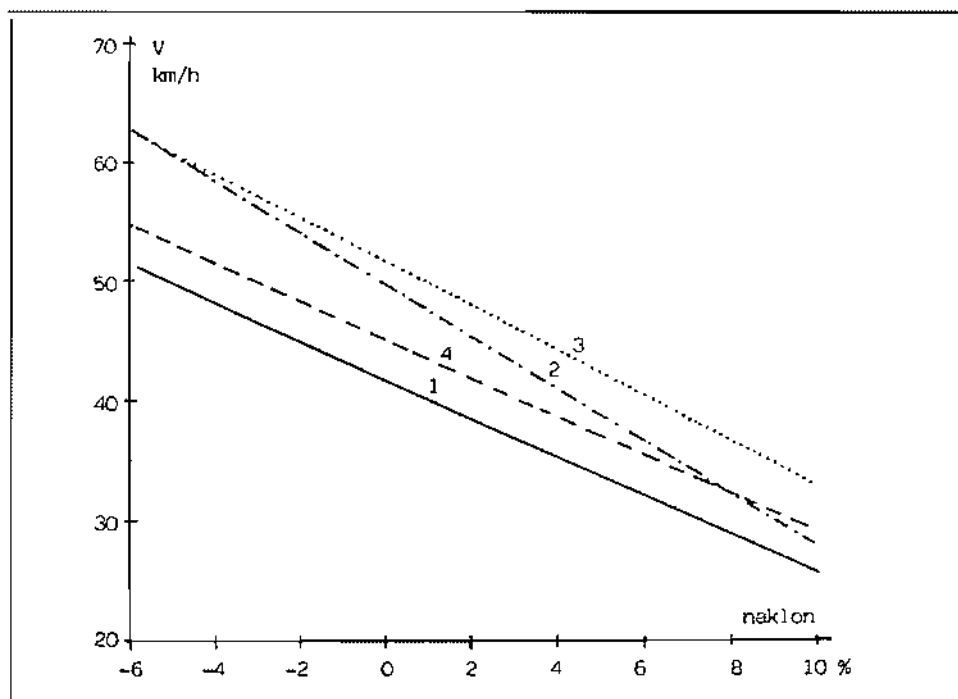


Diagram 1. Dosežene hitrosti prazne vožnje za vsak tip vožnje v odvisnosti od naklona ceste

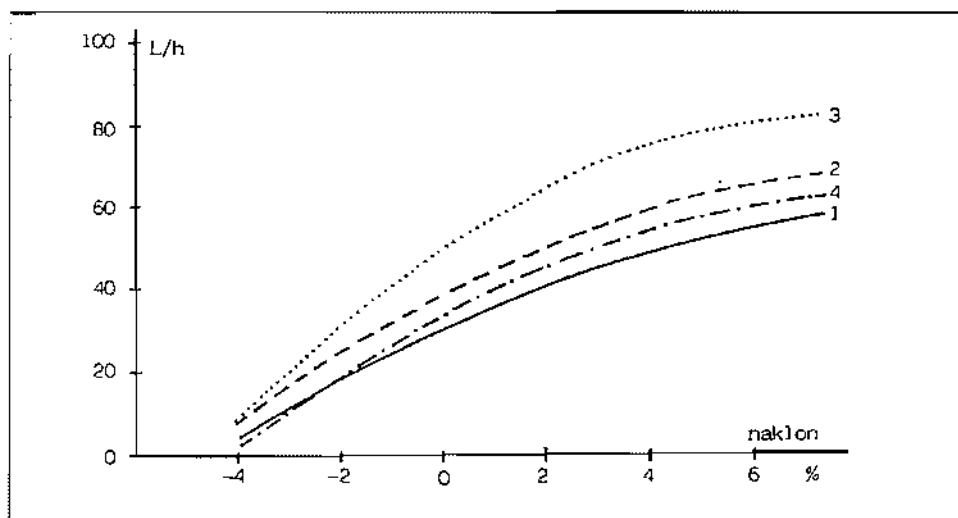


Diagram 2. Poraba goriva v časovni enoti po tipih vožnje – prazna vožnja

vzponom hitro narašča in doseže maksimum (80 L/h). Ta je enak pri prazni in polni vožnji. Dosežen je, ko motor ob polni obremenitvi obratuje z največjo močjo.

2. Naraščanje porabe goriva zaradi vzpona je bistveno tako pri polni kot pri prazni vožnji. Pri prazni vožnji narašča najhitreje pri zmanjšanju padca pri blagih

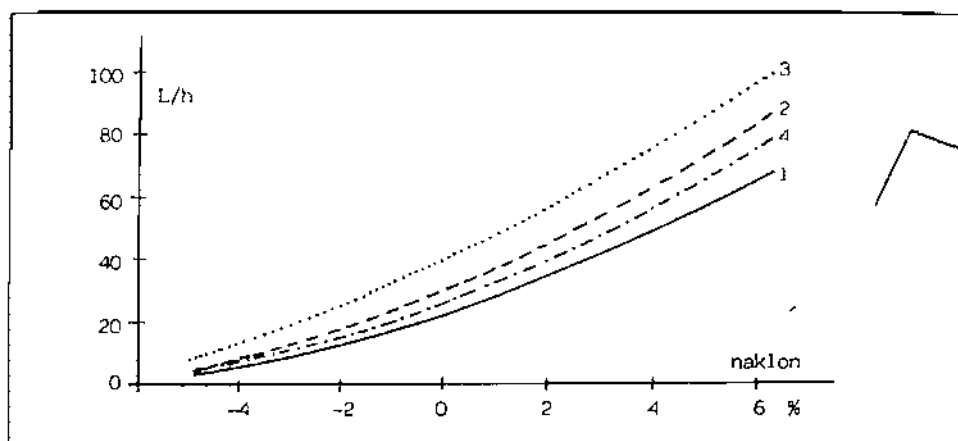


Diagram 3. Poraba goriva v časovni enoti po tipih vožnje – polna vožnja

Razpredelnica 4. Razlike v porabi goriva v časovni enoti (L/h) med posameznimi tipi vožnje

Naklon ceste Vzpon %	Kazalec	Tip vožnje				
		1	4	2	3	Vse
Prazna vožnja						
8	poraba L/h	58,7	65,1	68,6	80,9	68,0
	razmerje s povprečjem	86	96	101	119	100
	razmerje z minimumom	100	111	117	139	116
10	poraba L/h	60,7	65,7	69,7	81,0	69,1
	razmerje s povprečjem	88	95	101	117	100
	razmerje z minimumom	100	108	115	133	114
Polna vožnja						
4	poraba L/h	49,2	56,4	62,7	75,5	59,9
	razmerje s povprečjem	82	94	105	126	100
	razmerje z minimumom	105	115	127	153	122
6	poraba L/h	65,9	75,9	83,4	96,4	77,9
	razmerje s povprečjem	84	97	104	124	100
	razmerje z minimumom	100	115	127	146	118

padoh. Krivulje so konveksne. Z naraščanjem vzpona (od 6 do 10%) se poraba povečuje počasneje. Maksimalno porabo goriva doseže vozilo pri vzponih 8–10%.

Pri polni vožnji poraba goriva najhitreje narašča pri blagih vzponih. Maksimum doseže zelo hitro – že pri 5–6% vzpona. Tok krivulj tega sicer ne kaže, ker nimamo podatkov za večje vzpone.

3. Razlike v porabi goriva med posameznimi tipi vožnje so velike. Prikazane so v razpredelnici 4, za klance, ko motor vleče s polno močjo – pri maksimalnih porabah. Vidimo, da so razlike med skrajnostmi pri prazni vožnji skoraj štiridesetodstotne, pri polni vožnji pa več kot petdesetodstotne.

4. Diagrama kažeta, da na razlike v porabi goriva bolj vplivajo razlike v številu vrtljajev motorja kot pa količina plina. Ekstrema (1 in 3) sta oba dosežena pri polnem plinu, le da je minimum (tip 1) dosežen pri najnižjem, maksimum (tip 3) pa pri najvišjem številu vrtljajev.

5. Vse regresije se odlikujejo z visoko korelacijo ($R = 0,85$ do $0,93$) in se med seboj značilno razlikujejo.

Porabo goriva za enoto prevožene poti (L/100 km) prikazujemo na diagramih 4 in 5. Na diagramu 4 je prikazana poraba pri prazni, na diagramu 5 pa pri polni vožnji.

Iz diagramov lahko ugotovimo.

1. Poraba goriva za enoto prevožene poti narašča z večjim vzponom še hitreje kot poraba v časovni enoti.

2. Razlike med posameznimi tipi vožnje so razvidne iz razporednice 5. So dokaj velike in jasne pri prazni vožnji. Tu je poraba za tip 1 in 2 skoraj enaka in pri vožnji navzdol najmanjša. Največja je poraba pri tipu 3 (hrupni). Razlike so okoli 15 L/100 km oziroma 10 do 15%. Pri vzponih je najbolj varčen četrti tip vožnje. Tu je razlika med ekstremi (med 4. in 3. tipom) okoli 35 L/100 km oziroma blizu 20%.

3. Pri polni vožnji je vrstni red posameznih tipov vožnje drugačen. Tu se tudi me-

njuje zaporedje pri vožnji navzdol in navzgor. Na splošno je najnižja poraba pri 4., optimalnem tipu. Najhitrejši je 3. tip vožnje. Pri večjih vzponih pa je poraba podana tudi pri 2. tipu vožnje.

4. Razlike v porabi goriva med posameznimi tipi vožnje so tudi pri polni vožnji velike. Znašajo 35 do 45 L/100 km oziroma okoli 15% pri večjih vzponih. Pri majhnih padcih so razlike sicer manjše – okoli 3–4 L/100 km, vendar so zelo velike v relativnih razmerjih.

5. Tudi odvisnosti porabe goriva od naklona ceste so zelo tesne. Korelacijski koeficienti so visoki ($R = 0,85-0,95$).

Diagram 4. Poraba goriva za prevoženo pot po tipih vožnje – prazna vožnja

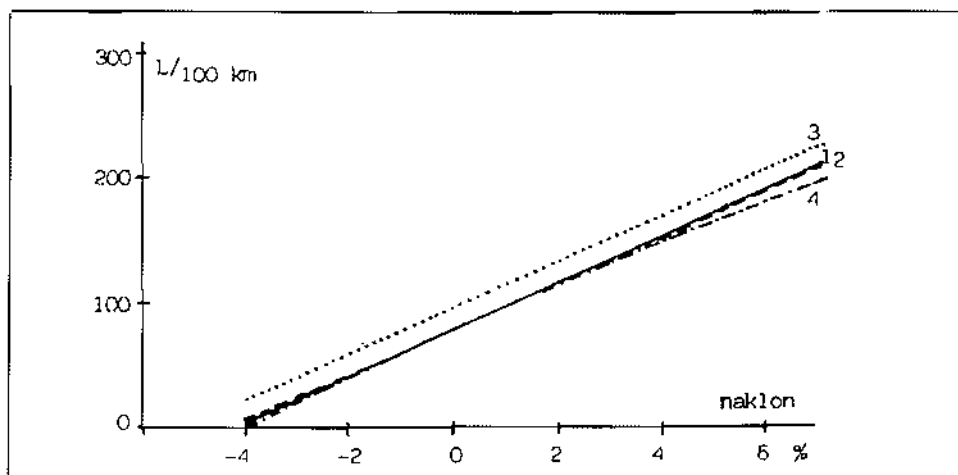
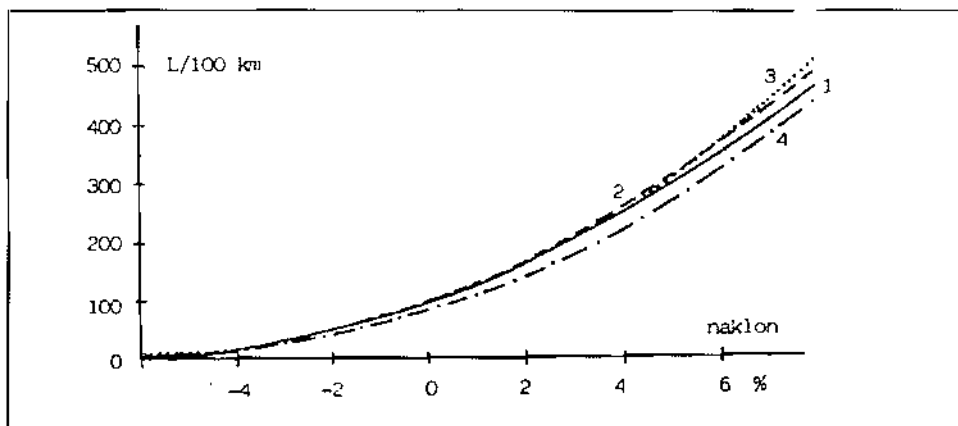


Diagram 5. Poraba goriva za prevoženo pot po tipih vožnje – polna vožnja



Razpredelnica 5. Razlike v porabi goriva na enoto prevožene poti (L/100 km) med posameznimi tipi vožnje

Naklon ceste %	Kazalec	Tip vožnje			
		1	4	2	3
Prazna vožnja					
-4	poraba	6,5		8,9	21,0
	indeks	100		137	323
4	poraba	151,2	146,3	150,8	166,6
	indeks	109	100	109	120
6	poraba	189,1	179,3	188,0	203,1
	indeks	110	100	109	118
10	poraba	267,2	240,9	264,7	275,9
	indeks	110	100	109	114
Polna vožnja					
-4	poraba	10,6	13,4	14,2	14,9
	indeks	100	126	134	141
4	poraba	242,9	221,3	256,0	251,1
	indeks	110	100	116	113
6	poraba	345,5	319,3	364,2	366,0
	indeks	108	100	114	115

Op.: Indeks kaže razmerje z najmanjšo porabo.

4.3. Vpliv voznika na porabo goriva

Tehniko vožnje smo opredelili s količino plina, številom vrtljajev motorja in pogostostjo pretikanja. O vseh treh spremenljivkah v določenih mejah odloča voznik oziroma nanje vpliva s svojimi navadami in razmislekom. Skupni odraz se kaže v določeni tehniki vožnje. Njen vpliv na porabo goriva smo obdelali v poglavju 4.1 in 4.2.

Izmed značilnosti tehnike vožnje smo merili število vrtljajev motorja in število pretikanj. Z multiplo regresijo in korelacijo smo ugotavljali vpliv teh dveh spremenljivk na porabo goriva.

Pogostost pretikanja vpliva na porabo goriva. Pogostejše pretikanje povečuje porabo goriva v časovni enoti in na enoto prevožene poti (L/100 km). V povprečju je voznik pretaknil (menjal) na vsakem cestnem odseku 5-krat pri prazni vožnji in 6,6-krat pri polni vožnji. Raziskava kaže, da vsako dodatno pretikanje poveča porabo pri prazni vožnji za okoli 4%. Pri polni vožnji je vpliv pogostosti pretikanja še večji. Vsako dodatno pretikanje poveča porabo goriva za 4,5–5%.

Značilen vpliv števila vrtljajev motorja na porabo goriva smo ugotovili le pri prazni vožnji. Pri polni vožnji, ki poteka v glavnem navzdol, dosega motor visoke vrtljaje tudi

pri zaviranju z motorjem ob zelo majhni porabi goriva. Nasprotno pa je pri vožnji navkreber največja poraba pri enakih vrtljajih. Zato v naši raziskavi nismo ugotovili zveze med številom vrtljajev in porabo goriva pri polni vožnji.

Vožnja pri višjem številu vrtljajev motorja je potratnejša. Naraščanje porabe goriva z višjim številom vrtljajev motorja pri vožnji kaže diagram 6. Prikazana so relativna razmerja.

Na diagramu vidimo, da poraba v časovni enoti ($G_1 - L/h$) z višjimi vrtljaji motorja narašča hitreje – okoli 9% za vsakih sto vrtljajev motorja. Poraba na enoto prevožene poti ($G_2 - L/100 \text{ km}$) narašča skoraj polovico počasneje – okoli 5% za vsakih sto vrtljajev.

5. POVZETEK IN UGOTOVITVE

V raziskavi smo ugotavljali vpliv različnih tehnik vožnje na porabo goriva pri prevozu gozdnih lesnih sortimentov s kamionom TAM 260 s polprikolico. Na istem kamionu in isti cesti (Bohinjska Bistrica–Pokljuka) je voznik po navodilih vozil s štirimi različnimi tehnikami vožnje. Navodila so bila posredovana ustno in zelo kratko.

Ugotavljali smo porabo goriva v časovni enoti (L/h) in za enoto prevožene poti (L/100 km).

Raziskava je omogočila pomembne ugotovitve, ki jih lahko strnemo v naslednja sklepa:

1. Voznik s svojo tehniko vožnje bistveno vpliva na porabo goriva. Razlike v porabi goriva med posameznimi tehnikami vožnje so pomembne. Presegajo 20–25% porabljenega goriva.

Te ugotovitve so sicer znane iz špedicijskega prevoza. V naši raziskavi, pri gozdarskih prevozih, pa smo to ugotavljali na strmih gozdnih cestah, kjer so porabe zelo velike.

2. Voznik lahko vozi z različnimi tehnikami. Že po kratkih navodilih je spreminjal tehniko vožnje in dosegel zelo različno porabo goriva. Zelo hitro in lahko je doumel navodila in se naučil tehnike vožnje.

Iz ugotovitev se sam po sebi vsiljuje sklep:

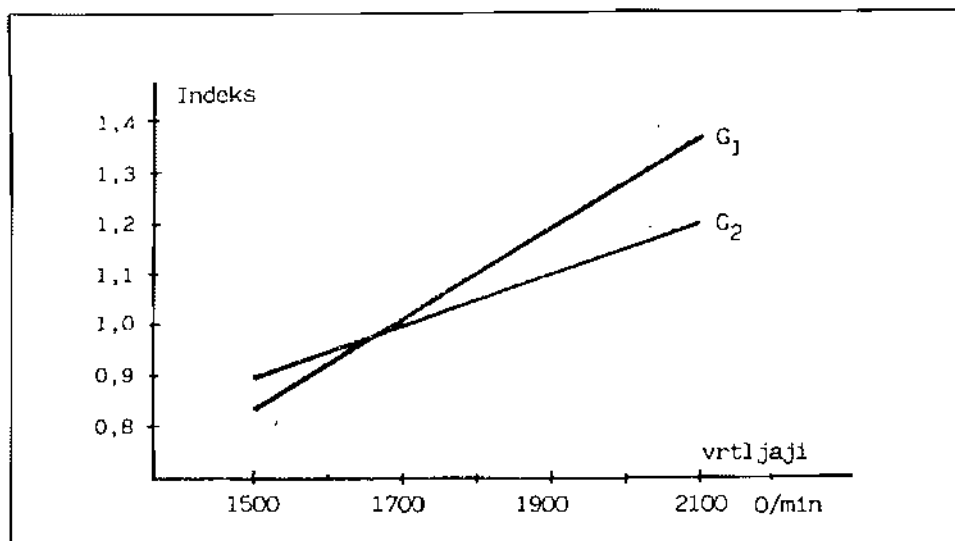


Diagram 6. Relativni vpliv števila vrtljajev na porabo goriva v časovni enoti (G_1 – L/h) in na enoto prevožene poti (G_2 – L/100 km)

Voznika je mogoče priučiti najboljše tehnike vožnje. Tako lahko prihranimo pomembne količine goriva in stroške za vzdrževanje vozil. Ne gre torej za vprašanje učenja določenega načina vožnje, ampak za odkrivanje optimalne tehnike vožnje v danih okoliščinah in za ustrezno motivacijo za uporabo take tehnike.

DRIVING TECHNIQUE AND FUEL CONSUMPTION IN TIMBER REMOVAL

Summary

The influence of different driving techniques on fuel consumption in forest timber assortment transportation by means of the TAM 260 truck with a semi-trailer has been established in the research. According to instructions, the driver drew the same truck along the same road (Bohinjska Bistrica-Pokljuka) in four different driving techniques. The instructions were oral and very short.

Fuel consumption in a time unit (L/h) and per unit of road performed (L/100) were established.

The results obtained in the research were of great importance, and can be summed up into the following two conclusions:

1. A driver with his driving technique has great influence on fuel consumption. The differences in fuel consumption between individual driving techniques are important. They even exceed 20–25% of the fuel consumed.

These statements are already known in shipping transport. This research, dealing with forest transport, however, established the above

stated relation in steep forest roads, where fuel consumption values are very high.

2. A driver may apply different techniques. In our tests, he changed the driving technique after being instructed for only a very short time and achieved very different fuel consumption values. He quickly apprehended the instructions and learned the driving technique.

These statements offer logical conclusions:

A driver could be taught the best driving technique. Thus, important fuel quantities and truck maintenance costs can be saved.

Consequently, the problem does not exist in learning but in establishing of the optimal driving technique in given circumstances and in motivating the driver to act accordingly.

LITERATURA

1. KURE, J., 1989: Poraba goriva pri prevozu gozdnih sortimentov. Specialistična naloga, lipkopis.
2. POTOČNIK, I., 1988: Poraba goriva kamionov Magirus pri prevozu lesa. Referat na interkatedrski konferenci, Zagreb – Lipovljani 1988.
3. REBULA, E., 1986: Die Qualität der Strassen und die Geschwindigkeit des Holztransportes. XX. Symposium »Mechanisierung der Forstarbeit«, Fakulteta Lesnicka VŠZ, Brno 1986.
4. REBULA, E., 1987: Fahrtechnik und Kraftstoffverbrauch bei der Holzabfuhr. University of Helsinki, Research Notes No 49, Helsinki 1987.
5. REBULA, E., 1988: Poraba goriva pri spravilu lesa s traktorji IMT 560 in IMT 567. Zbornik gozdarstva in lesarstva št. 32, Ljubljana 1988.