

GDK 88:861.4:862.2/.3(497.12)

GOSPODARJENJE Z MANJVREDNIM LESOM

Srečko DEVJAK* , Franc MERZELJ** , Mirko TRATNIK***

Izvleček

Največji industrijski porabniki drobnega lesa in lesnih ostankov: proizvajalci ivernih in vlaknenih plošč ter celuloze porabijo pri polnem izkoriščanju zmogljivosti letno okrog 1,35 milijonov kubičnih metrov surovinskega lesa (drobnih gozdnih sortimentov in lesnih ostankov). Več kot polovica potrebnih količin je zagotovljenih iz domačih virov. Problem "razporeditve" velikih količin raznovrstnih lesnih sortimentov na različne porabnike je problem, ki ga lahko rešujemo z metodami operacijskih raziskav.

Ključne besede: drobni gozdni sortimenti, žagarski lesni ostanki, iverne plošče, vlaknene plošče, celuloza, optimizacijski model, linearni program.

THE MANAGING OF THE TIMBER OF LITTLE VALUE

Srečko DEVJAK* , Franc MERZELJ** , Mirko TRATNIK***

Abstract

The greatest industrial consumers of small-sized wood and rest wood: the manufacturers of particle boards and fiberboards and cellulose annually consume around 1.35 million m³ of primary wood material (small-sized forest wood assortments and wood rests) at their full capacity; more than a half of the quantities required are provided from domestic sources. The problem of the "distribution" of great quantities of various timber assortments to different consumers can be solved by the methods of operation research.

Key words: small-sized wood assortments, sawmill rest wood, particle boards, fiberboard, cellulose, optimization model, linear program

* Dr., docent., dipl.mat., Oddelek za lesarstvo Biotehniške fakultete, 61000 Ljubljana, Rožna dolina,C.VIII/34, SLO

** Dr., profesor, dipl.ing.gozd., Oddelek za lesarstvo Biotehniške fakultete, 61000 Ljubljana, Rožna dolina,C.VIII/34, SLO

*** Dr., profesor, dipl.ing.gozd., Oddelek za lesarstvo Biotehniške fakultete, 61000 Ljubljana, Rožna dolina,C.VIII/34, SLO

KAZALO

1	UVOD, PROBLEM	265
2	SUROVINSKA OSNOVA, MANJVREDEN LES, LOKACIJSKI RAZPORED.....	265
3	INDUSTRIJSKI PORABNIKI DROBNIH GOZDNIH SORTIMENTOV IN ŽAGARSKIH LESNIH OSTANKOV.....	270
3.1	Proizvodnja ivernih plošč.....	271
3.2	Proizvodnja vlaknenih plošč.....	272
3.3	Proizvodnja celuloze.....	273
4	OPTIMIZACIJSKI MODEL.....	275
5	SKLEP	283
	POVZETEK.....	284
	VIRI.....	285

1 UVOD, PROBLEM

V Sloveniji porabijo štiri tovarne ivernih plošč (polne letne zmogljivosti okrog 367 000 m³ plošč), tovarna za proizvodnjo vlaknenih plošč (polne letne zmogljivosti okrog 50 000 ton oz. 55 000 m³ vlaknenk) in tovarna celuloze in papirja (polne letne zmogljivosti okrog 130 000 ton celuloze) približno 1,35 milijona kubičnih metrov surovinskega lesa, t.j. drobnih gozdnih sortimentov in žagarskih lesnih ostankov. Prostorska razporeditev posameznih količin gozdnih sortimentov je določena s prostorskim razporedom gozdnih virov po gozdno- gospodarskih območjih in z višino ter strukturo realiziranega poseka lesa; prostorska razporeditev količin žagarskih lesnih ostankov pa je določena s prostorskim razporedom (lokacijami) žagarskih obratov in količinami in strukturo razžagane hlodovine. Kako, po kakšnih kriterijih se tako velika količina lesne surovine oz. njen del "razporeja" na posamezne predelovalne zmogljivosti za izdelavo ivernih in vlaknenih plošč ter celuloze, je strokovno zanimiv in narodnogospodarsko pomemben problem, ki se ga da - to je hipoteza - "reševati" z uporabo metod operacijskih raziskav.

Najprej analiziramo primarne, gozdne lesnosurovinske vire (drobni gozdni sortimenti) posameznih gozdnogospodarskih območij in sekundarne vire, t.j. večje žagarske obrate, na katerih pri razžagovanju hlodovine v raznovrstne žagarske sortimente nastajajo tudi žagarski lesni ostanki (žamanje, krajniki, ocelki, žagovina).

Z izoblikovanim optimizacijskim modelom predelave "manj vrednega" lesa na lokacijah porabe lahko ocenjujemo (izračunavamo) optimalne rešitve razporejanja lesne mase na posamezne obstoječe potencialne porabnike, upošteva je tehničnotehnološke in ekonomske pogoje nastanka, transporta in predelave lesne surovine.

2 SUROVINSKA OSNOVA, MANJVREDEN LES, LOKACIJSKI RAZPORED

Posebno problematična je predelava lesa slabših kvalitet in različnih lesnih ostankov oziroma pri drugih, predvsem mehanskih predelavah, in lesa

oziroma lesnih tvoriv iz reciklaže rabljenih izdelkov. Zaradi poenostavitve bomo ta les poimenovali "manjvreden" les, zaradi nižje cene, ki jo ima ta del lesne mase v primerjavi z vrednejšimi gozdnimi proizvodi oziroma v primerjavi z lesnoindustrijskimi proizvodi.

Proizvodnja tega lesa je nujna, saj ga pridobivamo skupaj z vrednejšimi proizvodi pri poseku v gozdu ali kasneje pri predelavi hlodovine v žagan les. Ker napada kot vzporeden proizvod pri proizvodnji glavnega proizvoda, so stroški za proizvodnjo tega lesa razmeroma nizki, vendar ga moramo ovrednotiti, saj tako znižujemo proizvodne stroške glavnega proizvoda, kar z drugimi besedami pomeni, da z vrednotenjem "manjvrednega" lesa omogočamo rentabilnejšo celotno proizvodnjo.

Med sortimente manjvrednega lesa smo uvrstili les za celulozo in plošče iz gozdne proizvodnje in vse lesne ostanke, ki nastajajo v žagarski proizvodnji, to so žagovina, žamanje, krajniki in ocelki. Od lesnih ostankov smo upoštevali samo tisti delež, ki se uporablja v nadaljnji industrijski predelavi.

Pri poseku lesa napada tudi večja količina gozdnih sortimentov, ki jih uvrščamo med drva in večji delež lesnih ostankov v žagarski proizvodnji, ki je tudi namenjen za kurjavo. Delež porabe lesa za kurjavo je namreč odvisen od širše politike rabe energije in od načina izkoriščanja drugih energetskega virov. Pri ugotavljanju količin manjvrednega lesa smo upoštevali vse pogoje sedanjega stanja, vendar pa lahko pri izdelavi variantnih rešitev upoštevamo tudi ta del lesne surovine kot osnovo za nadaljnjo tehnično izrabo.

Postavljanje izhodišč za določitev osnovnih količin surovine, s katero moremo računati, je vprašljivo, saj bi lahko upoštevali različna merila, kot npr. prirastek, etat ali dejanski posek. Iz praktičnih razlogov smo se odločili za dejanski posek, ker so količine in struktura lesne mase navedene v statistiki. Upoštevali smo poprečje osmih let, in sicer obdobje od leta 1983 do leta 1990. Skupno izhodišče za izračun je enoletno povprečje razvidno iz preglednice 1.

*Preglednica 1: Povprečen letni posek v Sloveniji za obdobje 1983-1990
(Statistične raziskave IGLG, ŠUM 22)*

Element	Količina (v tisoč m ³)
IGLAVCI	
- hlodovina za mehansko predelavo	983
- okrogel les za celulozo	249
- les za plošče	13
- drug tehnični les	263
- drva	2
Skupaj iglavci	1510
LISTAVCI	
- hlodovina za mehansko predelavo	340
- okrogel les za celulozo	51
- les za plošče	171
- drug tehnični les	69
- drva	207
Skupaj listavci	838
IGLAVCI IN LISTAVCI³	
- hlodovina za mehansko predelavo	1323
- okrogel les za celulozo	300
- les za plošče	184
- drug tehnični les	332
- drva	209
Skupaj iglavci in listavci	2348

Sortimentna struktura lesa je zelo različna pri iglavcih in listavcih.

Pomemben vir surovin za proizvodnjo plošč in celuloze so lesni ostanki, ki napadajo pri vseh vrstah mehanske predelave lesa. Predvsem so pomembni ostanki iz žagarske proizvodnje, v kateri predelamo praktično vso hlodovino za mehansko predelavo, ki predstavlja največji delež porabljenega okroglega lesa.

Pomembnost žagarskih ostankov pa ni le v njihovi obilnosti pač pa tudi v tem, da so zelo primerni za nadaljnjo predelavo. Ostanki pri žagarski proizvodnji niso degradirani do take stopnje kot v drugih proizvodnjah in napadajo v velikih količinah.

Za izračun količine ostankov smo uporabili izdelano analizo (Merzelj 1993), v kateri je določen odstotek izkoriščanja lesne mase, količina ostankov in vrsta porabe teh ostankov. Na temelju relativnih razmerij, ki jih ta analiza podaja, lahko izračunamo razpoložljive količine lesnih ostankov za tiste količine hlodovine, ki smo jih ugotovili v posekani masi.

Izhodišče za izračun količin ostankov so:

- izkoristek pri iglavcih		65,5 %
listavcih		67,0 %
-dejansko realizirani ostanki pri iglavcih		88,6 %
listavcih		55,0 %
- poraba ostankov	tehnična	netehnična
iglavci	70 %	30 %
listavci	13 %	87 %

Ta izhodišča omogočajo, da lahko izračunamo dejanske količine ostankov, ki so uporabni za nadaljnjo tehnično predelavo. To so količine, s katerimi računamo v modelu in so tudi sicer namenjene za predelavo v lesna tvoriva (iverne in vlaknene plošče) in celulozo. Seveda pa se pri tem postavlja tudi vprašanje možnosti povečanja ali zmanjšanja količin osnovne surovine - hlodovine in ostankov pa tudi možnega zmanjšanja porabe.

Na vsa ta vprašanja bomo iskali možne odgovore na podlagi modelnih izračunov in ocen.

Na temelju postavljenih izhodišč je izračunana količina žagarskih ostankov naslednja:

skupno ostanki iglavcev	339 120 m ³
listavcev	112 083 m ³
realizirani ostanki iglavcev	300 460 m ³
listavcev	61 645 m ³
skupaj realiziranih ostankov	362 105 m ³

Od celotne količine realiziranih ostankov, to je tistih, ki jih od desk in hlodov sploh odžagamo, se jih del porabi za "tehnične", drugi del pa za "netehnične" namene. Med tehnično porabo štejemo predvsem les za

celulozo in tvoriva (iverne in vlaknene plošče), za netehnično pa predvsem les za kurjavo. To razmerje se v bližnji prihodnosti verjetno ne bo spreminjalo, saj je tudi tehnološko pogojeno z načinom lupljenja hlodovine, izdelavo sekancev in ogrevalnimi napravami v lesnoindustrijskih obratih.

Od realiziranih ostankov v žagarski proizvodnji torej lahko računamo, da bo šlo v nadaljnjo predelavo za izdelavo celuloze in tvoriv (ivernih in vlaknenih plošč):

- ostankov iglavcev	210 322 m ³
- ostankov listavcev	8 013 m ³
skupaj	218 335 m ³

Vsi drugi ostanki, predvsem tisti, ki nastajajo pri razžagovanju listavcev, to je okrog 144 000 m³, pa se bodo porabili predvsem za pridobivanje toplotne energije in za nekatere namene v kmetijski proizvodnji.

Vsi ostanki, ki napadajo v kasnejši predelavi lesa, so manj primerni za tehnično predelavo, ker so bolj degradirani, poleg tega pa so navadno pridobljeni iz suhega lesa in zato izredno primerni za kurjenje. Predelovalna industrija, ki v tehnoloških procesih uporablja toplotno energijo predvsem za sušenje, jo večinoma pridobiva iz teh ostankov, zato ni računati, da bi jih bilo mogoče preusmeriti v porabo za druge tehnične namene. Pri uporabi suhih lesnih ostankov za drugo vrsto uporabe in ne za kurjenje, odloča predvsem ekonomika, saj se doslej drugi energetske viri pri predelavi lesa niso uveljavili predvsem zaradi višjih stroškov energentov.

Nabavne stroške surovine predstavljajo stroški za surovino in stroški transporta. Stroški transporta so lahko odločilni, saj je les voluminozen material, zato je lokacija surovine lahko odločilnega pomena, saj pri določenih pogojih zaradi previsokih transportnih stroškov postane surovina predraga, torej ekonomsko neuporabna.

Gozdovi Slovenije so razdeljeni na 14 gozdnogospodarskih območij, za katera so dostopne informacije o količini in strukturi poseka. Prav tako so na razpolago podatki o vseh večjih žagarskih obratih (količine razžagane hlodovine, lesnih ostankov), ki so locirani v posameznih gozdnogospodarskih območjih .

Porazdelitev lesne mase v samem gozdnogospodarskem območju ni opredeljena, transportne razdalje predstavljajo poprečja glede na center območja odnosno glede na lokacijo žagarskih obratov.

Niso tudi upoštevani manjši žagarski obrati, ker jih lastniki večinoma niti niso uradno registrirali, poleg tega pa se pretežna količina lesnih ostankov s teh obratov porabi za lokalne potrebe, za kurjenje in v kmetijstvu. Količine žagarskih ostankov so torej prenizko ocenjene, saj iz ocene izpadejo majhni žagarski obrati. Pravilneje bi bilo, če bi kot osnovo upoštevali dejanske količine ostankov, ki nastanejo na posameznih žagarskih obratih, tu pa so konjunktorna nihanja trenutno izredno velika.

Lokacije večjih žagarskih obratov so evidentirane, manjših pa ne. Praktično proizvodnja majhnih žagarskih obratov nima posebnega pomena, saj se z večjimi proizvodnimi količinami pojavljajo le v nekaj zadnjih letih in še to le za krajši čas, kar pomeni, da na celotno količino, ki zajema daljše osemletno povprečje to nima večjega vpliva.

3 INDUSTRIJSKI PORABNIKI DROBNIH GOZDNIH SORTIMENTOV IN ŽAGARSKIH LESNIH OSTANKOV

V Sloveniji so največji predelovalci in porabniki žagarskih lesnih ostankov in drobnih gozdnih sortimentov štiri tovarne ivernih plošč in tovarna celuloze in papirja. Za oceno največjih možnih količin porabe lesa izhajamo iz računskih predelovalnih zmogljivosti in specifičnih potroškov, t. j. količine porabe lesa v m^3 za izdelavo enote izdelka (1 m^3 ivernih plošč, 1 m^3 vlaknenih plošč, 1 t celuloze).

3.1 Proizvodnja ivernih plošč

Preglednica 2: Zmogljivosti in poraba lesa štirih slovenskih tovarn ivernih plošč

Tovarna	Letna zmogljivost, (ekspertna ocena proizvajalcev), m ³ /letno	Računska poraba lesa (m ³), pri specifični porabi 1,51 m ³ /m ³
GLIN, Nazarje	72 000	108 720
LESNA, Sl. Gradec	110 000	166 100
MEBLO, N. Gorica	110 000	166 000
BREST, Cerknica	75 000	113 250
Skupaj	367 000	554 170

Maksimalna (ocenjena) letna zmogljivost vseh štirih slovenskih tovarn ivernih plošč je 367 000 m³; za kar bi tovarne (računsko) porabile okrog 554 000 m³ lesa.

Realna, v praksi dosegljiva proizvodna zmogljivost je odvisna od vrste tehničnih in organizacijskih dejavnikov, kot so: cikel stiskanja (različen za različne debeline plošč), format in število etaž stiskalnice, stopnja izkoristka razpoložljivega časovnega fonda, predvidenega za izdelavo plošč, kakovost in stalnost oskrbe tovarne z osnovnimi surovinami, reprodukcijskimi materiali, rezervnimi deli itd. (TRATNIK, 1983, s. 48).

Povprečni specifični potrošek lesa 1,51 m³/m³ ivernih plošč je izračunan iz statističnih podatkov za količinsko proizvodnjo in porabo lesa (razvrščeno po lesnih sortimentih in skupinah drevesnih vrst) za obdobje 1986-1990 (PIRKMAIER, 1991 a, s.189, 190).

Preglednica 3: Struktura porabljenega lesa za proizvodnjo ivernih plošč

Zap. št.	Sortiment, drevesna vrsta	Strukturni delež %	Letna poraba m ³	Specifična poraba m ³ /m ³
1	Skupaj gozd.sort.	62,23	344 860	0,9397
2	igl.	6,53	36 187	0,0986
3	list.	55,70	308 673	0,8411
4	Skupaj les. ost.	37,77	209 310	0,5703
5	igl.	34,46	190 967	0,5203
6	list.	3,31	18 343	0,0575
7	Vse skupaj (1+4)	100,00	554 170	1,5100

Razmerje med porabo gozdnih sortimentov in lesnih ostankov je približno 62:37 (345 000 : 209 000 m³ lesne surovine). Daleč največja je bila v preteklosti (in bo v prihodnje verjetno tudi) poraba gozdnih sortimentov iglavcev (56 odstotni delež, 309 000 m³), na drugem mestu je poraba ostankov iglavcev (34 odstotni delež, 191 000 m³), sledi poraba gozdnih sortimentov iglavcev (s "komaj" nekaj manj kot odstotnim deležem, 36 000 m³) in na zadnjem mestu je poraba lesnih ostankov listavcev (nekaj več kot 3 odstotni delež, 18 000 m³). Za proizvodnjo ivernih plošč so torej najpomembnejši surovinski vir gozdni sortimenti listavcev in lesni ostanki iglavcev.

3.2 Proizvodnja vlaknenih plošč

Edina slovenska tovarna za izdelavo vlaknenih plošč Lesonit v Ilirski Bistrici ima zmogljivost (ekspertna ocena proizvajalca) 50 000 ton plošč letno. Preračunano v kubične metre, pri strukturi 50 odstotnega deleža trdih vlaknenk, gostote 1050 kg/m³ in 50 odstotnega deleža srednje gostih (MDF) vlaknenk gostote 800 kg/m³ znaša letna računsko zmogljivost tovarne 55 060 m³ (od tega 23 800 m³ trdih vlaknenk in 31 260 m³ srednje gostih vlaknenk (MDF plošč).

Poprečni specifični potrošek lesa za izdelavo kubičnega metra vlaknenk (dane strukture), izračunan kot večletno poprečje je 2,69 m³/m³. (PIRKMAIER, 1991 b, s. 319); letna poraba pa 148 111 m³ lesa.

Preglednica 4: Struktura porabljenega lesa za proizvodnjo vlaknenih plošč

Zap. št.	Sortiment, drevesna vrsta	Strukturni delež %	Letna poraba m ³	Specifična poraba m ³ /m ³
1	Skupaj gozd. sort.	54,34	80 483	1,4617
2	igl.			
3	list.	54,34	80 483	1,4617
4	Skupaj les. ost.	45,66	67 627	1,2283
5	igl.	36,51	54 075	0,9821
6	list.	9,15	13 552	0,2461
7	Vse skupaj 1+4)	100,00	148 111	2,6900

Razmerje med porabo gozdnih sortimentov in lesnih ostankov je približno 54:46 (80 000 : 68 000 m³ lesne surovine). Pri gozdnih sortimentih gre izključno za listavce, pri lesnih ostankih pa s 36 odstotnim deležem prevladujejo iglavci. Z morebitnimi manjšimi tehnološkimi spremembami bi bilo mogoče strukturo porabe lesa spremeniti tako, da bi prevladovali lesni ostanki iglavcev (70-100 %, informacija M. Mateta, september 1993).

3.3 Proizvodnja celuloze

Od dveh celuloznih tovarn dela z zmanjšano kapaciteto le še tovarna v Krškem, tovarna celuloze Goričane/Medvode pa je morala ustaviti proizvodnjo iz ekoloških vzrokov. Letna zmogljivost tovarne celuloze in papirja v Krškem je 130 000 ton celuloze (od tega približno 20% nebeljene smrekove celuloze, 35 % beljene smrekove celuloze in 45 % beljene bukove celuloze). Specifična poraba lesa za izdelavo tone celuloze (navedene strukture) znaša okrog 5,00 m³/t, kar pomeni da tovarna pri polnem izkoriščanju zmogljivosti letno porabi 650 000 m³ lesne surovine.

Preglednica 5: Struktura porabljenega lesa za proizvodnjo celuloze

Zap. št.	Sortiment, drevesna vrsta	Strukturni delež %	Letna poraba m ³	Specifična poraba m ³ /m ³
1	Gozd. sort. igl.	55	57 500	2,75
2	Gozd. sort. buk.	35	27 500	1,75
3	Les.ost. igl.	10	65 000	0,50
4	Skupaj	100	650 000	5,00

V strukturi porabe prevladujejo gozdni sortimenti iglavcev (55 odstotni delež, okrog 357.000 m³ lesa), na drugem mestu so gozdni sortimenti bukve (35 odstotni delež, okrog 227.000 m³ lesa) in na tretjem lesni ostanki iglavcev (10 odstotni delež, 65.000 m³ lesa).

Preglednica 6: Skupna poraba lesa

Zap. št.	Vrsta predelave, struktura lesa	Količina, letna poraba m ³
	IVERNE PLOŠČE	
1	Gozd. sort. igl.	36 187
2	Gozd. sort. list.	308 673
3	Les. ost. igl.	190 967
4	Les.ost. list.	18 343
	VLAKNENE PLOŠČE	
5	Gozd. sort. igl.	-
6	Gozd. sort. list.	80 483
7	Les.ost. igl.	54 075
8	Les. ost. list.	13 552
	CELULOZA	
9	Gozd. sort.igl.	357 500
10	Gozd. sort. list. (bu)	227 500
11	Les. ost. igl.	65 000
	SKUPAJ	
12	Gozd. sort. igl.	393 687
13	Gozd. sort. list.	616 656
14	Les. ost. igl.	310 042
15	Les. ost. list.	31 895
16	Vse skupaj	1.352 280

4 OPTIMIZACIJSKI MODEL

Različne učinke procesa predelave lesnih ostankov je mogoče ugotavljati le ob celovitem obravnavanju procesa.

V okviru procesa predelave lesnih ostankov se prepleta vrsta medsebojno odvisnih procesov, kot npr.: proces nastajanja lesnih ostankov, logistični proces, proces predelave. Procesno obravnavanje predelave omogoča ugotavljanje posledic sprememb v delnih procesih na celotnem procesu predelave lesnih ostankov. Ugotovitev, da mora biti obravnava predelave lesnih ostankov celovita, je izvedljiva, če za tako obravnavanje problema obstaja ustrezna metoda. Izbor metode je odvisen od problemov, ki jih rešujemo in trenutnih možnosti za reševanje problema. Med omejitvami izbora metode najpogosteje nastopajo: podatkovne omejitve problema in pogosto neustrezni postopki reševanja, ki glede na značaj problema ne omogočajo uporabnega način ugotavljanja rešitve.

Po proučevanju delnih procesov in celotnega procesa predelave lesnih ostankov ugotavljamo, da lahko uporabimo metodo linearnega programiranja.

Proces predelave je fazen, zato ga izražamo s faznim linearnim programom (DEVJAK, 1987). Pogoji so razvrščeni v naslednje skupine:

- pogoji strukture lesne mase v izvorihi,
- pogoji strukture lesnih ostankov iz mehanske predelave,
- pogoji distribucije in
- tehnološko-ekonomski pogoji.

Pogoji strukture lesne mase

Pogoje strukture in količine lesne mase po gozdnih izvorih izražamo z enačbami:

$$\sum_h \sum_i x_{hij} - x_j = 0$$

$$h=1,2,\dots,H \quad i=1,2,\dots,I \quad j=1,2,\dots,J$$

$$x_{hij} - a_{hij} \times x_j = 0 \quad (1)$$

kjer pomeni

x_{hij} - količina i -te vrste sortimenta za h -to drevesno vrsto v j -tem izvoru - območju,

x_j - skupna količina lesne mase j -tega območja,

a_{hij} - delež i -te vrste sortimenta v celotni lesni masi na j -tem izvoru .

Indeksi $i=1,2,\dots,I$ označujejo gozdne sortimente, primerne za mehansko predelavo. Za ostanke te predelave velja:

$$x_{hij} - xn_{hij} - x'_{hij} = 0 \quad (2)$$

$$b_{hgij} \times x'_{hij} - y_{hgj} = 0$$

$$g = I_2 + 1, I_2 + 2, \dots, I', \quad h=1,2,\dots,H \quad j=1,2,\dots,J$$

xn_{hij} - nepredelana količina i -te vrste sortimenta h -te drevesne vrste na j -ti lokaciji ,

b_{hgij} - normativ g -te vrste ostanka iz i -te vrste sortimenta h -te drevesne vrste na j -ti lokaciji mehanske predelave,

y_{hgj} - količina g -te vrste ostanka h -te drevesne vrste na j -ti lokaciji iz primarne predelave.

Pogoji distribucije

Pogoji distribucije vseh lesnih ostankov so izraženi z enačbami:

$$x_{hij} - xn_{hij} - \sum_l \sum_k z_{hijkl} = 0$$

$$i = I_1 + 1, I_1 + 2, \dots, I_2$$

$$y_{hgj} - yn_{hgj} - \sum_l \sum_k z_{hijkl} = 0 \quad (3)$$

$$i = g = I_2 + 1, I_2 + 2, \dots, I'$$

kjer pomenijo:

yn_{hgj} - količina viška ostanka g-te vrste h -te drevesne vrste na j-ti lokaciji

z_{hijkl} - količina i-te vrste ostanka h -te drevesne vrste, transportirane iz j-te lokacije izvora na k-to lokacijo predelave z l-tim transportnim sredstvom.

Vse vrste lesnih ostankov primernih za mehansko predelavo upoštevamo pri definiranju vhodnih količin lesnih ostankov na mesta predelave:

$$\sum_j \sum_l z_{hijkl} - v_{hik} = 0 \quad (4)$$

v_{hik} - vhodna količina i-te ($i = I_1 + 1, \dots, I_2, I_2 + 1, \dots, I'$) vrste ostanka h -te drevesne vrste na k-tem mestu predelave.

Tehnološkoekonomski pogoji

Struktura vhodnih surovin za posamezno mesto predelave je pogosto pogoj, ki ga je treba v modelu procesa predelave lesnih ostankov zajeti zaradi tehnoloških karakteristik predelovalnih zmogljivosti.

Enačbe strukture vhodne surovine k- te predelovalne zmogljivosti:

$$v_{hik} + vp_{hik} - \sum_m c_{hikm} \times v_{km} = 0 \quad (5)$$

$$\sum_h \sum_i (v_{hik} + vp_{hik}) - \sum_m v_{km} = 0$$

$i = I_1 + 1, \dots, I_2$, $I_2 + 1, \dots, I'$ $m = 1, 2, \dots, M$

kjer pomeni

c_{hikm} - delež i- te vrste surovine, h- te drevesne vrste, v strukturi vhoda za k- to predelavo pri m-ti tehnologiji,

vp_{hik} - nabavljena količina, i-te vrste ostanka h-te drevesne vrste za k-to predelavo zunaj območja,

v_{km} - količina predelane lesne mase na k-ti predelovalni zmogljivosti po m-ti tehnološki varianti .

Navedena oblika pogojev pogosto ne zadošča za izražanje tehnoloških omejitev vhodne surovine. Oblike pogojev so specifične glede na tehnološke karakteristike posamezne predelovalne zmogljivosti in imajo lahko dokaj zapleteno obliko.

Za določanje koeficientov c_{hikm} , in sicer pogojev tehnoloških omejitev je smiselno uporabljati posebne optimizacijske modele (TRATNIK, 1983) .

Količina proizvodnje na k-ti lokaciji končne predelave:

$$\sum_m (v_{km} / d_{km} - w_{km}) = 0 \quad (6)$$

d_{km} - normativ porabe lesnih ostankov pri m-ti tehnološki varianti na k-ti predelavi lesnih ostankov za enoto proizvoda m-te tehnološke variante,

w_{km} - količina proizvodnje k-te predelave po m-ti tehnologiji.

Omejitve zmogljivosti vključujemo kadar pogojujemo obratovanje zmogljivosti nad nekim kritičnim obsegom ali kadar obstaja možnost, da bi bila zmogljivost zasedena nad dopustno obremenitvijo. Pogoji imajo obliko

neenačb:

$$\sum_m f_{km} \times v_{km} \geq q_k$$

$$\sum_m f_{km} \times v_{km} \leq Q_k \quad (7)$$

f_{km} - normativ zasedenosti predelovalne zmogljivosti pri predelavi enote vhodne surovine pri m-ti tehnološki varianti na k-ti lokaciji predelave lesnih ostankov ,

q_k - spodnja meja zasedenosti k- te predelovalne zmogljivosti ,

Q_k - gornja meja zasedenosti k - te predelovalne zmogljivosti .

Analogno se vnesejo omejitve transportnih zmogljivosti, če realno omejujejo proces distribucije pri predelavi lesnih ostankov.

Ekonomski pogoji zajemajo prihodke in stroške. Naj bo:

$$P_k = \sum_m w_{km} \times c_{km} \quad (8)$$

P_k - prihodki k- te predelave ,

c_{km} - prodajna cena za proizvode k-te predelave po m- titehnologiji.

$$S'_k = \sum_h \sum_i \sum_j \sum_l z_{hijkl} \times s_{hijkl} + \sum_h \sum_i v p_{hik} \times c_{hik} \quad (9)$$

S'_k - vrednost nabavljenih ostankov za k- to mesto predelave,

s_{hijkl} - strošek transporta in nabavne cene za enoto,

c_{hik} - nabavna vrednost za enoto $v p_{hik}$.

$$S''_k = \sum v_{km} \times s_{km} \quad (10)$$

S''_k - stroških predelave za k- to mesto predelave,

s_{km} - stroških predelave za enoto v_{km}

Razlika med prihodki in stroški za k-to mesto predelave R_k :

$$P_k - S'_k - S''_k \geq R_k \quad (11)$$

Če je R_k pogoj za doseganja praga rentabilnosti, vpeljemo spremenljivki u_k in u'_k , da je

$$P_k - S'_k - S''_k + u_k - u'_k = R_k \quad (12)$$

in se s tem izognemo nekonsistentnosti modela (L. Martič 1978).

Spremenljivki imata naslednji pomen:

- u_k - vrednost primankljaja razlike med prihodki in stroški za doseganje praga rentabilnosti,
- u'_k - vrednost presežka razlike med prihodki in stroški nad pragom rentabilnosti.

Poleg navedenih in morebitnih drugih pogojev veljajo za spremenljivke:

$x_{hij}, x_j, xn_{hij}, x'_{hij}, y_{hgj}, yn_{hgj}, z_{hijkl}, v_{hik}, vp_{hik}, v_{km}, w_{km}, u_k, u'_k$
pogoji nenegativnosti.

Kriterij optimizacije

Oblike kriterialne funkcije so zaradi mnogostranske uporabnosti modela lahko različne, kot na primer:

a) Minimiziranje transporta lesnih ostankov ob čimvečji količini predelave lesnih ostankov območja:

$$\text{Min} \left(\sum_h \sum_i \sum_j \sum_k \sum_l z_{hijkl} \times d_{jkl} + \sum_h \sum_i \sum_j vp_{hik} \times d' \right)$$

kjer je

d_{jkl} - razdalja med j-to lokacijo izvora in k-to lokacijo predelave pri l-tem načinu transporta,

$d' > \text{Max}(d_{jkl})$ pogoj, ki zaradi konsistentnosti modela dopušča nabavo ostankov izven območja, vendar v slabšem položaju od nabave v območju.

b) Ekonomska optimizacija predelave lesnih ostankov

Kriterij je razlika med prihodki in stroški. Prihodki so izraženimi v (8), stroške sestavljajo stroški v (9), (10), stroški doseganja praga rentabilnost u_k ter stroški v zvezi z neporabljenimi lesnimi ostanki S''' , izraženi kot:

$$\sum_h \sum_i \sum_j x n_{hij} \times s'_{hij} + \sum_h \sum_g \sum_j y n_{hgj} \times s'_{hgj} = S'''$$

kjer je:

s'_{hij} - strošek za neporabljeno enoto $x n_{hij}$

s'_{hgj} - strošek za neporabljeno enoto $y n_{hgj}$

Kriterij ima v tem primeru obliko:

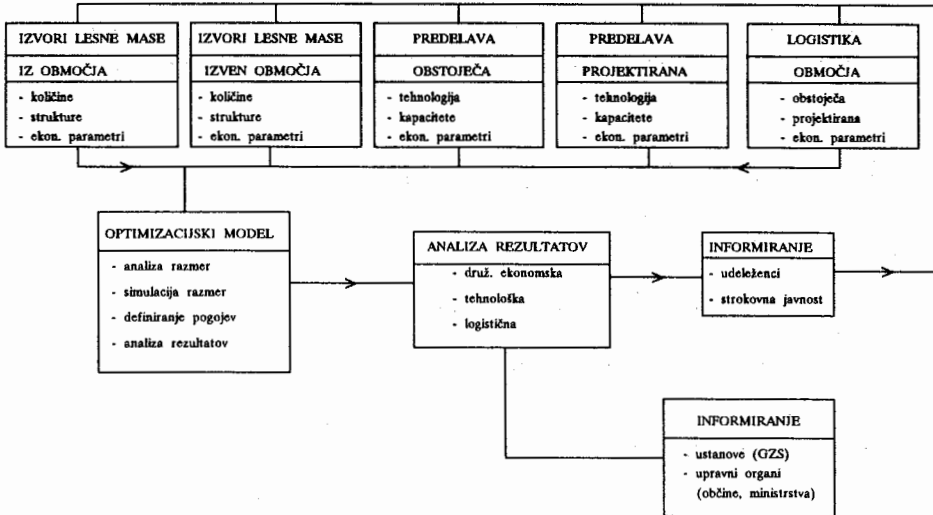
$$\text{Max} \left(\sum_k (P_k - S'_k - S''_k - u_k) - S''' \right)$$

Lastnosti tega problema so pogosto take, da model spada v področje ciljnega ali večkriterialnega programiranja.

Model v upravljalnem procesu

Mesto optimizacijskega modela v procesu upravljanja predelave lesnih ostankov je definirano z vsebino informacijskih tokov med udeleženci tega procesa. Shematsko je mesto optimizacijskega modela v tem procesu predstavljeno v shemi: "Vključitev optimizacijskega modela v upravljalni proces predelave lesnih ostankov".

Shema: Vključitev optimizacijskega modela v upravljalni proces predelave lesnih ostankov



Okvirna vsebina informacijskih tokov, definirana za vhodne in izhodne tokove po udeležencih, je naslednja:

- izvori lesne mase:

.. podatki za model:

količine lesne mase, struktura sortimentov, dinamika, omejitve logističnih aktivnosti, ekonomski parametri lesne mase in logističnih aktivnosti,

.. podatki iz modela:

možnosti optimalne distribucije lesne mase izvora in nerazporejene količine izvora, optimalni režim logističnih aktivnosti, ekonomske prednosti spreminjanja strukture sortimentov izvora ali logističnih aktivnosti,

- predelava:

.. podatki za model:

količine vhodne surovine po izvori, struktura sortimentov pri veljavni tehnologiji, dinamika, omejitve logističnih aktivnosti, normativna poraba surovine, omejitve predelovalnih

.. podatki iz modela:

zmogljivosti in obsega proizvodnje, ekonomski parametri predelave in logističnih aktivnosti, optimalne količine surovine in logističnih aktivnosti pri upoštevanem režimu po izvori, surovinski primanjkljaji, obseg proizvodnje in zasedenost zmogljivosti, optimalni režim logističnih aktivnosti, informacije o ekonomičnosti in rentabilnosti poslovanja, ekonomske prednosti spreminjanja tehnologije,

- logistika :

.. podatki za model: logistični sistem, omejitve, ekonomski parametri,

.. podatki iz modela: obseg logističnih aktivnosti, obremenitve logističnega sistema, prednosti posamezne logistične aktivnosti, logistične omejitve sistema.

Optimizacijski model ima v informacijskem procesu opredeljeno mesto šele takrat, ko je kot metoda oblikovanja informacij v ta proces tudi vključen. Z navedenimi informacijskimi tokovi je to mesto določeno tudi za predlagani optimizacijski model.

5 SKLEPI

Model procesa predelave lesnih ostankov za Slovenijo zajema:

- 14 gozdnogospodarskih območij - izvori lesne mase,
- 6 vrst sortimentnih skupin lesa,
- 2 vrsti lesa,
- 4 proizvajalce ivernih plošč,
- 1 proizvajalca vlaknenih plošč in
- 1 proizvajalca celuloze.

Model je razvit do faze, ko so rezultati izračunov smiselni glede na kvaliteto razpoložljivih vhodnih informacij. Model je zaradi svoje kompleksnosti velik. V obliki, ki je predstavljena, ima model za navedeno število izvorov, vrst sortimentnih skupin in predelovalnih kapacitet prek tisočpetsto spremenljivk in prek osemsto pogojev. Računanje optimalnih rešitev izvajamo na PC 386 opremi, ki ima vgrajen koprocesor z

računalniškimi programom LOMP (MEŠKO,1991). Izračun rešitve traja približno 15 minut.

Aplikacija modela ni odvisna samo od trajanja izračuna optimalnih rešitev. V veliko večji meri je odvisna od organizacije pristopa pri reševanju problema in interpretacije dobljenih rešitev. V shemi " Vključitev optimizacijskega modela v upravljalni proces predelave lesnih ostankov" je ponazorjena interdisciplinarnost aplikacije modela, saj se pri reševanju problema srečujejo upravljalci procesov distribucije, predelave in trženja proizvodov v vseh fazah procesov. Predvsem mora biti dosežena visoka stopnja sodelovanja udeležencev procesa predelave tako v procesu oblikovanja parametrov modela za obstoječe pogoje predelave kot za projektirane postopke predelave in spremembe v logističnih procesih. V taki organizaciji bo zato model služil za ugotavljanje ekonomskih, proizvodnih in logističnih sprememb pri spreminjanju strukture lesne surovine, tehnologije, lokacije ali zmogljivosti predelave lesnih ostankov. Dobljeni rezultati izračunov bodo po interpretaciji in analizi primerni za informiranje ustanov in organov, ki te informacije potrebujejo za upravljanje pogojev predelave lesnih ostankov.

POVZETEK

Problem razporejanja velikih količin lesa drobnih gozdnih sortimentov in žagarskih lesnih ostankov po potencialnih porabnikih, to so štiri tovarne ivernih plošč, tovarna vlaknenih plošč in tovarna celuloze in papirja je lahko obravnavan makroekonomsko s pomočjo faznega linearnega programa, ki je za naš primer velik, saj vsebuje približno 1500 spremenljivk in več kot 700 pogojev. Rezultate izračunov lahko uporabljamo za upravljanje procesov nastanka in predelave "manj vrednega" lesa t.j. drobnih gozdnih sortimentov in žagarskih lesnih ostankov. Model lahko služi za podporo pri načrtovanju morebitnih sprememb postopkov pridobivanja in predelave lesa in tudi sprememb logistike pri transportu velikih količin surovinskega lesa in velikih količin gotovih izdelkov.

SUMMARY

The problem of the distribution of great wood quantities (small-sized forest products and sawmill rest wood) among the potential consumers, which are represented by four particle board mills, a fiberboard mill and a cellulose and paper mill, can macroeconomically be dealt with by means of phase linear program, which is huge in the present example because it includes approximately 1 500 variables and more than 700 conditions. The results of the calculations can be used for the managing of the processes of the occurrence and processing of the timber of "little value", i.e. small-sized wood assortments and sawmill rest wood. The model can be used in the planning of the possible changes in wood production and processing procedures as well as those in transport logistics for great quantities of primary wood and final products.

VIRI

- DEVJAK, S., 1987. Ekonomska optimizacija razporejanja in predelav lesne mase območja. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Ekonomska fakulteta, 217 s.
- MARTIČ, L., 1987. Višekriterijalno programiranje. Zagreb, Informator, 195 s.
- MERZELJ, F., Lesni ostanki v žagarski proizvodnji. Les, 45 (1993) 1-2, s. 5-9, 38
- MEŠKO, I., 1991. Optimizacija poslovanja. Maribor, Univerza Maribor, Ekonomsko-poslovna fakulteta, 266 s.
- TRATNIK, M., 1983. Ekonomika optimizacije proizvodnje ivernih plošč glede na debelino ivernih plošč in vrste uporabljenega lesa. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza E. Kardelja v Ljubljani, VDO Biotehniška fakulteta, VTOZD za lesarstvo, 95 s.

