

2 397  
INŠTITUT ZA GOZDNO IN LESNO GOSPODARSTVO  
PRI BIOTEHNIŠKI FAKULTETI V LJUBLJANI

Lojze ŽGAJNAR

KOLIČINE, PRIDOBIVANJE, PREDELAVA  
IN UPORABA DROBNE DREVESNE  
IN GRMOVNE BIOMASE  
— SEČNIH OSTANKOV

RAZISKOVALNA NALOGA

LJUBLJANA, 1990

GDK a. b. gley v malogpi

ID = 1770918

u = 10391

e - 397

Institut za gozdno-in lesno gospodarstvo  
pri Biotehniški fakulteti v Ljubljani

Lojze ZGARNAR

KOLIČINE, PRIDOBIVANJE, PREDELAVA IN UPORABA DROBNE DREVESNE IN  
GRMOVNE BIOMASE - SEČNIH OSTANKOV

Raziskovalna naloga

Ljubljana, 1990

GOZDARSKA KNJIŽNICA

K E

397



22006000248

UNIVERZA V LJUBLJANI

COBISS



e397/1991

Vodja naloge: Lojze ŽGAJNAR, dipl.inž.gozd.  
Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo

Sodelavci: Marko KMECL, dipl.inž.gozd.  
Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo

mag.Boštjan KOŠIR, dipl.inž.gozd.  
Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo

Mirko MEDVED, dipl.inž.gozd.  
Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo

Jernej UDE, dipl.inž.gozd.  
Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo

Tehnični sodelavci:

Blaž Bogataj, abs.gozdarstva  
Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo

Peter PAVLIČ, gozd tehnik  
Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo

## Zahvala

Glede na obširnost, celovitost in pomembnost ter časovno trajanje raziskave je razumljivo, da smo se srečevali in sodelovali s številnimi domačimi in tujimi strokovnjaki iz najrazličnejših področij. Zato je praktično nemogoče, da bi izrazili hvaležnost posameznikom. Izrabljamo pa to priložnost za našo skupno zahvalo vsem, ki so kakorkoli sodelovali pri pričujočih raziskavah. Če posebna zahvala pa velja vsem delovnim organizacijam in inštitucijam ter njihovim delavcem, ki so aktivno z delom in sredstvi sodelovali pri številnih prireditvah, laboratorijskih in terenskih raziskavah ter demonstracijah. Posebej se zahvaljujemo tudi vsem gozdnogospodarskim organizacijam, ki so raziskave denarno omogočile.

Vodja naloge

GDK 332.1 : 333.3 + 825.7 : 839.3 : 839.8

Izveček

ŽGAJNAR, L.: KOLIČINE, PRIDOBIVANJE, PREDELAVA IN UPORABA DROBNE DREVESNE BIOMASE - SEČNIH OSTANKOV

Geslo ekologija-energija-varčevanje je že dve desetletji temeljno vodilo tehnološkega in gospodarskega razvoja ekološko zavednih družbeno-političnih sistemov. Posebna pozornost je namenjena gospodarnejši pridelavi, predelavi in porabi biomase vseh vrst, še posebej gozdni drevesni biomasi - sečnim ostankom.

V pričujočem izdelku so prikazani stanje, razvoj in novejša spoznanja ter aktivnosti v zvezi z omenjeno problematiko v svetu in v Sloveniji. V prvem, splošnem delu so analizirani viri, tehnologije pridobivanja, predelave in uporabe, fizikalno-kemične lastnosti ter ekološki in ekonomski vidiki izrabe biomase. V drugem, posebnem delu pa je kratek prikaz rezultatov praktičnih preizkusov pridobivanja sečnih ostankov s predelavo v sekance ter ugotovitve o uporabnosti tehnologije in sekancev.

Ključne besede: biomasa, sečni ostank<sup>ef</sup>~~ci~~, vir energije, kurivo, briketi, sekanci, sekalni stroj, tehnologija pridobivanja, mehanska predelava, kemična predelava, ekološki vidiki

Auszug

ŽGAJNAR, L.: MOEGELICHKEITEN VON GEWINNUNG, VERARBEITUNG UND VERWERTUNG VON SCHLAGABFALL

Oekologie, Energie, rationeller Verbrauch - das sind die Pruefsteine der zweitgemaessen technologischen und wirtschaftlichen Entwicklung. In diesem Zusammenhang ist auch die forstliche Biomasse, bzw. Schlagabfall zu sehen. Die Entwicklung und der gegenwaertige Stand der Nutzung der forstlichen Biomasse in Europa und in Slowenien wird dargestellt. Die Moeglichkeiten und die Technologie der Nutzung und Verarbeitung der sog. Schlagabfaelle, chemische und physikale Eigenschaften von Hackgut, sowie oekologische und oekonomische Gesichtspunkte solcher Biomassenutzung werden analysiert. Im Anhang werden Ergebnisse einiger prektischen Versuche von Hackgutgewinnung dargestellt, sowie Schlussfolgerungen ueber Hack-Technologien und Verwendungsmoeglichkeiten von Hackgut gezogen.

Schluesselworte: Forstliche Biomasse, Schlagabraum, Energiegewinnung, Brennstoff, Briketten, Waldhackgut, Hackmaschine, Technologischer Verlauf, Oekologische Aspekte

- I Splošni del
- 1 PREDGOVOR
- 2 UVOD IN PREOBLEMATIKA
- 3 SPLOŠNO O BIOMASI
  - 3.1 KAJ JE BIOMASA?
  - 3.2 VIRI DREVESNE IN GRMOVNE BIOMASE - SEČNI OSTANKI
  - 3.3 KOLIČINA IN SESTAVA SEČNIH OSTANKOV
    - 3.3.1 SEČNI OSTANKI IZ OSNOVNIH SEČENJ IN REDČENJ GOZDOV
    - 3.3.2 Sečni ostanki pri negovalnih in melioracijskih delih
    - 3.3.3 Drevesna in grmovna biomasa, ki nastaja pri vzdrževanju kmetijskih površin, parkovnih gozdov ter tras komunikacijske in energetske infrastrukture
    - 3.3.4 Drevesni in grmovni ostanki iz kmetijske dejavnosti ter odslužen les
    - 3.3.5 Lesnoindustrijski ostanki
    - 3.3.6 Tabelarni pregled (povzetek) količin ostankov po virih nastanka in uporabnosti
- 4 TEHNOLOŠKI SISTEMI IN VARIANTE PRIDOBIVANJA SEČNIH OSTANKOV
  - 4.1 IZHODIŠČA IN DEJAVNIKI IZBIRE IN UVAJANJE NOVIH TEHNOLOŠKIH REŠITEV ZA PRIDOBIVANJE IN UPORABO BIOMASE
  - 4.2 STANJE IN RAZVOJ PRIDOBIVANJA IN UPORABE BIOMASE V SVETU IN PRI NAS
  - 4.3 NAJPOGOSTEJŠE TEHNOLOGIJE PRIDOBIVANJA IN DODELAVE BIOMASE
  - 4.4 PROIZVODNJA IN PRIDOBIVANJE BIOMASE IZ NAMENSKIH ENERGIJSKIH PLANTAŽ
  - 4.5 TEHNOLOGIJE PRIDOBIVANJA CELOTNE NADZEMNE BIOMASE DREVJA
    - 4.5.1 Pridobivanje biomase celih dreves z izdelavo proizvodov na sečišču
    - 4.5.2 Pridobivanje biomase z izdelavo proizvodov na gozdni prometnici (traktorski poti, kamionski cesti)
    - 4.5.3 Pridobivanje biomase z izdelavo proizvodov na pomožnem skladišču ob kamionski cesti
    - 4.5.4 Pridobivanje biomase z izdelavo proizvodov na centralnih skladiščih
  - 4.6 SPLOŠNA OCENA UPORABNOSTI POSAMEZNIH SISTEMOV IN VARIANT



- 5 SEKALNI STROJI IN SISTEMI ZA PREDELAVO BIOMASE V SEKANCE
  - 5.1 RAZVRŠČANJE SEKALNIH STROJEV PO POGONSKI MOČI IN ZMOGLJIVOSTI
    - 5.1.1 Majhni sekalni stroji
    - 5.1.2 Sekalni stroji srednjih zmogljivosti
    - 5.1.3 Veliki sekalni stroji
  - 5.2 KONSTRUKCIJSKE IZVEDBE NAPRAVE (ORODJA) ZA SEKANJE
    - 5.2.1 Sekalniki z noži v vijačni (polžasti) izvedbi
    - 5.2.2 Sekalniki z noži na disku
    - 5.2.3 Sekalniki z noži na valju (bobnu)
  - 5.3 DRUGE NAPRAVE IN OPRAMA V SESTAVI SEKALNIH SISTEMOV
    - 5.3.1 Krmilna ročica
    - 5.3.2 Polnilni jaški z vhodno odprtino
    - 5.3.3 Cev za izpihovanje sekancev
    - 5.3.4 Sekalni noži
    - 5.3.5 Hidravlična nakladalna (prodajalna) naprava
    - 5.3.6 Naprave za prenos obdelovancev do polnilnih valjev - tračni in verižni transporterji
  - 5.4 NAPRAVE ZA PREVOZ SEKANCEV
- 6 MOŽNOSTI IN NAČINI UPORABE BIOMASE - SEČNIH OSTANKOV
  - 6.1 UPORABA BIOMASE ZA PRIDOBIVANJE ENERGIJE
    - 6.1.1 Pomen biomase kot vir energije v svetu in Sloveniji
  - 6.2 OBLIKE IN VRSTE KURIVA IN ENERGIJE IZ LESNE BIOMASE
    - 6.2.1 Neposredna uporaba lesa za pridobivanje energije
    - 6.2.2 Mehanska in kemična predelava lesnega kuriva
      - 6.2.2.1 Izdelovanje cepanic, okroglic, sekanic, kratic, klad, polen in butar
      - 6.2.2.2 Stiskanje drobne biomase v bale, brikete in pelete
      - 6.2.2.3 Predelava biomase v sekance
      - 6.2.2.4 Predelava biomase v lesno oglje - poogljevanje, suha destilacija lesa
  - 6.3 GLAVNE FIZIKALNO-KEMIČNE LASTNOSTI LESA KOT KURIVA
    - 6.3.1 Kemična zgradba
    - 6.3.2 Ogrevna moč (kurilnost) lesnega kuriva
    - 6.3.3 Vlažnost lesa in določanje stopnje vlažnosti
    - 6.3.4 Volumenska masa in zdravost lesnega kuriva
  - 6.4 UGOTAVLJANJE KURILNOSTI LESNEGA KURIVA
  - 6.5 SUŠENJE IN SHRANJEVANJE LESNEGA KURIVA
    - 6.5.1 Naravno sušenje lesa za kurjavo
    - 6.5.2 Umetno (prisiljeno) sušenje lesa za kurjavo
  - 6.6 KURILNE NAPRAVE IN SISTEMI

- 6.6.1 Značilnosti in prednosti sodobnih kurilnih naprav na lesno kurivo
- 6.7 EKOLOŠKI VIDIKI PRIDOBIVANJA IN UPORABE LESA ZA ENERGIJSKE NAMENE
- 6.7.1 Najpomembnejši okolju škodljivi produkti, ki nastajajo pri gorenju lesnega kuriva
- 6.7.2 Biološko-ekološki vidiki odvzemanja biomase iz gozdov

## II Posebni del

- 7 **KRATEK PRIKAZ NEKATERIH NAJPOMEMBNEJŠIH REZULTATOV IN UGOTOVITEV NAŠIH PRAKTIČNIH POIZKUSOV PRIDOBIVANJA, PREDELAVE IN UPORABE SEČNIH OSTANKOV**
- 7.1 POIZKUS IZDELOVANJA IN UPORABNOSTI SEKANCEV IN IVERI IZ BUKOVE VEJEVINE ZA PROIZVODNJO IVERNIH PLOŠČ
- 7.2 POIZKUS PREDELAVE DROBNEGA DREVJA JELČE V ENERGIJSKE IN TEHNOLOŠKE SEKANCE
- 7.3 POIZKUS IZDELOVANJE TEHNOLOŠKIH SEKANCEV IZ BUKOVIH POLEN (OKROGLIC) DOLŽINE 1 M
- 7.4 RAZISKAVE IN PREIZKUSI PRIDOBIVANJA DROBNEGA DREVJA IZ PRVIH REDČENJ BUKOVEGA IN SMREKOVEGA LETVENJAKA S PREDELAVO V SEKANCE TER NJIHOVE UPORABNOSTI
- 7.4.1 Cilji in namen poizkusov
- 7.4.2 Izvedba poizkusov
- 7.4.3 Pomembnejši rezultati in ugotovitve poizkusov
- 7.4.3.1 Splošne ugotovitve
- 7.4.3.2 Učinki pridobivanja po delovnih fazah
- 7.4.3.3 Skupni stroški proizvodnje sekancev in njihova vrednost
- 7.4.3.4 Struktura stroškov po proizvodnih fazah
- 7.4.4 Obseg in struktura poškodovanega drevja pri sečnji in spravilu
- 7.4.5 Nekatera razmerja ter pomembnejše fizikalno-kemične lastnosti izdelanih sekancev
- 7.4.5.1 Volumenska in masna razmerja
- 7.4.5.2 Povprečna sestava sekancev po drevesnih delih
- 7.4.5.3 Povprečna sestava svežih bukovih sekancev po velikosti
- 7.4.5.4 Povprečne absolutne vlažnosti posameznih sestavin drevesa
- 7.4.5.5 Vpliv poseka "na suš" na osušitev lesa
- 7.4.5.6 Frakcijska sestava bukovih sekancev iz svežega drevja in drevja posekanega "na suš"
- 7.4.5.7 Vpliv mesta skladiščenja na osušitev bukove biomase
- 7.4.5.8 Poprečne kurilne vrednosti sekancev in briketov

7.1	7.1.9	Fizikalno-kemične lastnosti sekancev iz različnih delov drevesa
8		ZAKJUČEK
9		POVZETEK
10		VIRI IN LITERATURA

## I. Splošni del

## 1 PREGOVOR

V pričujočem elaboratu so prikazane ugotovitve in rezultati večletnih raziskav tudi v Sloveniji celo pereča in celovita problematika gospodarnega pridobivanja, doblave, predelave in uporabe drevesne in grmovne biomase. Čeprav je bil ta problem tudi dosedaj vseskozi pereč, tako pri nas kot v svetu, pa je doživel povsem nove dimenzije v začetku sedemdesetih let. To je bil čas prvega "naftnega šoka" ter njegovih znanih posledic - energijske in splošno gospodarske krize, ki sta v temeljih zamajala tudi najtrdnjše gospodarske in politične sisteme. Logična, samozaščitna reakcija je bila silovita, tako v spremembi miselnosti kot tudi v neposrednih dejanjih. Človeštvo se je končno (menimo, da tudi dokončno) zavedalo omejenosti fosilnih goriv, nujnosti varčevanja z energijo in vsakim negativnim vplivom in posledicam potratne potrošnje energije za človekovo okolje in njegovo eksistenco. Slogan Ekologija-energija-varčevanje ni več le papirnato geslo, pač pa vse bolj upoštevan imperativ.

Med različnimi tovrstnimi prizadevanji je bila posebna pozornost namenjena iskanju alternativnih energijskih virov. Kot najbolj realnemu, obnovljivemu, energijsko varčnemu in čistemu viru je bila še posebna pozornost namenjena biomasi, na prvem mestu drevesni in grmovni biomasi. Lesno kurivo postane "energija prihodnosti" in govorimo o "renesanci lesa za kurjavo."

Slovensko gozdarstvo se je v ta prizadevanja vključilo z običajno 15 letno zamudo. V letu 1984 je namreč gozdarski inštitut, na predlog SZ gozdarstva, v svoj redni raziskovalni program, kot posebno nalogo, vključil tudi to problematiko. Glede na obsežnost in celovitost problematike, ki posega praktično na vsa področja ter skromne kadrovske (niti 1 FT v celoti) in materialne možnosti (pomanjkanje ustrezne opreme za raziskave) je razumljivo, da so rezultati naših dosedanjih raziskav razmeroma skromni. V mislih imamo predvsem aplikacijo naših raziskav v vsakdanjo prakso, kjer so rezultati še razmeroma pičli. Na tem področju nas čaka v prihodnje še veliko dela. Z zadovoljstvom in gotovostjo pa lahko trdimo, da smo si v tem času pridobili veliko teoretičnega znanja in tudi nekaj praktičnih izkušenj. Zelo pomembno je tudi dejstvo, da smo tekoče spremljali znanstveni in tehnološki razvoj ter ostale aktivnosti v rvezi z drevesno in grmovno biomaso v gozdarsko razvitih deželah. To kažejo tudi rezultati in ugotovitve naših raziskav, ki smo jih sproti posredovali ožji in širši strokovni, pa tudi laični javnosti, v različnih oblikah in medijih. Plod našega dela je prek 60 bibliografskih enot: članki, razprave, poročila, ekspertize, referati itd., v različnih poljudnih in strokovnih revijah, na posvetovanjih, neposrednih nasvetih, terenskih in kabinetnih predstavitev in drugih oblikah transfera.

Obsežno in vsebinsko raznotero problematiko smo v pridujočem delu razdelili na dva dela. V prvem, splošnem delu smo namenili pozornost biomasi s širših družbeno-ekonomskih, gozdnogospodarskih, tehnično-tehnoloških in ekoloških vidikov. Pri tem se nismo ogradili le v ozke slovenske okvire, pač pa smo upoštevali in prikazali tudi stanje in razvojne težnje obravnavane problematike v drugih, zlasti sodobnih gozdarstvih Evrope in sveta.

Čeprav je sedanja stopnja tehnološkega razvoja omogoča najširšo izrabo drobne, donedavna še nekomercialne drevesne in gramovne biomase, smo v raziskavah osrednjo pozornost namenili predvsem energijski uporabnosti le-te. Menimo namreč, da je bilo to področje pri nas v zadnjih dveh desetletjih močno zapostavljeno. Energija, ekologija ter varčevanje s surovino in energijo pa so danes imperativi obstoja in razvoja sodobne družbe.

## 2 UVOD IN PROBLEMATIKA

Racionalizacija pridobivanja in porabe lesa v najširšem pomenu je danes imperativ, ki ga pogojuje več dejavnikov:

- Z razvojem družbe se naglo spreminja zavest in vrednotenje pomena gozda. Do nedavna t.i.m. sekundarne funkcije gozdov danes vse bolj prednjačijo.

- Pojav propadanja gozdov je dejstvo, ki ne zahteva le resno razmišljanje o bodoči usodi le-teh, pač pa tudi takojšnje ukrepe.

- Proizvodnja, pridobivanje in poraba lesa je vse premalo gospodarna, tako v količinskem kot kakovostnem pomenu. Nezadostno izrabljamo naravne proizvodne danosti ter organizacijske in tehnološke možnosti. Vse preveč je nenamenske porabe in prenizka stopnja oplemenitenja lesa.

- Gozd in njegov proizvod les sta za Slovenijo najpomembnejše naravno bogastvo. Kljub temu moramo uvažati letno blizu 1 milijon m<sup>3</sup> lesa, to je skoraj četrtino vseh potreb. Vsa svetovne in evropske napovedi o možnostih uvoza lesa pa so vse prej kot optimistične. Po napovedi FAO bo že leta 2000 v Evropi primanjkovalo prek 100 milijonov m<sup>3</sup> tehničnega lesa, predvsem za industrijo celuloze in plošč.

- Nega je osnova našega koncepta sonaravnega gospodarjenja z gozdom in najpomembnejši pripomoček za racionalizacijo gospodarjenja. Vemo tudi, da je nega gozda najučinkovitejša dolgoročna naložba in porok vrednostne proizvodnje lesa. Sedanje stanje propadajočih gozdov in zaostrene gospodarske razmere pa nas vse bolj silijo k pridobivanju čim cenejših in čim večjih količin lesa. Logične posledice tega so:

- S sečnjami preobremenjeni gozdovi, še posebej gozdovi v fazi najvrednejšega priraščanja, to je v drugi polovici proizvodne dobe (deb.razred nad 30 cm).

- Kopičenje zalog v debelinskem razredu do 30 cm, kar pomeni vrednostno siromašenje gozdov.

- Prek 100.000 ha mladih gozdov, potrebnih prvih redčenj, ki jih vse prepočasi izvajamo, saj nam sredstev vedno primanjkuje.

- Več kot 200.000 ha malodonosnih gozdov in grmišč od katerih jih je kar polovica na dobrih rastiščih. Proizvodnjo v teh gozdovih vse prepočasi intenziviramo.

- Čaka nas najmanj 200.000 ha zaraščenih kmetijskih površin. Velik del teh grmišč je predvidenih za premene v gozdove.

Za vse navedene kategorije je značilno, da realizacija potrebnih ukrepov ne daje takojšnjih finančnih učinkov, saj ob nadpovprečnih stroških dobimo predvsem manjvredne sortimente. Poleg prenizke cene drobnega lesa so vzroki za to tudi v pomanjkljivi organizaciji in tehnologiji dela, v preveliki samoradostnosti ali celo teporu proti vsem "novotarijam". Vse to se kaže tudi v prepočasnem spopolnjevanju obstoječih in uvajanju novih, sodobnejših in gospodarnějšíh tehnoloških rešitev. Končna posledica tega so:

Predruga proizvodnja gozdnih lesnih sortimentov in zmanjševanje akumulativne sposobnosti gozdarstva.

Razkorak med opravljenimi in potrebnimi negovalnimi deli, zlasti pri prvih redčenjih in pri premenah metodoloških gozdov, je vse večji. To velja tako glede obsega, kot tudi glede kakovosti opravljenih del.

- V gozdnih ostajajo neizkoriščene pomembne količine drobnega tehničnega lesa, ki ga mora industrija celuloze in plošč nadomestiti z uvoženo surovino.

- V Sloveniji pokurimo letno okrog 700.000 m<sup>3</sup> drv. Vsaj polovica te količine povsem ustreza tehnološkim zahtevam industrije celuloze in plošč. T.im. sečni in drugi ostanki in odpadki pa marsikje nekoristno propadajo, čeprav je njihova kurilna vrednost večja kot pri tehnološko uporabnem, kakovostnem lesu.

- Tudi v dobi največje energijske (naftne) blaginje, to je v sedemdesetih in na začetku osemdesetih let, je lesno kurivo pomenilo znaten delež (7-8%) skupne porabe energije v Sloveniji. Prav v tem obdobju pa smo, žal, skoraj povsem zanemarili problematiko racionalnejšega pridobivanja in uporabe tega vira energije. Posledica takšnega ravnanja ni le tehnološki zastoj tega področja, pač pa tudi občutno materialne škode, ki jih pogojuje ta zastoj. Le-te so posledica različnih dejavnikov še zlasti:

Negospodarne, nenamenske porabe lesa, saj v pečeh izgori tudi kakovostna hlodovina.

- Klasično pridobivanje, izdelava drv in kurjenje je fizično zahtevno, zamudno, nevarno in drago opravilo.
- Neredko uporabljamo za lesno kurivo neprimerne ali tehnološko zastarele kurilne naprave, ki dajejo le polovične izkoristke.
- Kljub "čistemu kurivu" je onesnaževanje ozračja občutno.
- Zaradi neznanja in pomanjkanja ustrezne tehnike nekoristno propadejo znatne količine različnih lesnih in drugih ostankov in odpadkov, ki jih sodobni tehnološki postopki omogočajo izrabiti za različne namene.



V tehnološko razvitih deželah so nakazovalni problemom že v začetku sedemdesetih let namenjali vso pozornost. Plod teh prizadevanj je bil tudi nagel tehnološki razvoj na vseh področjih, od proizvodnje do dodelave in predelave pa do uporabe biomase. Pri proizvodnji in pridobivanju biomase so bili najpomembnejši tile vidiki:

- izraba sečnih ostankov, ki nastajajo pri rednih sečnjah in pri negi gozdov,
- dopolnilni proizvodnji biomase za energije v namenskih nasadih s kratko proizvodno dobo (energijske plantaže),
- izraba ostankov pri dodelavi in predelavi lesa,
- izraba vse ostale biomase (kmetijski, živalski, komunalni ostanki in odpadki, biomasa barij, šotišče, trstičja, morske alge idr.)

Plod prizadevanj pri dodelavi in predelavi biomase so številni novi proizvodi v trdnem, tekočem in plinastem stanju (sekanci, briketi, peleti, tekoča in plinasta goriva za kurjavo in pogon motorjev).

Pri porabi biomase so bili doseženi pomembni rezultati na področju varčnega in čistega izgorevanja, visokih izkoristkov primarne energije, avtomatizacije kurjenja, energijsko varčnih postopkov pretvarjanja energije itd.

Navedena problematika je bila obravnavana celostno z nacionalnega vidika in enakovredno s socialnega, gospodarskega in ekološkega vidika. Še posebna pozornost je bila namenjena ekološkim vprašanjem, to je vsem pozitivnim in negativnim možnim vplivom in posledicam proizvodnje, pridobivanja (odvzemanja) in uporabe biomase, kot so:

- posledice odvzemanja večjega deleža drevesne biomase na plodnost tal in rastnost sestojev,
- možnosti in učinki nadomeščanja z biomaso odvzetih hranilnih snovi (mineralno gnojenje, vračanje pepela v gozd, dodajanje organskih substratov),
- pozitivni učinki substitucije ekološko nečistih fosilnih goriv z biomaso, še posebej goriv z visokim deležem kvepla,
- gospodarnejša izraba drobnega drevja, doslej nekomercialne lesne mase, kot možnost intenziviranja nega gozdov, zlastih prvih redčenj,
- izraba sečnih ostankov kot ukrep za izboljšanje gozdnega reda, manjše nevarnosti razvoja škodljivcev in gozdnih požarov ter priprave tal za sadnjo ali naravno obnovo,
- povečani proizvodnji biomase v energijskih plantažah s ciljem zmanjševanja osnovnih sečenj v gozdovih in manjše odvisnosti od uvoza lesne surovine in energije,
- spopolnjevanje in uvajanje novih, gozdu in človeku prijaznejših tehnologij pridobivanja in uporabe biomase.

Glade na vsa našeta priznanja in dosežene učinke lahko zaključimo, da je bilo obdobje naftne krize v sedemdesetih letih obenem tudi doba izrednega znanstveno tehnološkega napredka na vseh področjih v kontekstu znanega gesla: Ekologija energije varčevanje.

Iz uvodnih razmišljanj je razvidno, da gre za izredno obsežno, celovito in pomembno problematiko, ki posega praktično na vsa področja človekove dejavnosti in njegovega okolja. Zato je razumljivo, da v pričujočem delu prikazujemo le del celotne problematike, s posebnim poudarkom na tematikah za katere menimo, da so najpomembnejše. V prvem delu elaborata smo pozornost namenili predvsem virom, količinam in uporabnim oblikam biomase ter našim in v svetu uporabljanim sodobnim tehnologijam in tehniki pridobivanja, dodelave in uporabe le-te za različne namene. Pri tem smo še posebno pozornost namenili biomasi kot viru energije ter njenim najpomembnejšim lastnostim, ki so imperativ gospodarnega in čistega pridobivanja energije. Pri tem smo upoštevali ugotovitve domačih raziskav in aktivnosti ter tudi najnovejša spoznanja in aktivnosti gozdarsko sedebnih in tehnološko visoko razvitih dežel.

V drugem, posebnem delu elaborata pa so prikazani rezultati in ugotovitve nekaterih pomembnejših domačih preizkusov tehnologije pridobivanja drobnega drevja s predelavo v sekance. Gre za obetavno novejšo tehnologijo, ki je v razvitem svetu razširjena že prek 20 let, pri nas pa se v praksi še ni uveljavila. Glede na stanje propadajočih gozdov in spremenjene družbene gospodarske razmere, vse to zahteva skrajno gospodarno obračunje, pa lahko pričakujemo, da bo ta tehnologija tudi pri nas dobila ustrezno veljavo.

### 3 SPLOŠNO O BIOMASI

#### 2.1 KAJ JE BIOMASA?

Definicija pojma biomasa se je splošno uveljavila in razširila šele v začetku sedemdesetih let, s pričetkom energijske krize. V najširšem pomenu zajema vso živo organsko snov, torej celoten živi rastlinski in živalski svet. V ožjem pomenu pa je to le rastlinska snov, ki je produkt fotosinteze. V vsakdanjem, praktičnem pomenu razumemo pod tem pojmom le tisto rastlinsko snov, ki je obnovljiva in se pojavlja v velikih količinah. V smislu energijskega vira - s tem pomenom se pojem biomasa v zadnjih dveh desetletjih najpogosteje uporablja - je to vsa rastlinska snov, ki jo lahko spremenimo v uporabno obliko energije. Biomaso nadalje delimo na osnovi različnih kriterijev, npr.:

- po izvoru, oziroma mestu nastajanja ali pojavljanja (gozd, kmetijske površine, vodovja, šotišča, barja itd.),
- po namenu uporabe: energija, tehnološka predelava, živilstvo itd.

Ogled na količino ima največji praktičen pomen in se največ pozornosti namenja naslednjim vrstam biomase:

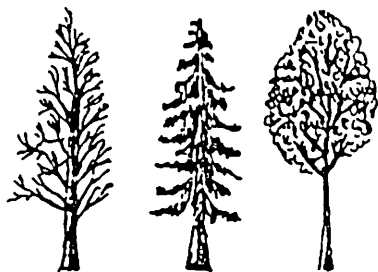
- Drevesni in grmovni biomasi iz naravnih gozdov, intenzivnih nasadov in namenskih plantaž (sečni ostanki).
- Drevesni in grmovni biomasi iz kmetijske dejavnosti (melioracije, sadjarstvo, vinogradništva).
- Lesnim ostankom pri dodelavi, predelavi in neposredni uporabi lesa (odslužen les).
- Rastlinski biomasi pri proizvodnji hrane in industrijskih rastlin, odpadkom živinorejske in živilske predelave.
- Šota, morska in jezerska flora (makro in mikroalge).
- Organski komunalni odpadki.

Pomembnost posameznih vrst biomase je različna v času in prostoru. Tako je npr. za alpske dežele najpomembnejša biomasa iz gozdov, za žitorodne predele biomasa žitaric (plama), za Finsko šota, za Brazilijo sladkorni trs itd.

Za slovenske razmere je daleč najpomembnejša biomasa iz gozdov. Predvsem iz ekoloških in energijskih razlogov pa bi morali v Sloveniji več pozornosti nameniti tudi živinorejskim in komunalnim odpadkom. To pa že presega okvire naše obravnave, saj je le-ta namenjena le drevesni in grmovni biomasi.

## Skica 1 : Potencialni viri biomase

### Naravni gozdovi in intenzivni nasadi:

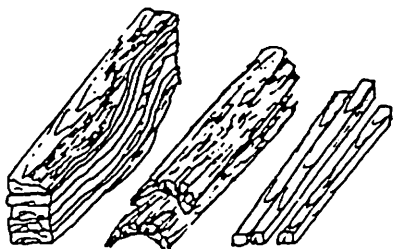


- redne sečnje
- nega gozdov
- obnova gozdov
- melioracije
- sanacije ujm
- krčitve gozdov
- vzdrževanje infrastrukturnih tras
- ostanki pri dodelavi sortimentov

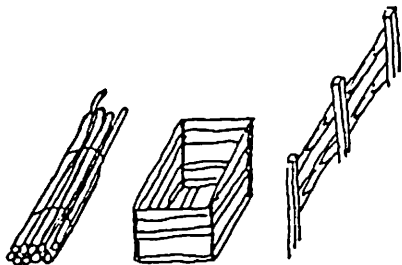
### Kmetijstvo:



- krčitve zaraščenih površin
- premena grmišč v gozd
- sadjarstvo
- vinogradništvo



### Lesnoindustrijski ostanki



### Odslužen les

Biomasa drevoja in grmovja sestavlja nadzemni in podzemni del. Čeprav je pri današnji stopnji tehnološke razvitanosti že možno pridobivati in uporabljati celotno biomaso, kar že nekatere države tudi delajo (Kanada, Amerika, Švedska, države SVV), pa je naša pozornost namenjena le nadzemni biomasi. Vzroki so nesporni in znani. Gre za ekološke in gospodarske omejitve, ki jih pogujejo specifični rastišni dejavniki, pa tudi naš koncept gospodarjenja, ki je spet izraz ekoloških razmer.

Vemo, da tudi nadzemni del biomase ni homogen. Predvsem z vidika uporabnosti tu ločimo zeleno in lesno biomaso. Zelena biomasa sestavlja: listje-iglice, drobni poganjki in vejice do promera 1 cm ter lubje. Lesni del pa sestavljajo deblo in vejevina.

Pri obravnavanju biomase pogosto srečujemo tudi pojem iz- borstljiva in komercialna biomasa. Oba pojma uporabljamo v kontekstu z ekološko in (ali) ekonomsko obravnavo biomase.

Količino biomase običajno izražamo z maso (telo) snovi, ki jo ima nek individuum, populacija ali ekološka skupina na določeni površini ali v prostorni enoti okolja. Gozdno biomaso izražamo v tonah ali  $m^3$  na 1 ha površine in v kg (ton) na  $1 m^3$ .

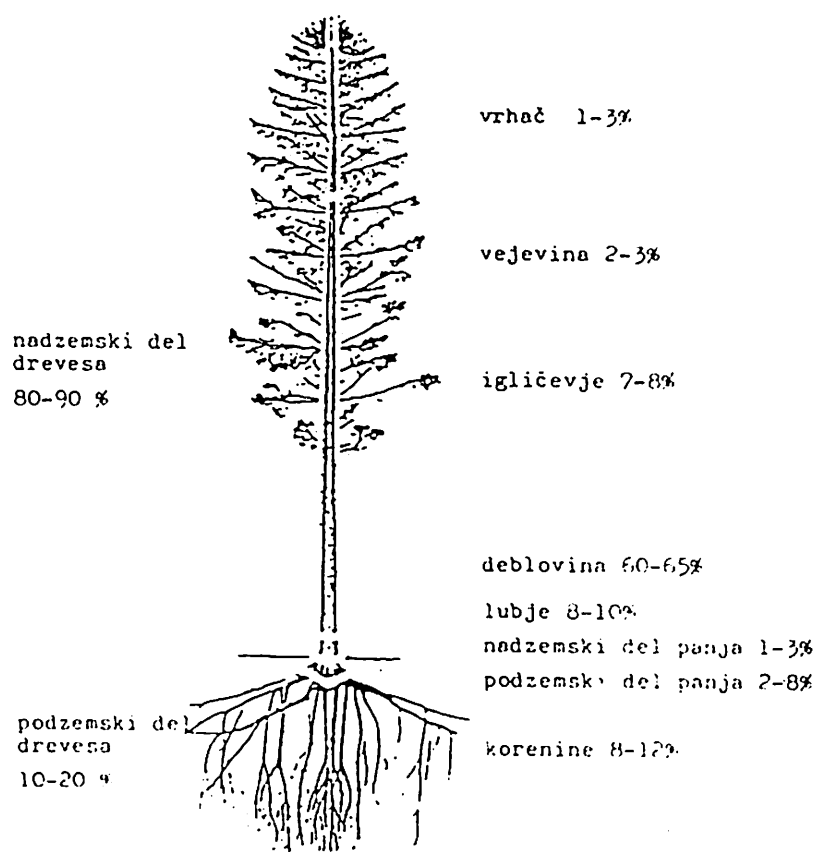
### 3.2 VIRI DREVESNE IN GRMOVNE BIOMASE - SEČNI OSTANKI

Svetovna letna proizvodnja gozdne biomase je ocenjena na  $4,3 \cdot 10^9$  ton suhe snovi (FAO 1984). Od te razpoložljive količine sedaj izrabljamo le dobro tretjino (komercialna biomasa). Neizkoriščene letne rezerve so ekvivalentne  $1,2 \cdot 10^9$  ton nafte. To pa je enakovredno 15% skupne svetovne enoletne porabe energije.

Za potrebe srednjeročnega in dolgoročnega planiranja gozdpodarskega razvoja, še zlasti gozdarstva, lesarstva, industrije celuloze in papirja ter energetike, se v svetu vse bolj uveljavljajo načini ugotavljanja in prikazovanja celostne biomase. V Sloveniji še vedno ugotavljamo lesne zaloge le za drevje (gozdove), ki imajo prsni premer nad 10 cm (3.deb.stopnja). Prav tako tudi ne prikazujemo in ne upoštevamo lesne mase drevja in vejevine pod 7 cm premera. Neznanka nam je biomasa grmišč na zaraščenih kmetijskih površinah. Te grobe ocene imamo v biomasi v degradiranih gozdovih in gozdnih grmiščih.

Mocno pomanjkljivi in nezanesljivi so tudi podatki o porabi drobnega lesa, najsi gre za tehnični les za druge namene ali za kurjavo. Težave so zlasti v zasebnih gozdovih in pri drugih individualnih porabnikih lesa, kjer je vsakršna točnejša evidenca nemogoča. Kolikšna je letna poraba lesa v obliki rant, vinogradniškega kolja, fižolovk, zobotrebcev, butaric in okleščkov, odsluženega lesa itd., lahko le ugibamo.

Skica 2 : Približna razporeditev drevesne mase po posameznih delih drevesa



Na gozdove vse bolj ne goščo prepredajo različni infrastrukturalni objekti: ceste, zeleznice, elektroveti, plinovodi, itd. Pri vzdrževanju teh objektov prav tako nastanejo velike količine biomase. Če pri vzdrževanju parkovnih gozdov okrog Ljubljane nastane letno nekaj tisoč m<sup>3</sup> vrbovja, ki redno konča na odlagališču komunalnih odpadkov.

Pri pripravi tal za sadnje, vzreju pašnikov in travnikov ter vzdrževanju sadovnjakov in vinogradov nastanejo znako leto velike količine biomase, ki je običajno nekoristna, celo močno škodljiva (pogosti spomladanski požari, onesnaževanje ozračja), skupino na prostem.

Tudi lubja iz centralnih mehaniziranih skladišč se ne izrabljamo v celoti. Čeprav se poznane različne tehnološke rešitve za izrabo lubja (energija, gradbeništvo, plinica, kompostiranje, mulčenje, kemična predelava), še vedno četrtina do tretjina lubja (25 tisoč m<sup>3</sup>) konča na različnih odlagališčih in nam povzroča velike prevozne stroške ter ekološke probleme.

### 3.3 KOLIČINA IN SESTAVA SEČNIH OSTANKOV

Količina in sestava ostankov, ki nastanejo pri pridobivanju gozdnih lesnih sortimentov in vseh drugih delih v gozdu, pogojujejo številni, v času in prostoru spreminjajoči se dejavniki. Ti dejavniki so posledica različnih naravnih danosti, splošnih in gozdnogospodarskih ter socialnih razmer.

Ugotovitev, da so sečni ostanki predvsem ekonomske in ekološke vprašanje je danes v svetu nesporna. Na kratko to pomeni: kdaj, kje, kako in koliko jih smemo odvezemati iz gozdov, brez občutnejših vplivov na trajno normalno delovanje gozdnega ekosistema. Če upoštevamo še dejstvo, da so sečni ostanki zelo heterogeni, tako po obliki kot zgradbi, kar se otežuje natančnejšo izmero le-teh, je razumljivo, da je nemogoče natančno ugotoviti njihovo količino in strukturo. Možna je le bolj ali manj približna ocena, ki pa je potrebna za premišljeno izrabo sečnih ostankov.

Glede na navedene ugotovitve je jasno, da so tudi v tuji literaturi navedeni in v praksi uporabljeni zelo različni deleži. Ocene se gibljejo v širokih intervalih med 30 in 60 odstotkih od skupne mase drevja.

Za evropske razmere navaja FAO (99) 52,5 odstotni delež ostankov, in sicer v sledeči sestavi (volumenski deleži):

- veje z listjem in iglicami - 15%
- panjevina s koreninami - 20%
- lubje - 12,5%
- izgube pri sečnji, izdelavi in spravilu - 5%.

Osnova za ta izračun je poprečna razporeditev drevesne mase po posameznih delih drevesa, ki je prikazana v skici 2.

V povprečju se ocene količin sečnih ostankov gibljejo v intervalu med 25 in 35 odstotki od celotne nadzemne mase drevja. Natančnejše ocene celotne količine in njihove strukture pa so potrebne za posamezne stvarne primere, tako npr. za posamezne drevesne vrste, bonitete rastišča, različne starosti, vrste in oblike sečenj, tehnologije sečnje, izdelave ter spravila, itd.

Tu pri nas v Sloveniji so poznani nekateri poskusi ocenjevanja količin in strukture sečnih ostankov. Še najbolj natančno se je naloge lotil prof. inž. Čokl (5), ki je v letih 1953-1955 analiziral sečne ostanke na številnih ploskvah in v različnih razmerah. Upoštevani so bili tile pomembni dejavniki:

- drevesna vrsta (sm, jel, bu),
- gojitveno gospodarska oblika sestojev (enodobni, raznodobni, prebiralni),
- vrsta sečnje (redčenja, prebiranja, zastorne sečnje),
- značilnosti rastišča (terenske razmere, odprtost, dostopnost),
- lastništvo (zasebni, družbeni gozdovi).

Z raziskavo so bili ugotovljeni tile poprečni deleži sečnih ostankov glede na bruto etatno lesno maso (v%):

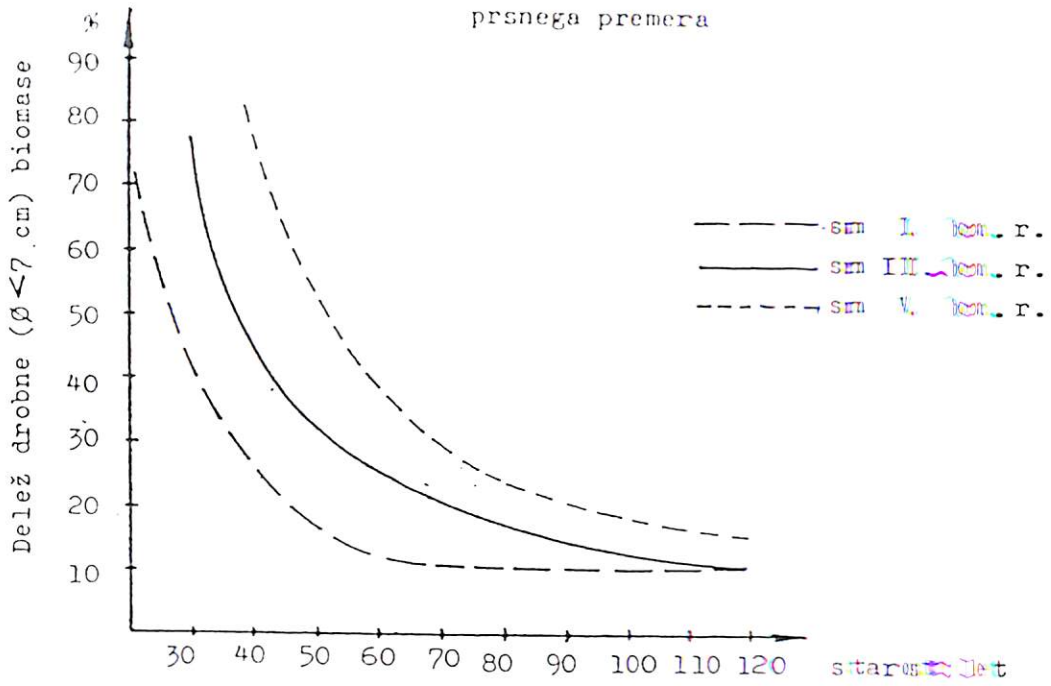
- panjevevina (upoštevani le nadzemni del panja):	1,0 - 1,5
- odpadna deblovina:	1,0 - 2,5
nadmera:	1,0 - 1,5
- lubje (igl.):	10,0-11,0
- lubje (list.):	2,5 - 3,0
- vejevina $\varnothing$ 3-7 cm:	2,3 - 5,4
- vejevina $\varnothing$ 1-3 cm:	3,5 - 5,1
- igličevje:	11 masnih %

V povprečju je bil ugotovljen 25 odstotni delež ostankov pri iglavcih in 17 odstotni pri listavcih. Glede debelinske strukture je bilo ugotovljeno 41% ostankov pod 7 cm  $\varnothing$  in 59% nad 7 cm.

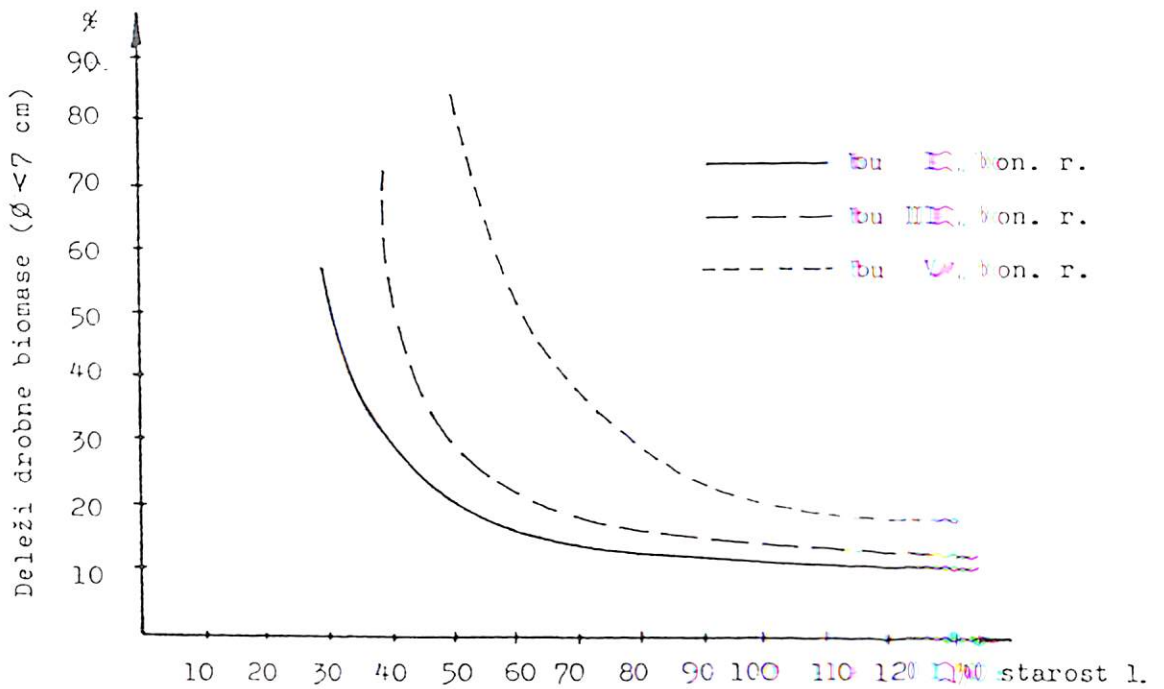
Na delež sečnih ostankov odločilno vpliva debelina (prсни premer) oz. starost drevesa ter tudi plodnost rastišča. To je razvidno iz grafikonov 1 in 2, ki smo jih sestavili na osnovi tabličnih podatkov (tablice donosov Schwappach.) (16) za naši dve najpomembnejši drevesni vrsti (sm, bu). Iz grafikonov je razvidno, da je odvisnost med prsnim premerom (starostjo) in deležem drobne biomase ( $< 7$  cm  $\varnothing$ ) negativna in zelo točna, in sicer pri smreki in bukvi do starosti 60 let  $D 1,30 = 20$  cm-sm);  $D 1,30 = 11$  cm-bu). Na boljših rastiščih je delež drobne biomase manjši kot na slabših (graf.1,2).



Graf 1 : Odstotni deleži drobne biomase ( $\varnothing < 7$  cm) pri smrekici, odvisno od bonitete rastišča, starosti dreves in prsnega premera



Graf 2 : Odstotni deleži drobne biomase pri bukvi, odvisno od bonitete rastišča



Pri načrtovanih in izračunih gozdnih fondov ter proizvajajo gozdnih lesnih sortimentov v Sloveniji običajno upoštevamo 15% odpadka pri iglavcih in 12% pri listavcih. Povprečna razlika med bruto in neto maso je 14%. Med sečne ostanke od letne mase štajemo:

- panjevino,
- odpadlo deblovino,
- nadmero,
- lubje.

Od naštetih vrst odpadkov praktično puščamo v gozdu le panjevino, odpadlo deblovino in delno lubje. Vsi ostali odpadki pa nastanejo šele pri dodelavi (CMS) in predelavi gozdnih lesnih sortimentov na obratih mehanske in kemične predelave lesa.

Količinsko pomembnejši pa so sečni ostanke, ki v letni lesni masi niso zajeti. To je vsa vejevina in vrhači pod 7 cm premera, skupaj z listjem in iglicami. Predvsem v drobnolastniških zaseb- nih gozdovih te sečne ostanke že marsikje v celoti izrabljamo za kurjavo.

Med sečne ostanke nadalje prištevamo tudi vso drevesno in grmovno biomaso, ki nastane pri različnih negovalnih in melioracijskih delih v gozdu in na kmetijskih površinah. Po količini je tu zagotovo najpomembnejša biomasa drobnega drevja iz prvih zgodnjih in zakasnelih redčenj, iz posrednih in neposrednih premen malodonosnih gozdov in grmišč ter krčitev kmetijskih površin.

Kot realen in potencialen vir energije tudi ne smemo zanemariti odpadli in odslužen les, ki se pojavlja v obliki različnih izdelkov: palete, lesena embalaža, pohištvo, deske, tramovje itd. Žal sedaj ta vir kurjave vse prevečkrat konča na različnih "divjih" odlagališčih ter kazi in onesnažuje okolje.

Količinsko so zelo pomembni odpadki in ostanke mehanske in kemične predelave lesa, bodisi kot lesna surovina (reciklaža) ali kot energijski vir. Leti niso neposredno predmet naših razprav, zato naj jih le omenimo.

Slovenska lesna industrija predela letno okrog 2 milijona m<sup>3</sup> lesa. Pri 30 odstotnem deležu odpadka nastane torej letno blizu 700 tisoč m<sup>3</sup> različnih vrst lesnih odpadkov: očelki, krajniki, žagovina, odrezki, koci lesa, oblanci, iveri, ostružki, žagovina, lesni prah itd. Približno polovico teh ostankov porabimo kot surovino, drugo polovico pa za pridobivanje energije. Del ostankov izrabljamo tudi za druge namene, (nastil v živinoreji), del pa jih še vedno odlagamo na različna odlagališča. V splošnem pa se delež vseh teh odpadkov tudi pri nas s tehnološkim razvojem naglo zmanjšuje.

Tabela 1: Količina in struktura sečnih ostankov (osnovni sečnji in ne sečnje v l. 1988 v m<sup>3</sup>)

Vrsta ostankov	Družbeni gozdovi			Zasebni gozdovi			Družbeni in zasebni gozdovi		
	igl.	li.	skupaj	igl.	li.	skupaj	igl.	li.	skupaj
Posek (bruto)	1.013.780	604.712	1.618.492	1.037.217	803.991	1.841.208	2.050.997	1.408.703	3.459.700
Panjevina	23.316	6.047	29.363	23.856	7.800	31.656	47.172	13.847	61.019
Odpr. deblovina	18.735	11.042	29.777	23.441	17.688	41.129	42.176	28.730	70.906
Nadmera	13.757	6.652	20.409	15.143	9.648	24.791	28.900	16.300	45.200
Lubje	101.378	42.330	143.708	103.722	56.279	160.001	205.100	78.809	283.909
Skupaj ost.									
a. m <sup>3</sup>	157.186	66.071	223.257	166.162	91.415	257.577	323.348	157.466	480.814
od bruto poseka									
%							15,7	11,2	13,9
vejevina 7-3 ca	40.044	16.400	56.444	47.712	23.235	70.947	87.756	39.635	127.391
3-1 ca	48.661	20.802	69.463	47.712	27.535	75.048	96.373	48.138	144.511
skupaj									
b. m <sup>3</sup>	88.705	37.202	125.907	95.424	50.571	145.995	184.129	87.773	271.902
neetatna masa									
%							9,0	6,2	7,8
SKUPAJ arb	245.891	103.273	349.164	261.586	141.936	403.522	507.477	245.259	752.736
Igličevje (ton)	119.626	-	119.626	129.652	-	129.652	249.278	-	249.278

### 3.3.1 Sečni ostanki iz osnovnih sečenj in redčenj

Za oceno količin sečnih ostankov so iz tuje literature poznane različne metode, ki so prilagojene vsakokratnim specifičnim razmeram. Splošno uporabne in povsem zanesljive metode ni. Pri naših ocenah količin sečnih ostankov smo kot osnovo uporabili ugotovitve raziskave prof. Čokla, za katere menimo, da so dokaj realne in zanesljive. To nam potrjujejo tudi številne tovrstne tuje raziskave, katerih povprečni rezultati niso bistveno različni od naših. V splošnem pa so vse novejšje ocene za nekaj odstotkov višje kot jih je ugotovil prof. Čokl.

Iz tabele 1 je razvidno, da pri povprečni letni sečnji okoli 3,5 milijonov m<sup>3</sup> nastane 750 tisoč m<sup>3</sup> lesnih ostankov in 250 tisoč ton igličevja. Od te skupne količine je 480 tisoč m<sup>3</sup> to je 64% ostankov od bruto mase letnega poseka in 271 tisoč m<sup>3</sup> ali 36% neetatne lesne mase (podmerne).

Povprečni delež ostankov od bruto mase poseka je 14,8% in 7,8% netalne mase. Skupni delež ostankov je tako 22,6 %, brez uoštevanja igličevja in listja.

Analiza ostankov od bruto mase poseka nam pokaže sledečo:

- Panjevina (nadzemni del) je le teoretični ostanek, saj z njim tudi v prihodnje ne moremo računati. Razlogi so tehnično-ekonomski, zlasti pa ekološke narave. Isto velja za podzemni del panja in korenin.

- Med odpadlo deblovino sodijo različni poškodovani in bolni deli debla, odrezki razsoh, prelomov, razcepov, ostrih kovin itd. Velike količine teh poškodb in ostankov nastane pri sanacijskih sečnjah po ujmah. Skoraj izključno gre za lesno maso, ki je uporabna le za kurjavo. Z večjo tehnološko disciplino bi lahko delež teh ostankov občutno zmanjšali. Gre za pomembne količine lesa, ki sedaj ostajajo v gozdu.

- Nadmera je stvarni ostanek, ki pa ne ostaja v gozdu, pač pa se realizira pri predelavi lesa na lesnih obratih.

- Lubnje je količinsko največji sečni ostanek, ki vse manj ostaja v gozdu. Pri listavcih se ta ostanek v celoti pojavlja na obratih mehanske in kemične predelave lesa. Z večanjem deleža mehaniziranega lupljenja se tudi delež lubja iglavcev, ki ostane v gozdu, naglo zmanjšuje. Ocenjujemo, da sedaj v gozdu olupimo le še okoli 10% vseh sortimentov iglavcev.

Od skupne količine ostankov od bruto posekane mase, to je 481 tisoč m<sup>3</sup>, dejansko puščamo v gozdu le manjši del, po naših ocenah okoli 120-150 tisoč m<sup>3</sup>, to je približno četrtino.

V drugo skupino štejemo sečne ostanke, ki niso zajeti v etatni masi. Gre za vso drobno drevesno biomaso, katere premer na debelejšem koncu, skupaj z lubjem, ne presega 7 cm. Sem spada:

- Vsa vejevina, ki smo jo razdelili na debeljšo, to je od 3-7 cm premera in tanko vejevino od 1-3 cm premera. Šeprav danes mestoma že izrabljamo (zasebna poraba - izdelava butar) vso gmoto posekanega drevesa, včasih tudi najdrobnejše vejice z listjem in iglicami vred, stvarno lahko računamo le z vejevino med 3 in 7 cm premera. Za to sta odločilna dva dejavnika, in sicer vprašanje gospodarnosti ter ekološko vprašanje. Pri prvem vprašanju gre za dejstvo, da je pridobivanje te drobne biomase v splošnem negospodarno. Izjeme so le pri posameznih specifičnih primerih, npr: pri tehnologijah pridobivanja celih dreves, pri mehaniziranem kleščenju in lupljenju v gozdu, pri sečnjah v plantažah in intenzivnih nasadih, pripravi tal za sadnjo, kričivah in premenah. V naštetih primerih izrabljamo vse ostanke,

bodisi da se nam to izplaca, ali pa smo v to prikljani (pomanjkanje manipulacijskega prostora, nevarnost škodljivcev in požarov).

Vse bolj odločilen vidik izrabljanja drobne biomase pa je ekološke narave. Upoštevati moramo, da je prav v drobni vejevini ter v listju in iglicah, prek 70% vseh mineralnih snovi. Obenem je ta drobna biomasa nepogrešljiva osnova za humus. Ekonomski in še posebej ekološki vidiki odvzemanja drobne biomase so glavni vzrok, da v vseh sodobnih gozdarskih sistemih priporočajo kot spodnji prag izkoristljive biomase pri premeru 3-4 cm. Na sušnih in plitvih rastiščih pa je to imperativ.

Po naši oceni je letna količina debelejšše vejevine okoli 130 tisoč m<sup>3</sup>. V zadnjih letih se delež izkoriščanja te vejevine naglo povečuje. Znano je, da lastniki gozdov in drugi krajanji v bližnjih in dostopnih gozdovih že sedaj poberejo velik del teh ostankov. Kot s potencialnim virom torej lahko računamo le še z ostanki v bolj odmaknjenih, težje dostopnih gozdovih.

Igličevje je količinsko pomemben ostanek, ki ga sedaj le malo izrabljamo. Neznatne količine smrekovega in jelovega igličevja porabijo proizvajalci eteričnih olj in nekaj več kmetijstvo za nastil. O izrabi te biomase bodo v prihodnje vse bolj odločilni ekološki vidiki.

Če od celotne količine v tabeli 1 prikazanih ostankov odštejemo panjevino, drobno vejevino in igličevje, torej vso biomaso, ki mora iz ekoloških vidikov ostati v gozdu, dobimo 502 tisoč m<sup>3</sup> sečnih ostankov, ki jih lahko štejejo kot realne. Od te količine ostankov jih kar 350 tisoč m<sup>3</sup> (69%) nastane šele pri dodelavi in predelavi gozdnih lesnih sortimentov na centralnih skladiščih in pri primarni predelavi lesa.

Pri sečnjah v gozdovih, ki so jih prizadele ujme se po naših raziskavah delež odpadka poveča za približno 10% glede na neto maso sortimentov.

### 3.3.2 Ostanki pri negovalnih in melioracijskih delih

Med sečne ostanke uvrščamo tudi vso drobno drevesno in grmovno biomaso, ki nastane pri različnih gozdnogojitvenih in drugih ukrepih. Gre za drobno drevje, ki nastane pri čiščenju prvih redčenjih, pri premenah malodonosnih gozdov in grmišč, pri krčitvah gozdnih površin, vzdrževanju tras različnih infrastrukturnih energetskih in prometnih objektov v gozdnem prostoru itd.

V tej skupini je po količini zagotovo najpomembnejša biomasa drobnega drevja iz prvih zgodnjih in zakasnelih redčenj sestojev.

V Sloveniji imamo okoli 100 tisoč ha mladih gozdov, ki so potrebni prvih redčenj. O nujnosti izvajanja prvih in pravočasnih redčenj ni pri nas nikakršnih strokovnih dilem. Povsem drugačni problemi pa so pri dejanskem izvajanju teh del. Dejstvo, da gre za ukrep, ki ne daje pomembnejših (drva) in takojšnjih finančnih učinkov, tudi odločilno vpliva na obseg in kakovost izvedbe tega nepogrešljivega negovalnega ukrepa (27).

Pri sedanjem obsegu teh del (v letu 1988: 3600 ha prvih redčenj) bi 100 tisoč ha preredčili približno v tridesetih letih. Vemo pa, da je potrebno ponavljati redčenja vsakih pet do deset let. V tem času bi torej opravili redčenja le na šestini do tretjini vseh površin. Za pravočasno izvedbo prvih redčenj bi morali sedanji letni obseg potrojiti. To pa v obstoječih splošnih in gozdnogospodarskih razmerah ni redno pričakovati, saj se obseg iz leta v leto celo zmanjšuje. Intenziviranje teh del bi bilo možno le pod naslednjimi pogoji:

- Z izpopolnjevanjem sedanjih in uvajanjem novih tehnologij in metod dela, z boljšo organizacijo in tehnološko disciplino.
- Z večjim iztržkom za pridobljeno biomaso, ki bi jo bilo potrebno v celoti izrabiti. (kurjava, industrijska surovina).

Z redčenji v mladih in srednjedobrih sestojih pridobivamo letno le okrog 20% letnega poseka, to je okoli 700 tisoč m<sup>3</sup> lesa. Za intenziviranje redčenj in izboljšanje debelinske strukture lesnih zalog v gozdovih pa bi moral biti ta delež med 40 in 50%.

S povečanim, vsaj podvojenim obsegom prvih zgodnjih in zakasnelih redčenj, bi pridobili znatne količine drobnega lesa, ki ga najbolj primanjkuje (kemična predelava). Po naši oceni bi tako pridobili letno okrog 150 tisoč m<sup>3</sup> lesne surovine, od tega tretjino lesa iglavcev (83).

Podobno velja tudi za malodonosne gozdove in grmičja. V Sloveniji je takšnih površin okrog 200 tisoč ha, in sicer kar polovica na dobrih rastiščih. Tudi te potencialne vse prepočasi vključujemo v intenzivno proizvodnjo lesa, saj je letni obseg izvršenih melioracij gozdov daleč za potrebami in plani (v l. 1988 le 56% plana). Še posebej zaostajamo za planom in potrebami v zasebnih gozdovih, kjer je bila realizacija le 43% (55).

Iz tujih in domačih izkušenj je poznano, da pri neposrednih in posrednih premenah nastane tudi do 100 m<sup>3</sup> drobne biomase na 1 ha. 30-40% te biomase je uporabne za kemično predelavo in plošče, 60-70% pa za energijske namene (92). V letu 1988 smo v Sloveniji opravili premene na skupni površini 2700 ha, od tega blizu 2000 ha neposredne premene. S podmeno, da je bilo posekano 50 m<sup>3</sup>

drobne biomase na 1 ha, smo pridobili skupaj 135 tisoč m<sup>3</sup> lesa. Na celotni površini (200 tisoč ha) je teh potencialov kar 10 milijonov m<sup>3</sup>.

### 3.3.3 Drevesna in grmovna biomasa, ki nastane pri vzdrževanju kmetijskih površin, parkovnih gozdov ter tras komunikacijske in energetske infrastrukture

Tudi pri teh dejavnostih nastajajo vsako leto pomembne količine grmovne in drevesne mase, ki je uporabna predvsem za kurjavo. Običajno poberejo le debelejše ostanke, vso drobnejšo biomaso pa pustijo ali skurijo na mestu nastanka, ali jo odpeljejo na odlagališča odpadkov. V vseh primerih je ravnanje negospodarno, saj gre za pomembne količine organske snovi, ki bi jo lahko koristno uporabili za različne namene:

- s pomočjo sekalnih strojev bi izdelali sekance in jih raztrosili v gozdovih,
- predelali sekance v kompost,
- uporabili ostanke ali sekance za kurjavo

S puščanjem teh ostankov na mestu nastanka ali sežiganjem le-teh na prostem pa tvegamo nevarnost požarov, po nepotrebem onesnažujemo ozračje in razsipamo z dragoceno energijo. Še poseben problem je vsakoletno vzdrževanje (treblenje) kmetijskih površin, to je pašnikov in košenic. Vemo, da je zaradi teh ukrepov tudi največ gozdnih požarov v prvih spomladanskih mesecih.

Po grobih ocenah je takšnih površin v Sloveniji vsaj 10 tisoč ha. Če nastane pri teh delih le 2 m<sup>3</sup> ostankov na 1 ha, je skupna količina te biomase najmanj 20 tisoč m<sup>3</sup>.

### 3.3.4 Drevesni in grmovni ostanki iz kmetijske dejavnosti ter odslužen les

Sadjarstvo in vinogradništvo sta kmetijski dejavnosti, pri katerih tudi nastajajo velike količine lesne snovi. Gre za vsakoletno vzdrževanje (obrezovanje) in obnovo izrojenih nasadov. Če upoštevamo, da pri obnovi izrivamo tudi podzemni del panja s koreninami vred, so količine te biomase še pomembnejše.

Tudi pri teh ostankih sedaj izkoristimo za kurjavo le debelejše kose. Vse drobne ostanke pa skurijo z vsemi negativnimi posledicami. Cenimo, da je teh ostankov letno vsaj 3-5 tisoč m<sup>3</sup>.

Les, kot tudi vsi izdelki iz lesa, ima določeno krajšo ali daljšo dobo trajanja, oziroma uporabnosti. Takšen odslužen les pa je večinoma še vedno uporaben za kurjavo. Gre za različno leseno

embalaze, palete, železniške prage, stavbne konstrukcije in pohištvo, odslužene deske, plohe, tramovje, nante, kolje, itd. Po naši oceni je teh ostankov vsaj 2-3 tisoč m<sup>3</sup> letno. Iovrstne ostanki sedaj največkrat nekoristno odlagamo na različna "divja" odlagališča, neredko prav v gozdovih.

### 3.3.5 Lesnoindustrijski ostanki

Po podatkih raziskave (53) je bil v l. 1977 povprečen izkoristek v primarni in finalni predelavi lesa 67%, in sicer brez pomembnejše razlike med izkoristkoma pri lesu iglavcev in listavcev. Pri skupni količini, to je 2,6 milijona m<sup>3</sup> v tem letu predelanega lesa, je nastalo 870 tisoč m<sup>3</sup> lesnoindustrijskih ostankov, katerih poraba je bila naslednja:

	v 000 m <sup>3</sup>	%
- za industrijsko tehnične namene:	330	38
- za pridobivanje energije:	344	40
- deputati delavcem (za kurjavo):	90	10
- druga poraba (80% za energ.namene):	106	12
-----		
Skupaj:	870	100%

Povprečen delež ostankov je bil 33%, z ugotovitvijo, da se s posodabljanjem predelave zmanjšuje tudi delež ostankov in spreminja struktura porabe ostankov v korist industrijsko tehnične porabe.

V letu 1988 je slovenska industrija predelala 2,5 milijonov m<sup>3</sup> lesa. Če računamo s 70% izkoristkom je nastalo 760 tisoč m<sup>3</sup> ostankov. Cenimo, da jih je polovico porabila industrija za tehnične namene, druga polovica pa je bila porabljena za energetske namene. Večji del energetske porabe je bila industrijsko tehnološka poraba (ogrevanje, tehnološka para), manjši del pa za ogrevanje v zasebnem in družbenem sektorju (odprodaja ostankov in toplotne energije).



### 3.3.6 Tabelarni pregled (povzetek) količin ostankov po virih nastanka in uporabnosti (v 000 m<sup>3</sup>).

Tabela 2:

Vir nastanka	tehnološka	uporabnost energijska	skupaj
- Osnovne sečnje + redčenja	150	350	500
- Nega gozdov + melioracije	115	170	285
- Kmetijstvo (+ infra- struktura (meliorac.))	-	20	20
- Sadjarstvo, vinograd. + odslužen les	-	5	5
<b>SKUPAJ:</b>	<b>265</b>	<b>545</b>	<b>810</b>

Upoštevajoč ocenjene količine, izkoristljivost z ekološkega in ekonomskega vidika ter dejstvo, da del teh ostankov že izrabljamo povsem stvarno lahko računamo le še z 350-400 tisoč m<sup>3</sup> letnih potencialnih količin. Od tega je manjši del (150 tisoč m<sup>3</sup>) uporaben za tehnološke in 200-250 tisoč m<sup>3</sup> za energijske namene. V teh ocenah lesnoindustrijske ostanke nismo upoštevali.

## 4 TEHNOLOŠKI SISTEMI IN VARIANTE PRIDOBIVANJA SEČNIH OSTANKOV

### 4.1 IZHODIŠČA IN DEJAVNIKI IZBIRE IN UVAJANJA NOVIH TEHNOLOŠKIH REŠITEV ZA PRIDOBIVANJE IN UPORABO BIOMASE

Racionalnost, gospodarnost ter varstvo gozdov in okolja so odločilni dejavniki pri razmišljanju in odločitvah o pridobivanju in porabi biomase. Osnovni problemi, ki se pri tem pojavljajo in jih nморamo upoštevati in reševati so:

- Velika heterogenost ostankov po obliki, velikosti in vsebini.
- Velika raztresenost po površini, majhne koncentracije pri pridobivanju.
- Majhna volumenska gostota.
- Občutljivost biomase na različne vplive živega in neživega sveta, kar povzroča težave pri shranjevanju in porabi.
- Tradicionalizem v miselnosti in ravnanju, ki je velika ovira pri izpopolnjevanju in uvajanju novih tehnologij za pridobivanje in uporabo biomase.
- Ekološko-varstveni vidiki odvzemanja biomase iz gozdov.

Pristopi k reševanju navedenih problemov so bili v svetu različni, prilagojeni pač vsakokratnim specifičnim naravnim, gozdnogospodarskim in socialno ekonomskim razmeram. Že desetletja razviti svet namenja tem vprašanjem veliko pozornosti. Še vedno intenzivno iščejo in preizkušajo nove tehnološke rešitve za optimizacijo pridobivanja in porabe sečnih ostankov in druge biomase, še posebej v povezavi z intenziviranjem nege in varstva gozdov ter okolja.

Na splošno prevladujejo v svetu koncepti integralnega pridobivanja drevesne biomase, kar pomeni, da biomaso obravnavajo obenem in enakovredno z drugimi gozdno lesnimi sortimenti. Tehnologije pridobivanja, dodelave in uporabe biomase pa skušajo čimbolj prilagoditi in vključiti v obstoječe tehnološke rešitve pridobivanja običajnih gozdno lesnih sortimentov.

Če izvzamemo nakatere praktične poizkuse (GG Postojna, GG Kočevje, GG Slovenj Gradec) pridobivanja biomase, predvsem drobnega drevja, v Sloveniji s tem nimamo posebnih izkušenj. Največji "dosežek" je bil ta, da smo z uvedbo metode dolgega oblega lesa (goli) prenesli izdelavo prostorninskega lesa iz gozda do porabnika ali trgovca. S tem prenosom smo sicer dosegli racionalizacijo in humanizacijo dela. Obenem pa je gozdarstvo s tem izgubilo del zaslužka, oziroma si je zmanjšalo možnosti za zaposlitve.

Pridobivanje drobnega drevja, predvsem iz prvih zgodnjih redčenj, je še vedno "ozko grlo" v gozdarstvu. Še vedno govorimo o negospodarnosti te proizvodnje in vseh negativnih posledicah, ki

sno jih je uvodoma omeniti. Domace raziskave (111) so pokazale, da je pri redčenju listavcev in pri uporabi obicajne tehnologije (lacji traktor, metoda goli, pravilna razdalja 300 m), meja gospodarnosti sele pri neto srednjem drevesu 0,30 m<sup>3</sup>/ha. S tanjsanjem premera pa stroški naglo naraščajo tudi pri večjih koncentracijah sečenj. Če večja nesorazmerja med stroški proizvodnje in tržno ceno sortimentov so pri pridobivanju drobnega drevoja iglavcev (zahtevnejše obvejevanje, lupljenje).

Znano je, da je pridobivanje lesa dejavnost, ki zahteva največ sredstev in živega dela in so tudi stroški najvišji. Glede na poznano zakonitost kosovnega volumna je še posebej zahtevno pridobivanje drobnega lesa iz redčenj. To pa tudi pomeni, da je vsakršna racionalizacija, ki zmanjšuje stroške pridobivanja, zelo pomembna in nujna.

Prav pri pridobivanju drobnega lesa ugotavljamo vse večji tehnološki zaostanek za razvitim svetom. Res je, da so vzroki za ta zaostanek številni objektivni dejavniki. Priznati pa moramo, da so pri tem tudi subjektivni vzroki. Premalo in prepočasi izrabljamo in prilagajamo našim razmeram tehnološke novosti najrazvitejših gozdarstev Evrope. Nezaupljivi smo do vseh novosti in prepočasni pri uvajanju avtomatizacije postopkov pri pridobivanju lesa. Kleščenje npr., ki je prav pri drobnem lesu najbolj kritično opravilo, še vedno opravljamo ročno, čeprav je procesorska tehnika v svetu že močno uveljavljena. Tehnologija izdelovanja gozdnih lesnih sekancev se v naši praksi ne more uveljaviti, čeprav ima nekaj izrazitih prednosti prav pri drobnem drevju.

Sedanje tehnologije pridobivanja drobnega lesa so predrage. Za racionalizacijo so različne tehnično tehnološke, organizacijske in druge možnosti. Le z optimalno izbiro in izrabo delovnih sredstev in metod dela bo možno doseči tudi gospodarno pridobivanje drobnega lesa, ki je obenem prvi pogoj za intenziviranje nege mladih gozdov in za premene malodonosnih gozdov. Izbrana tehnologija pa mora biti usklajena z gozdnogospodarskimi cilji, s čim manjšimi škodljivimi vplivi na gozd in človeka - delavca.

#### 4.2 STANJE IN RAZVOJ TEHNOLOGIJ PRIDOBIVANJA IN UPORABE BIOMASE V SVETU IN PRI NAS

Na razvoj in izbiro najprimernejše tehnologije so vplivali številni dejavniki, ki jih pogojujejo naravne, socialno ekonomske, tehnično tehnološke in druge razmere, tako v stroki, kot tudi v celotni družbi.

Medi najpomembnejše dejavnike lahko štejemo:

- naravne razmere, zlasti dostopnost in odprtost gozdov,
- obseg, vrsta ter pomen gozdov, gozdarstva in lesa,
- splošna stopnja tehnološkega razvoja,
- tradicionalnost tehnologij pridobivanja, predelave in porabe lesa,
- razpoložljivost drugih virov energije (vodna, nafta, plin)
- splošno družbeno priznavanje vloge in pomena gozdov ter ekološka zavest.

Ker se vsi ti dejavniki hitro menjajo v času in prostoru, se spreminjajo tudi pristopi k iskanju najustrežnejših tehnoloških rešitev. Tako danes obstajajo v svetu številni tehnološki sistemi in variante, prilagojeni vsakokratnim specifičnim razmeram. Največji napredek na tem področju je bil dosežen v vseh tehnološko razvitih državah, ki so bogate z gozdovi, s tradicionalno in visoko razvito mehansko in kemično predelavo lesa, s pomanjkanjem domačih in obnovljivih virov energije ter s sistematičnim pristopom k reševanju ekoloških problemov.

Na kratko si oglejmo kronološki razvoj tehnologije pridobivanja gozdne in druge drevesne biomase s predelavo v sekance, ki pomenijo nov gozdnolesni proizvod in tudi največji odmik od običajnih gozdnih lesnih sortimentov ter sprememb v tehnologijah pridobivanja drobnega lesa.

**Leto 1969:** Prvo drobljenje drevesnih in gumevni ostankov nastalih pri vzdrževalnih delih na mestnih zelenih površinah v Kanadi, in sicer namesto sežiganja ostankov na prostem. Začetek izdelovanja sekancev so torej pogojevali predvsem ekološki vidiki.

**Leto 1971:** Pričetek uporabe sekancev iz bora in trdih listavcev pri proizvodnji beljene celuloze v Kanadi.

**Leto 1973:** Pričetek redne uporabe iverja iz celega drevja kot primes klasičnemu iverju v kanadski družbi Dometakmill-Cornwall. V letu 1977 je poraba narasla že na 41 tisoč ton suhih sekancev.

**Leto 1976:** V Kanadi deluje na terenu že 400 sekalnih strojev.

**Leto 1974:** Pričetek poizkusne porabe sekancev iz celih dreves na Finskem. V letu 1977 porabi industrija celuloze in plošč že prek 100 tisoč m<sup>3</sup> lesa v obliki sekancev.

Tem začetkom je sledil izredno nagel tehnološki razvoj pri pridobivanju in porabi sekancev po svetu. Poseben pospešek razvoju je dala energijska kriza v začetku sedemdesetih let.

## Razvoj v Jugoslaviji

**Leto 1979:** Prvi poizkus pridobivanja in uporabe sekancev iz vejevine iz topolovih plantaž v kombinatu Belišče.

**Leto 1983:** Poizkus izdelovanja sekancev iz topole in vrbe na sulfatno celulozo in energijo (Inštitut, Novi Sad).

**Leto 1985:** Nakup večnamenskega stroja švedske proizvodnje: sekalnik BRUKS na zgibniku KOCKUM, s prekucnim kesonom in hidravličnim nakladalcem.

Tem prvim začetkom so sledili številni preizkusi sistemov in različic pridobivanja drobne drevesne biomase v različnih terenskih in sestojnih razmerah ter za različne namene uporabe biomase.

### 4.2.1 Kronološki prikaz aktivnosti pridobivanja biomase v Sloveniji

**Leto 1983:** Uvoz polžastega sekalnika za izdelovanje grobih sekancev za kurjavo (sekalnik finske firme SASMO-KOPO; zasebni uvoznik).

**Leto 1984:** Poizkus predelave bukove vejevine (sečni ostanki) na iverilniku HOMBAK in sekalniku PALMAN v "Iverki" Brest. Splošne ocene, ki so jih dali dobavitelj vejevine (GG Postojna), probnik (Brest) in Gozdarski inštitut so bile pozitivne (28).

**Leto 1985:** Preizkus izdelovanja sekancev iz celih drevesc jelše in drobne vejevine topole s prvim sekalnikom domače proizvodnje: RIKO DS-400 (Riko, Ribnica). Cilji preizkusa: preizkus sekalnika, tehnologije pridobivanja sekancev, analiza fizikalno-kemičnih lastnosti sekancev in uporabnosti sekancev za energijske in tehnološke namene. Rezultati poizkusa so bili v splošnem pozitivni. Manj ugodne rezultate smo dobili pri predelavi drobne in sveže topolove vejevine (manjši učinki, sekanci uporabni le za briketiranje, kompostiranje in neposredno za kurjavo s poprejšnim sušenjem) (62).

**Leto 1987:** Poizkus izdelovanja sekancev iz neolistane bukove vejevine v gozdu. Sekalnik s polžasto izvedbo nožev, znamke RIKO DS-400 je bil priključen na vojaški terenski kamion, ki je vozil po traktorski vlaki (poti). Zaradi pomanjkljive priprave in številnih subjektivnih vzrokov je bil uspeh poizkusa le polovičen.

**Leto 1988:** Prvi organizacijsko, tehnološko in znanstveno dobro pripravljen, izveden in javno demonstriran preizkus tehnologije pridobivanja energijskih in tehnoloških sekancev iz drobnega

drevja iz prvega redčenja bukovega in smrečovega letvenjaka. Preizkušali smo različne tehnološke sisteme in variante, in sicer z uporabo sekalnikov CV-15 domače izdelave (Tehnostroj, Ljutomer) ter WID- U, firme Poettinger iz Avstrije. Ocene uspešnosti celotnega projekta so bile zelo ugodne. Dobili pa smo tudi prve obsežnejše in zaneslivejše podatke ter izkušnje (25,73,74,75,76,82).

**Leto 1988:** Poizkus izdelovanja tehnoloških sekancev za proizvodnjo ivernih plošč (Lesonit, Ilirska Bistrica) iz bukovih meterskih okroglic premera 4-16 cm. Poizkus je bil osnova za diplomsko nalogo, ki je bila odlično ocenjena (109).

Poleg prikazanih in še nekaterih drugih aktivnosti na področju pridobivanja biomase, ki jih je opravil Gozdarski inštitut ali je pri njih le sodeloval, so bili v Sloveniji opisljeni še nekateri praktični poizkusi pridobivanja, predelave in uporabe biomase v obliki sekancev (GG Postojna, Lesna Slovenj Gradec, Meblo Nova Gorica).

Kljub večletnim bogatim in pozitivnim svetovnim izkušnjam in tudi prvim optimističnim domačim ugotovitvam o uporabnosti tehnologije sekancev, se ta novost pri nas nikakor ne more uveljaviti v vsakdanji praksi. Še največje zanimanje in pripravljenost so pokazali potencialni porabniki te surovine, to je predvsem industrija plošč in celuloze, pa tudi energetika. Najmanj zanimanja pa je v gozdarski operativi, za katero vemo, da je tradicionalnost že prislovična.

V svetovnih okvirih velja leto 1978 kot začetek "renesanse" lesa za pridobivanje energije. V sodelovanju z Mednarodno agencijo za zaščito človekovega okolja je v tem letu stekla obsežna in organizirana akcija desetih držav iz vseh kontinentov za intenzivnejše, gospodarnejše ter gozdu in okolju prijaznejše pridobivanje in uporabo biomase za energijske namene.

Večina prizadevanj in aktivnosti je bilo namenjeno trem področjem:

- Večji proizvodnji biomase za energijo, še zlasti namenskim -energijskim plantažam s kratko proizvodno dobo (short rotation).
- Tehnologijam pridobivanja, izdelave, priprave in uporabe sekancev.
- Predelavi biomase v druge oblike in stanja (briketi, pračni, tekoči in plinasti proizvodi).

Tej akciji so v razvitem svetu sledile intenzivne raziskave katerih rezultati so bili prvič prikazani na svetovni konferenci na Švedskem, v juniju 1984. Temu so sledile vsakoletne konference

na različnih nivojih (evropske, mednarodne, svetovne) in različnih državah. Na teh srečanjih so bili prikazani vsi novi dosežki temeljnih in aplikativnih raziskav.

#### 4.3 NAJPOGOSTEJŠE TEHNOLOGIJE PRIDOBIVANJA IN DODELAVE BIOMASE

Na gospodarnost pridobivanja drobne biomase vplivajo številni naravni, socialno-ekonomski, tehnično-tehnološki, gozdnogospodarski in drugi dejavniki, kot smo že omenili, je treba pri tem rešiti predvsem vprašanje heterogenosti, majhne volumne gostote, površinske raztresenosti in ekološko-varstveno problematiko. S tem pa so pogojene tudi odločitve o kraju, času in načinu pridobivanja in predelave sečnih ostankov. Vse to pa je odvisno od:

- Naravnih terenskih razmer in odprtosti gozdov.
- Vrste in oblike sečenj oziroma gozdnogojitvenega ukrepa.
- Vrste, količine in koncentracije sečnih ostankov.
- Uporabljenih tehnologij, tehničnih sredstev in metod pridobivanja gozdnih lesnih sortimentov.
- Namena pridobivanja ostankov (tehnološki, energijski namen).
- Oddaljenosti porabnika ostankov.

Prav naštetih značilnosti sečnih ostankov povzročajo največ težav v celotnem proizvodnem procesu pridobivanja, od panja do porabnika. Še posebej pa je problematičen prevoz, zlasti na večje razdalje. Poznani so različni načini in pristopi k reševanju te problematike:

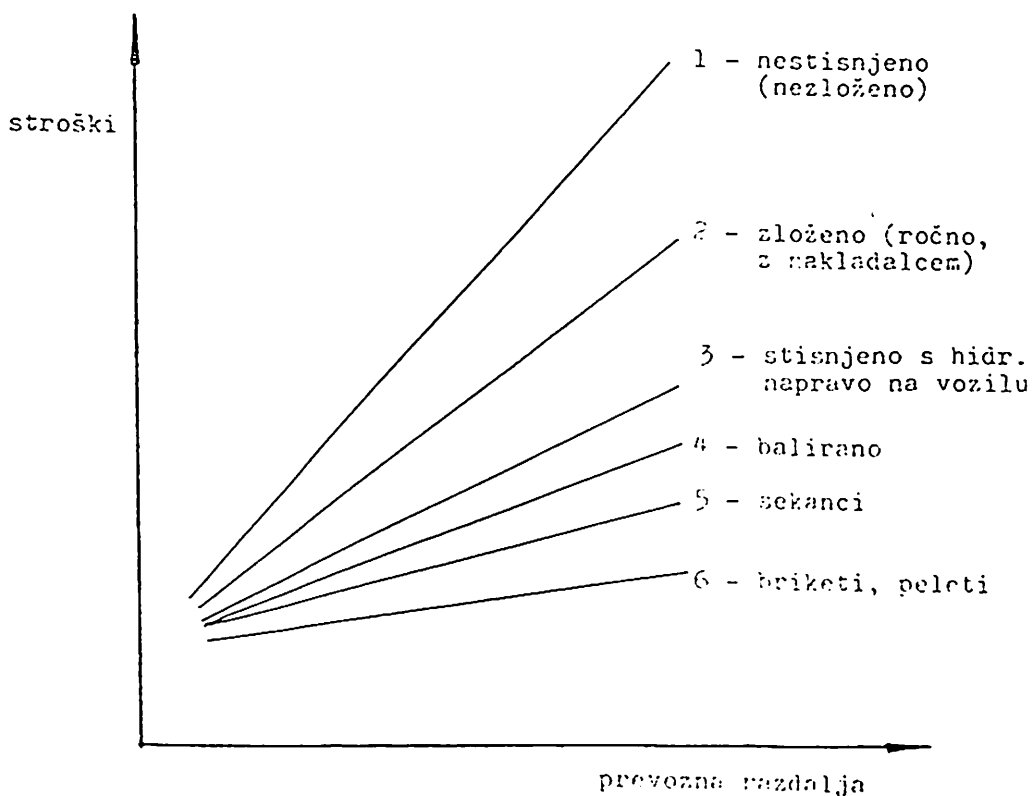
- V poprejšnjem stiskanju biomase na kamionih, ki imajo posebej prerejene kesone, opremljene s posebnimi hidravličnimi ročicami.
- V že omenjenem baliranju biomase v bale različnih oblik. V Ameriki dosega s stiskanjem enako volumensko gostoto biomase (vejevine, vrhačev) kot je pri oblovinii.
- V drobljenju (sekanju) biomase v sekance. S tem dosežemo tudi do 10 krat manjšo prostornino.
- S predelavo biomase v brikete, oziroma pelete, in sicer neposredno ob žetvi (ista strojna garnitura žanje in peletira) ali pa le po krajši razdalji prevoza nepredelane biomase.

Najbolj uveljavljen in razširjen način je predelava drobne biomase v sekance, ki so najuporabnejša oblika, tako za manipulacijo, kot tudi za nadaljnjo predelavo ali neposredno uporabo za energijske ali tehnološke namene. Z drobljenjem drobne biomase, predvsem vejevine in celih drevesc, se močno poveča volumenska gostota, lažje je ravnanje (možnost mehaniziranega nakladanja, razkladanja, skladiščenja) in uporaba. Tako izkušnje skandinavskih držav kažejo, da je prevažanje sekancev gospodarno tudi na razdalji 100 m in več kilometrov, seveda pri dovolj veliki količini.

Vprašanje gospodarnega prevoza voluminozne biomase na večje razdalje je mogoče rešiti tudi s poročljivejšo predelavo v brikete in pelete. S tem povečamo volumensko gostoto tudi desetkratno. Inako pomembno je to tudi pri skladiščenju in porabi.

Kako vpliva na prevozne stroške oblika, odnosa stopnja dodatne drobne biomase, je razvidno iz grafikona 3.

Graf 3 : Primerjava stroškov prevoza sečnih ostankov (vejevina, vrhači, cela drevesa) pri različnih načinih nakladanja in različnih oblikah predelave.



Za pridobivanje, predelavo in uporabo biomase uporabljajo v posameznih državah in regijah različne tehnološke sisteme in variante.



Glede na zelo številne in različne naravne, gospodarske in ostale dejavnike, ki vplivajo na količino, vrednost in splešen pomen biomase v različnih okoliščinah je razumljivo, da je tudi razvoj tehnologij potekal v različnih smereh in z različno intenziteto. Kljub tej različnosti pa lahko najdemo za posamezna območja nekateri skupni značilnosti.

Na razvoj in izbiro različnih tehnoloških rešitev, ki jih danes uporabljajo za pridobivanje, predelavo in uporabo biomase v različnih geografskih regijah, so bile odločilne naslednje skupine dejavnikov:

- a.) Vrsta, vir oziroma nastanek biomase. Tu ločimo:
  - biomaso iz namenskih nasadov hitrorastočih drevesnih vrst s kratko proizvodno dobo (3-5 let),
  - biomaso iz celih dreves pri negovalnih in melioracijskih delih (čiščenje, prva redčenja, premene, krčitve)
  - biomasa iz sečnih ostankov pri končnih posekih (obnovah), kjer poprej izdelamo in izločimo običajne sortimente
- b.) Kraj, mesto oziroma faza proizvodnega procesa po kateri se sečni ostanki pojavijo, ali jih predelamo v primerno obliki. Tu ločimo te tehnološke sisteme:
  - v gozdu pri panju,
  - na pomožnem skladišču ob prometnici,
  - na centralnem skladišču pri predelovalcu (distributerju), trgovcu ali neposredno pri porabniku.
- c.) Zaporedje delovnih faz in časovna kontinuiteta proizvodnega procesa, kar je pogojeno predvsem z vrsto gozdnih lesnih proizvodov, oziroma namena njihove uporabe (energija, celuloza, plošče). Glede na to je proizvodni proces lahko:
  - neprekinjen, kjer potekajo istočasno vse faze proizvodnega procesa
  - prekinjen, kjer opravimo osamele faze v zaporedju.

V obeh primerih pa so posamezne faze **sočasne** (se prekrivajo) ali pa so med seboj ločene z daljšim ali krajšim časovnim razdobjem (npr. pri sečnji na suš).

#### 4.4 PROIZVODNJA IN PRIDOBIVANJE BIOMASE IZ NAMENSKIH ENERGIJSKIH PLANTA?

Ena izmed alternativ za hitro povečanje količin biomase za energetske namene, ki je v sedemdesetih letih doživljala veliko pozornosti, je proizvodnja biomase v nasadih z zelo kratko (3-5 let) proizvodno dobo. Ta možnost je še posebej zanimiva v območjih, ki imajo malo gozdov, veliko neizkoriščenih kmetijskih površin ali pa površin, ki so neprimerne za drugačno izrabo (močvirja, barja, šotišča itd.).

Plantažna proizvodnja energijske biomase



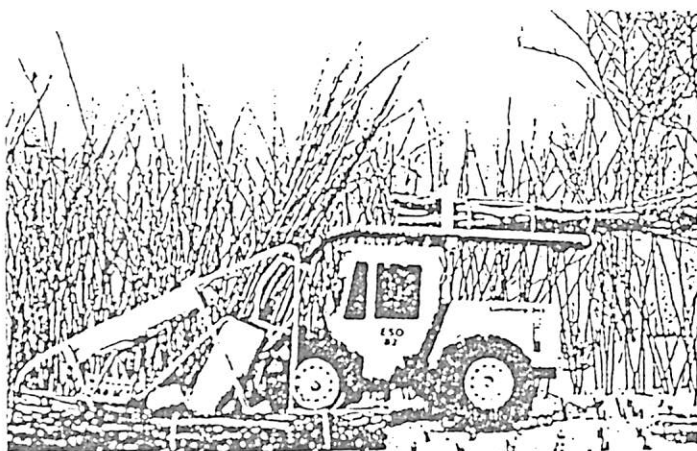
Sl. 1

Triletni nasad beke (*Salix viminalis*) na Nizozemskem. Povprečna letna proizvodnja je 35 ton suhe biomase na 1 ha. (Vir : 105)



Sl. 2

Ročna izdelava butar. (Vir : 105)



Sl. 3

Mehanizirana žetev (sečnja) in izdelava butar (bal). (Vir : 102)

Aktivnosti in tem področju so usmerjene v:

- Izbiro ustreznih drevesnih (gumovnih) vrst in klonov s visoko količinsko proizvodno sposobnostjo, dobro regeneracijo iz panjev ter rezistentnostjo na škodljive dejavnike zive in nežive narave.

Tehniko osnovanja, nege in varstva nasadov

- Tehnologijo pridobivanja (žetve), dodelave in transporta.
- Tehnološke in ekonomske vidike mehanske, kemične in biološke predelave in uporabe te biomase.

Pri izbiri drevesnih vrst je največ pozornosti namenjena vibam, jelšam, topolam, trepetljiki, evkaliptusu in nekaterim iglavcem. Na osnovi številnih poizkusov in večletnih izkušenj, pri katerih so bili doseženi visoki letni proizvodni učinki, tudi 70 in več ton suhe snovi na 1 ha, v povprečju pa 20-30 ton, velja danes prepričanje, da je letni pridelek 15 ton suhe biomase na 1 ha tudi povsem stvarna možnost te proizvodnje. Tolikšna količina biomase pa zadostuje celoletnim energijskim potrebam povprečnega kmečkega gospodinjstva, oziroma gospodarstva.

Najpomembnejši dejavniki pri osnovanju, negi in varstvu tega načina proizvodnje biomase so:

- Intenzivna priprava tal (melioracija, rigolanje, apnenje, gnojenje itd.).
- Oblika in gostota sadnje ter vzgoje v smislu optimalne izrabe naravnih danosti in možnosti mehanizirane nege in žetve.
- Zaščita in varstvo nasadov pred različnimi škodljivimi vplivi, ki je še vedno eno izmed najzahtevnejših in problematičnih vprašanj (ekološki in ekonomski vidiki uporabe gnojil in zaščitnih sredstev).
- Gospodarnost in zanesljivost proizvodnje, ki sta neposredno odvisni od gibanja cene nafte na tržišču, oziroma cene ostalih energijskih virov. Nekateri strokovnjaki sicer trdijo, da ta proizvodnja ni tvegana, saj proizvodno dobo lahko podeljamo in biomase uporabimo za tehnološke namene (celuloza, plošče, in drugo).

Na razvoj in uporabnost tehnologij in tehnike pri žetvi (sečnji) biomase v energijskih plantažah odločilno vplivata clasti naslednja dva dejavnika:

- specifična oblika te biomase (drobni in številni kosi) in njeno razpršeno pojavljanje,
- nujnost ohranitve nepoškodovanih panjev kot osnova za nadaljnjo proizvodnjo.

Glede na številne podobnosti te proizvodnje s proizvodnjo žitaric in industrijskih rastlin, je umevno, da sta si tudi tehnologiji močno podobni. Tako je bila, vsaj na začetku, uporabljena pri proizvodnji le nekoliko prirejena kmetijska mehanizacija

(silokombajni, žetveni stroji, stroji za baliranje). Šele v novejšem obdobju pa so se pojavili tudi posebni, tej proizvodnji prilagojeni stroji za sadajo potaknjencev in žetev.

Pri pridobivanju biomase v energijskih plantazah so poznane predvsem te tri tehnološke variante:

- a.) žetev in baliranje biomase v bale različnih oblik in dimenzij. Obe fazi običajno opravi večnamenski stroj. Lahko pa tudi vsako opravilo opravimo z drugim strojem. Običajno žetveni stroj opravi tudi baliranje. Izdelane bale pa natovarja in odvažata poseben stroj. Poznane so tudi tehnološke rešitve, pri katerih večnamenski stroj opravi žetev, baliranje in nakladanje bal na priključeno prikolico. Pri tej tehnološki varianti torej vedno transportirajo nepredelano biomaso v obliki bal, svežnjev, snopov itd.
- b.) žetev (sekanje) in predelava biomase v sekance na plantaži. Tudi tu sta opravila lahko ločeni, običajno pa delo opravimo z večnamenskim strojem, ki žanje, seka in izpihava sekance v zabojnik, ki je v sestavi strojnega sistema. Napolnjen zabojnik lahko pretresemo neposredno na posebno vozilo za prevoz sekancev ali v prazen zabojnik, ki je nameščen ob kamionski cesti.
- c.) žetev, drobljenje in izdelava briketov (peletov). Tudi pri tej varianti vse delo opravi en sam večnamenski stroj, lahko pa posamezne faze opravijo različni stroji. Prevoz biomase do trgovca ali kupca je v obliki briketov.

Poleg navedenih tehnoloških variant so poznane še različne kombinacije strojev in tehnoloških različic, tako pri posameznih fazah kot tudi v celotnem procesu pridobivanja.

#### 4.5 TEHNOLOGIJA PRIDOBIVANJA CELOTNE NADZEMNE BIOMASE DREVESA

Ta tehnološka varianta je uporabna pri tistih gozdnogospodarskih in drugih posegih, pri katerih nastane pretežno le drobno drevje, iz katerega dobimo le malo običajnih tržnih sortimentov. Takšni primeri so pogosti pri melioracijskih in negovalnih delih kot so: čiščenja in prva zgodnja redčenja v mladostnih razvojnih fazah, zakasnela redčenja, premene degradiranih gozdov, panjevcev in grmišč, krčitve zaraščenih kmetijskih površin itd. Znano je, da pri naštetih ukrepih dobimo le do 30% tehničnega lesa. Vse ostalo je drobna biomasa, ki jo ponavadi pustimo ali skurimo na mestu nastanka.

Prva redčenja so imperativ za stabilnost in kakovost bodočih sestojev. Zmerom pa je bil ta ukrep tehnološki, še zlasti pa ekonomski problem, saj gre za naložbo dolgoročne narave, brez

takojenjih finančnih učinkov. Glede na zaostrene gospodarske razmere in problematiko, ki jo pogojuje pojav propadanja gozdov pa je tudi umevno, da se bosta obseg in kakovost prvih redčenj v naših gozdovih še nadalje zmanjševala. Že dodatek pa je bil obseg izvršenih del daleč za potrebami.

Tudi pri metodi pridobivanja biomase celih dreves so glede na mesto dodelave gozdnih lesnih proizvodov, oziroma mesto pridobivanja (dodelave) biomase poznani ti-le tehnološki sistemi, oziroma variante:

- Izdelava gozdnih lesnih proizvodov na sečišču pri panju
- Izdelava gozdnih lesnih proizvodov na prometnici.
- Izdelava gozdnih lesnih proizvodov na pomožnem skladišču ob kamionski cesti (poti).
- Izdelava gozdnih lesnih proizvodov na centralnem mehaniziranim skladišču, na skladišču trgovca ali porabnika proizvodov.

#### **4.5.1 Pridobivanje biomase celih dreves z izdelavo proizvodov na sečišču (ob panju)**

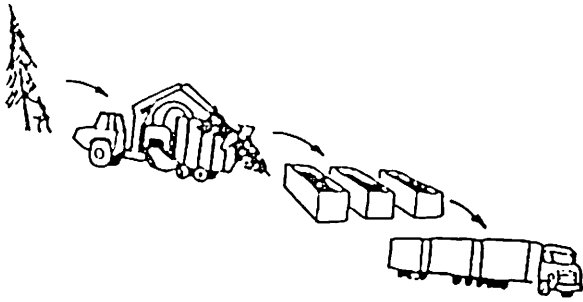
Ta tehnološki sistem je primeren le v specifičnih terenskih in sestojnih razmerah, ki omogočajo uporabo ustrezne mehanizacije. Za redčenja sestojev je uporaben le pri šablonskih-geometrijskih in vrstnih redčenjih, še zlasti v plantažah in intenzivnih nasadih. Predvsem pa ga uporabljajo pri končnih posekih, premenah in krčitvah.

Običajno uporabljajo mobilne večnamenske stroje (procesorje), ki opravijo večina delovnih faz, od poseka do spravila lesa. S pomočjo procesorja na hidravlični ročici stroj drevo podra, ga poda v sekalni stroj in nato seseka v sekance. Le-te izpihuje v zamenljiv zabojnik, ki je prav tako vgrajen v sistem. Napolnjen zaboj odpelje traktor do kamionske ceste, kjer se opravi neposreden pretovor na kamion ali v zamenljiv kamionski zabojnik, ki je postavljen ob cesti.

V praksi so poznane številne in različne tehnološke variante, ki se med seboj razlikujejo po več kriterijih:

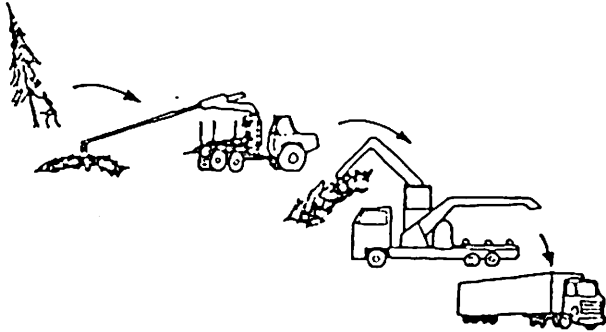
- Ročno-motorno usmerjeno podiranje in zbiranje dreves v šope. Včasih sledi temu tudi grobo kleščenje in prežagovanje z motoriko.
- Strojno podiranje in zbiranje dreves v šope (Feller- buncher), ročno-motorno ali strojno podiranje, kleščenje in izdelava sekancev le iz deblovine (za industrijo celuloze, plošč).
- Ločena ali istočasna izdelava oblih sortimentov in sekancev.
- Popolna avtomatizacija celotnega proizvodnega procesa: sečnja, kleščenje, lupljenje, izdelava sekancev in spravilo (prevoz) sekancev do kamionske ceste. Podiranje in zbiranje v šope je ročno-motorno ali strojno, vse ostale operacije pa lahko opravi en sam večnamenski stroj.

Osnovni tehnološki sistemi pridobivanja drevesne biomase  
(Vir : 7)



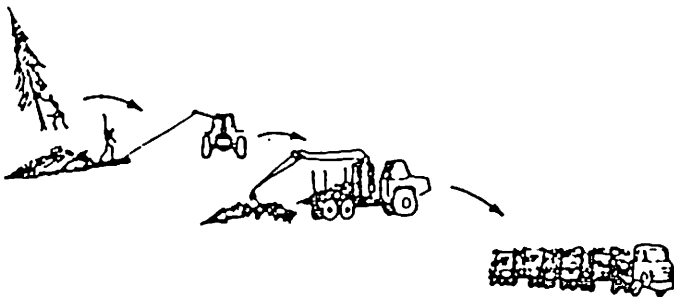
Skica 3a :  
Izdelava proizvodov  
(sekancev) na sečišču

- Usmerjeno podiranje z motorno žago.
- Zbiranje in podajanje v sekalnik z dolgo ročico.
- Izdelava sekancev in prevoz do kamionske ceste.
- Pretovarjanje sekancev v zamenljive zabojnike.
- Nakladanje zabojnikov in prevoz s kamionom.



Skica 3b :  
Pridobivanje biomase z  
izdelavo proizvodov na  
gozdni prometnici (cesti,  
poti, pomožnem skladišču).

- Usmerjeno podiranje z motorno žago.
- Zbiranje in nakladanje z napravo z dolgo ročico.
- Prevoz do kamionske ceste.
- Izdelava skancev na skladišču ob cesti.
- Neposredno natovarjanje sekancev na kamion.



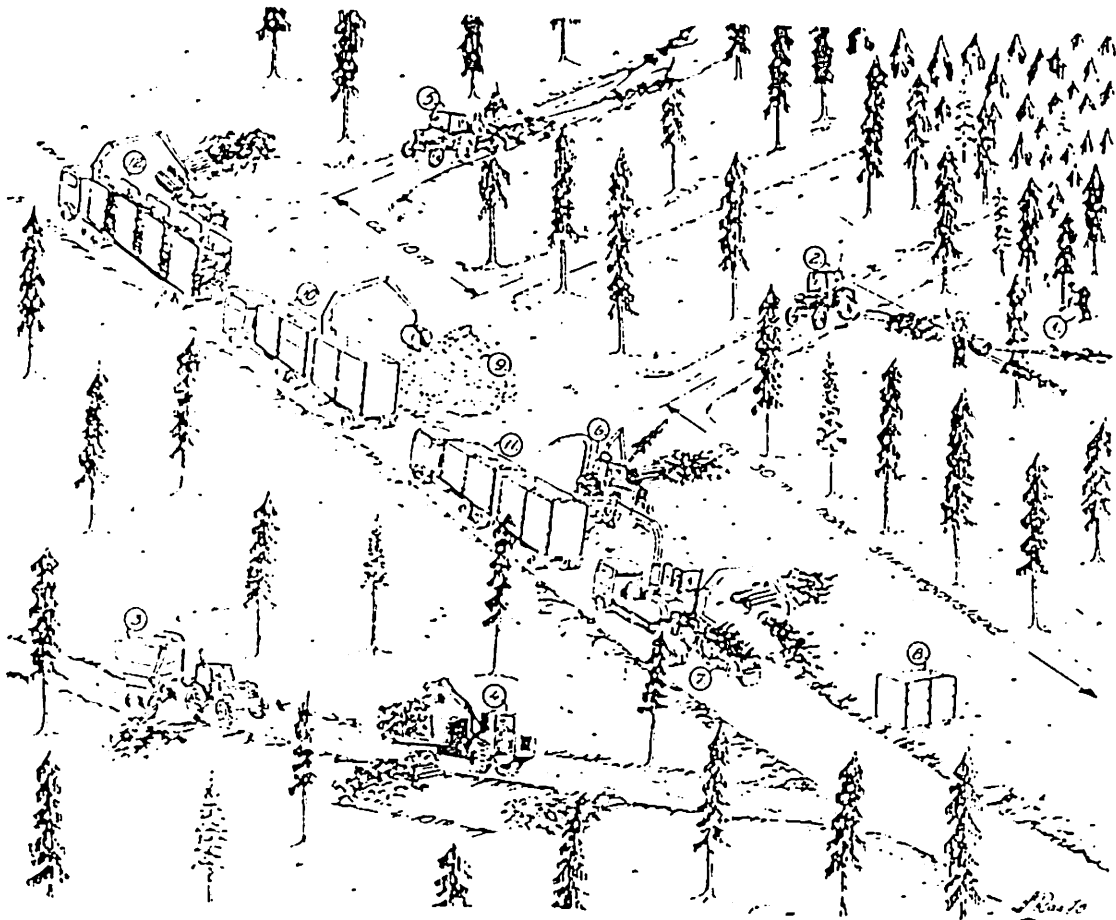
Skica 3c :

Pridobivanje celih dreves  
z izdelavo sortimentov na  
centralnem skladišču

- Usmerjeno podiranje z motorno žago.
- Zbiranje s traktorskim vitlom.
- Prevoz z zgibno traktorsko prikolico do ceste.
- Kamionski prevoz celega drevja.

Skica 4 :

Najpogostejše tehnološke variante pridobivanja drevesne biomase  
(Vir : 7)



- ① Ročno - motorno usmerjeno podiranje in ročno zbiranje bremen na vrhne linije.
- ② Zbiranje bremen do prometnice z radijsko vodenim enobobenskim traktorskim vitlom.
- ③ Izdelovanje sekancev na traktorski poti : traktor s prekucnim zabojnikom in priključenim sekalnikom, mehanizirano podajanje v sekalnik.
- ④ Nakladanje in prevoz celih dreves (delov) z zgibnim voznim traktorjem do kamionske ceste.
- ⑤ Zbiranje z dvobobenskim vitlom in vlačenje celih dreves do kamionske ceste.
- ⑥ ⑪ Izdelovanje sekancev ob kamionski cesti z neposrednim nakladanjem na kamionsko kompozicijo.
- ⑦ Težka mobilna sekalna kompozicija na kamionskem podvozju.
- ⑧ Zamenljivi zabojnik za sekance.
- ⑨ ⑩ Nakladanje na tleh izdelanih sekancev z nakladalno žlico.
- ⑫ Kamionske kompozicija s posebnim kesonom za prevoz celih dreves (delov dreves).

#### 4.5.2 Pridobivanje biomase z izdelavo proizvodov na gozdni prometnici (cesti, poti, vlaki)

To tehnološko varianto pogosto uporabljajo v zahtevnejših terenih in cestovnih razmerah. Prvi pogoj je primerna kakovost in gostota gozdnih prometnic (od 100-330 m/ha) ter uporaba lažje in mobilnejše mehanizacije (traktorji, sekalniki, prevozna sredstva).

Drevje podiramo ročno z motorko ter ga ročno ali mehанизirano (vitel, hidravlična nakladalna naprava) zberemo ob prometnici. Sekalna garnitura (zgibni vozni traktor-sekalnik-nakladalna - podajalna naprava) z vgrajenim zabojnikom se pomika od kupa do kupa po prometnici, z ročico podaja drevesa ali šope v sekalnik in izpihuje sekance v zabojnik. Napolnjen zabojnik odpelje do kamionske ceste (pomožno skladišče) kjer sekance lahko strese na tla, ki so prekrita s polietilensko folijo, pretrese neposredno na prevožno sredstvo (kamion, traktorske prikolice) ali pa napolnjen zabojnik odloži in naloži praznega.

Tudi pri pridobivanju biomase na gozdni prometnici je v praksi poznanih več variant:

- Spravilo (prevoz) nepredelane biomase s forvarderji do pomožnega skladišča (kamionske ceste).
- Uporaba kmetijskega ali prirejenega traktorja z na hidravliko obremenjenim sekalnikom, priključeno prikolico ali polprikolico za sekance ter z vgrajeno hidravlično nakladalno napravo ali brez nje.
- Traktor s sekalnim strojem in vgrajeno košaro ali posebno konstrukcijo za obežanje platičnih vreč, v katere sekalnik izpihuje sekance.
- Poseben strojni sistem za izdelovanje sekancev (traktor s sekalnikom in nakladalko) ter poseben sistem za prevoz sekancev (traktor s prikolico ali polprikolico).

Na uporabnost posameznega načina, oziroma variante, vplivajo številni dejavniki. Zato je nemogoča splošna ocena prednosti ali pomanjkljivosti posamezne variante. Le-to je potrebno ugotoviti za vsak stvaren primer posebej.

#### 4.5.3 Pridobivanje biomase z izdelavo proizvodov na pomožnem skladiščju ob kamionski cesti

Ta tehnološki sistem zahteva poprejšnje zbiranje, in vlačenje (prevoz) celih dreves ali delov do kamionske ceste. Posek drevja opravimo ročno (usmerjeno podiranje), zbiranje in vlačenje s traktorjem ( forvarder Skandinavija). Na pomožnem skladiščju z uporabo različnih strojev (za kleščenje, prežagovanje, lupljenje, izdelavo sekancev) predelajo celo drevje v sekance ali poprej izdelajo običajne sortimente (dregove, celulozni les) in nato iz



ostankov sekance. Pravi pri mehanizirani izdelavi sortimentov na zemnoznanem skladišču, kjer prihaja do večjih koncentracij posekanega lesa, je iztraba ostankov (vejevina, vrhovi, lubje) najja, saj nam kopičenje le-teh lahko povzroča velike motnje pri proizvodnem procesu.

Za izdelavo gozdnih lesnih proizvodov na pomoznem skladišču ob kamionski cesti uporabljajo različne težje mobilne in potmobilne vrčnamenske stroje, ki opravijo običajno delo ali celo več operacij. Najpogostejše so te kombinacije:

- kleščenje in prežagovanje (običajna dolžina 2 m),
- kleščenje, prežagovanje, lupljenje,
- kleščenje, lupljenje, izdelava sekancev.

Sekance, ki jih izdelujemo iz celih, nepredelanih dreves ali iz posameznih delov (glede na namen porabe) lahko odlagamo na tla, polnimo zamenljive zabojnike ali pa nakladamo neposredno na prevozno sredstvo.

#### 4.5.4 Pridobivanje biomase s predelavo na centralnih skladiščih

Pri tem tehnološkem sistemu nastanejo ali predelujemo sečne ostanke šele po fazi prevoza. To pomeni, da spravljamo in prevažamo celo drevje, dele dreves ali ostanke (vejevina, vrhovi, krošnje). Voluminoznost biomase ter dolžina (celo drevje) sta osnovna problema tehnične in ekonomske narave pri ravnanju z biomaso, zlasti če pri prevozu na večje razdalje.

V praksi te težave rešujejo na različne načine:

- S stiskanjem biomase v bale in svežnje (snopi), s pomočjo posebnih strojev.
- S stiskanjem biomase s hidravličnimi napravami (rodicami), ki so vgrajene na prevoznom sredstvu (kamionski kompoziciji).
- Z grobim kleščenjem drevja (z odžagovanjem vrhacev in debelejših vej).
- S prežagovanjem drevesa na več krajših delov. Za prevoz takšne voluminozne biomase na večje razdalje uporabljajo velike kamionske kompozicije (kamion + prikolica ali polprikolica), ki lahko peljejo naenkrat tudi 100 in več m<sup>3</sup> tovora.

V bale in svežnje (valje) stisnjeno biomaso lahko neposredno uporabljajo kot kurivo v industrijskih energetskih napravah in toplarnah. Za nadaljnjo predelavo (mehansko, kemično, termo in biokemično) za različne namene pa te bale zmeljejo (sesekajo) v sekance (iveri) ustreznih dimenzij s pomočjo težkih stabilnih sekalnih strojev.

Vsa izdelava in dodelava sortimentov pri drevesni metodi pridobivanja poteka na centralnih skladiščih. Te lastnosti so omogočene z ustrezno tehniko velikih zmogljivosti, ki omogoča popolno mehanizirano ali tudi avtomatizirano vseh stopenj dodelave, izdelave in sortiranja proizvodov za različne namene porabe. Procesorji drevje oklestijo, olupijo, skrojijo in izmerijo, ter glede na uporabnost (dimenzija, lakovost) lesa tudi izdelajo različne proizvode, običajno sekance za celulozo, lesne plošče, energijske namene ali drugo mehansko, kemično ali biokemično predelavo (briketi, paleti, kompost, krmila ter različni lekoci in plinasti proizvodi).

Tehnološka varianta kompleksnega izkoriščanja biomase celih drobnih dreves na centralnih mehaniziranih skladiščih je prevladujoča metoda zlasti v S. Ameriki in Kanadi. Uporabljajo pa jo tudi v nekaterih vzhodnoevropskih državah (SZ, Češka).

Za primer povzemamo iz literature (102) osnovne karakteristike takšnega popolnoma avtomatiziranega in s procesorji opremljenega centralnega skladišča v Plymoutheu, Severna Karolina. Na tem skladiščju predelajo letno 3,5 milijona m<sup>3</sup> lesa, in sicer 2 milijona m<sup>3</sup> celuloznega lesa in 0,5 milijona m<sup>3</sup> hlodovine. Celoten sistem je sestavljen iz treh delov (podsistemov):

- Pridobivanje biomase celih dreves iz prvih redčenj borovih nasadov (14-22 let). Sistem sestavlja procesor za kleščenje in lupljenje ter izdelovanje sekancev za vlaknine in plošče. Tako izdelani sekanci so odlične kakovosti, delež lubja je pod 1%.

- Podsistema za krojenje, prežagovanje in sortiranje debel na različne dolžine, upoštevajoč optimalno vrednost (uporabnost) sortimentov.

- Podsistema za predelavo (dodelavo) celuloznega lesa, ki ga sestavljajo: molni žerjav, lupilni stroj, stroj za cepljenje lesa, sekalnik ter ustrezne naprave za sortiranje sekancev za celulozo in kurjavo.

#### 4.6 SPLOŠNA OCENA UPORABNOSTI POSAMEZNIH SISTEMOV IN VARIANTI

Vsak od naštetih tehnoloških sistemov in variant ima določene prednosti in pomanjkljivosti:

Pridobivanje biomase s predelavo v sekance na sečišču (pri panju, na preseki - tehnološki prometnici) ima te-le prednosti:

- Onemogočeno je onesnaženje biomase z različnimi nečistočami, ki se redno pojavlja pri vlačanju lesa po tleh. Te nečistoče povzročajo zastoje in okvare sekalnih strojev, zlasti krhanje nožev. Prav tako povzročajo tudi motnje v tehnoloških procesih

- nadaljnje predelave sekancev.
- Homogenost in uporabno obliko biomase dosežemo že na začetku proizvodnega procesa.
- Pri izkoriščanju celotne mase drevja ni potrebno klesčenje, ki je zamudno in naporno opravilo.
- Ni potrebno prelagovanje predeljega drevja, ki je običajno nujno pri spravilu s forvenderji in prevozu s kamioni.
- Manjše so poškodbe v gozdu zaradi spravila (zbiranja).
- Če izrabljamo le deblovino ostane vejevina v sestoji (ekološki vidik).

Negativne strani tega sistema pa so:

- Terenske in sestojne razmere morajo omogočati gibanje strojev in ustrezne delovne pogoje. Takšne razmere so le izjemno, zlasti se pri individualnih rešitvah sestojev.
- Zaradi uporabe mehanizacije zunaj prometnic nastajajo občutne škode na gozdnih tleh in drevju.

Opisani tehnološki sistem je pri nas uporaben le v specifičnih razmerah (ravniški predeli, pridobivanje drv v zasebnih gozdovih, pri premanah, kršitvah).

Pridobivanje biomase na gozdni prometnici (vlakci, poti, cesti) je tehnološki sistem, ki ga pogosto uporabljajo v skandinavskih deželah. Ima te-le prednosti:

- Homogenost biomase in njeno uporabno obliko (sekanci, bale, svežnji) dosežemo zgodaj, takoj po zbiranju. To pomeni racionalizacijo transportnih stroškov.
- Manjša je možnost poškodb tal in drevja, saj se stroji gibljejo le po prometnicah.
- Onesnaženje biomase je manjše kot pri vlačanju po tleh.

Pomanjkljivosti tega sistema so:

- Zahteva gosto in solidno zgrajeno mrežo prometnic, ki omogoča prevoz biomase do kamionske ceste, pretovarjanja, ali prevoz neposredno do porabnika (kmetniki, krajše prevozne razdalje).
- Pri uporabi strojnega sistema za izdelavo in prevoz sekancev je pri spravljeni (prevozni) razdalji nad 300 m sekalni stroj premalo izkoriščen.
- Možna je le uporaba lažje mehanizacije z veliko gibljivostjo.

Pridobivanje drobne biomase na pomožnem skladišču ob kamionski cesti veliko uporabljajo v ZDA, Rusiji, in Skandinaviji. Ta tehnološki sistem je zlasti uporaben v zahtevnejših terenskih razmerah in pri slabši odprtosti gozdov z vlakami. Zahteva večje koncentracije sečenj in omogoča tudi izdelavo drevja večjih dimenzij (40 in več cm prsnega premera).

Osnovne prednosti tega sistema so:

- Izdelava je centralizirana, kar omogoča uporabo težje mehanizacije z visokimi učinki.
- Možna je uporaba večnamenskih strojev, ki omogočajo selektivno izdelavo biomase (sortimentov) za optimalno namensko uporabo.
- Omogočena je popolna mehaniziranost celotne izdelave sortimentov (klesanje, lupljenje, prezagevanje, izdelavnje sekancev).
- Možna je uporaba velikih prevoznih sredstev (z veliko prostornino lesa), ki omogočajo gospodaren prevoz tudi na večje razdalje.

Pomanjklivosti:

- Sistem je gospodaren le pri večjih koncentracijah sečenj, vladj nad 20 m<sup>3</sup> biomase na 1 ha.
- Spravilo (vlačenje, prevoz z forvarderji) večjega (debelejšega daljšega) drevja je problematično. Potrebno je poprejšnje prelagovanje na krajše dele.
- Pri vlačanju po tleh prihaja do onesnaževanja biomase.
- Zahteva po relativno veliki površini pomožnega skladišča, zlasti tedaj, ko iz deblovine izdelujemo različne sortimente. Drobnna biomasa (vejevina, vrhači, drobno drevje) pa se kopiči v velikih količinah in ovira proizvodni proces. Prvi pogoj je torej sprotno odstranjevanje (izdelava, predelava, odvoz) drobnih ostankov.
- Dobra organizacija, medsebojna usklajenost posameznih opravil ter popolna tehnološka disciplina so imperativ za uspešno delovanje celotnega sistema.

Pridobivanje - izdelovanje biomase na centralnih mehaniziranih skladiščih ali skladiščih porabnikov biomase.

Osnovna pomanjkljivost te tehnološke variante je že omenjena voluminoznost biomase celih drobnih dreves. Raziskave, ki jih je opravil norveški gozdarski inštitut (7) kažejo, da je v prostorninskem metru tlačne nestisnjene biomase le 0,1 m<sup>3</sup> lesa (pri smreki). Vemo pa, da je v 1 prm običajnega celuloznega lesa 0,6 m<sup>3</sup> lesa, torej šestkrat več. To seveda pomeni, da lahko na istem vozilu prevažamo tolikokrat manjšo količino in da so tudi stroški ustrezno večji. Kljub že omenjenim tehničnim možnostim kompaktiranja biomase (baliranje, stikanje v snope, stiskanje na vozilu) nam faza prevoza celih drobnih dreves povzroča največ preglavic tehnično in ekonomske narave. Pri trajni in dosledni izrabi celotne biomase pa je prav tako pomemben ekološki vidik, to je vprašanje škodljivih vplivov na proizvodnost tal in slabitev vseh splošno koristnih funkcij gozdov.

odločilne pri tem, pri tej varianti pa so:

- Omogoča izredno visoko biomasa drevesa, tudi listja in iglice.
- Optimalno lahko skrajimo in izključimo sentimente glede na kakovost in uporabnost lesa (drevja).
- Centralizirano obdelavo omogoča popolno mehanizirano in tudi avtomatizirano delo pri opravi, pri izdelavi, obdelavi in manipulaciji z gozdnimi lesnimi proizvodi.

Prikazali in na kratko smo opisali le nekatere, v praksi najpogostejše uporabljane tehnološke sisteme in njihove različice. Poleg teh so poznane še številne druge variante in načini, ki se med seboj ločijo po metodah pridobivanja biomase, po organizaciji dela, po uporabljeni tehniki (mehanizaciji) in drugih dejavnikih. Razen pridobivanja biomase s predelavo v sekance so vsi navedeni tehnološki sistemi, vsaj po osnovnih elementih, poznani tudi v naši praksi, predvsem pri pridobivanju lesa za kurjavo v zasebnem sektorju. Vendar gre tu le za bolj ali manj uspešne improvizacije, brez organiziranega in sistematiziranega pristopa k reševanju te predele problematike.

## 5. SEKALNI STROJI IN SISTEMI ZA PREDELAVO BIOMASE V SEKANCE

Kot rezultat intenzivnih prizadevanj za racionalno pridobivanje sečnih ostankov so se v zadnjih letih, zlasti v Evropi in Ameriki, pojavili številni sekalni stroji različnih vrst in znamk. Ti stroji in naprave se med seboj razlikujejo po moči, zmogljivosti, konstrukcijskih izvedbah sekalnih nožev (diskasta, valjasta, vijačna), velikosti in izvedbi odprtih za dodajanje in pomikanje sekanega materiala ter drugih značilnosti. Običajno jih delimo v skupine po moči in zmogljivosti ter po konstrukciji sekalne naprave (nožev) stroja.

### 5.1 RAZVRŠČANJE SEKALNIH STROJEV PO POGONSKI MOČI IN ZMOGLJIVOSTI

#### 5.1.1 Majhni sekalni stroji

So najpogosteje izdelani kot trotočkovni priključki na hidravliko kmetijskega in prirejenega gozdarskega traktorja moči 25-50 kW. Pogonja jih motor traktorja prek kardanske osi. Polnjenje je navadno ročno. Izpihanje sekancev (v kontejnerje, traktorske pol - ali prikolice, plastične vreče) je pnevmatsko, s pomočjo ventilatorja. Zmogljivost teh strojev je 3-8 m<sup>3</sup> sekancev na uro. Poznani so tudi majhni sekalni stroji s samostojnim pogonom, ki jih je možno prevažati priključene na vlečno kljuko osebnih vozil. Vsi ti stroji so primerni za izdelovanje manjših količin energijskih sekancev za ogrevanje individualnih stanovanjskih hiš, zgradb, delavnic, šol, vrtcev in podobno. Uporabni so le za predelavo drobnejših sečnih ostankov do premera 15 cm (Skica 5a).

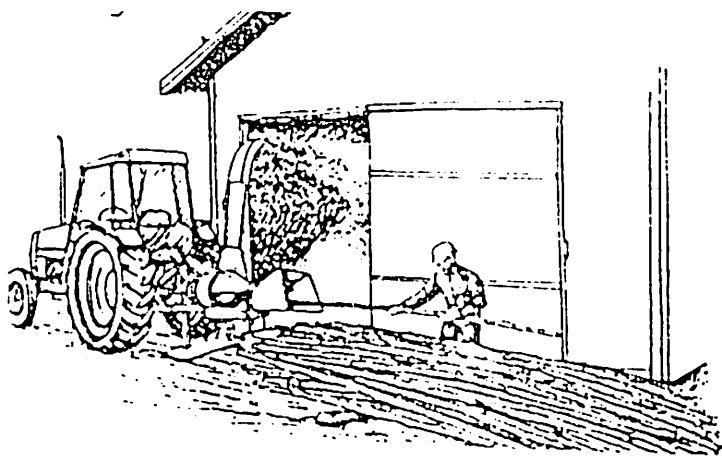
#### 5.1.2 Sekalni stroji srednjih zmogljivosti

So pritrjeni na težjih kmetijskih in specialnih gozdarskih zgibnih traktorjih moči nad 50 kW. Dodajanje materiala je pri teh strojih navadno s hidravličnim čeljustnim žerjavom, možno je tudi ročno in kombinirano. Učinki teh strojev so do 20 m<sup>3</sup>/h. Uporabljajo jih pri večjih količinah sečnih ostankov, pri večjih porabnikih energijskih sekancev, pri organizirani proizvodnji energijskih sekancev za široko potrošnjo ali pri izdelavi sekancev za lesno in kemično industrijo. S temi stroji lahko izdelujemo sekance iz kosov (dreves) do 25 cm premera (Skica 5b).

#### 5.1.3 Veliki sekalni stroji

Ti so običajno vgrajeni na težke gozdarske traktorje (forvardarje), na kamionske šasijske ali pa so stabilni na centralnih skladiščih. Potrebna moč motorja je od 150-300 kW.

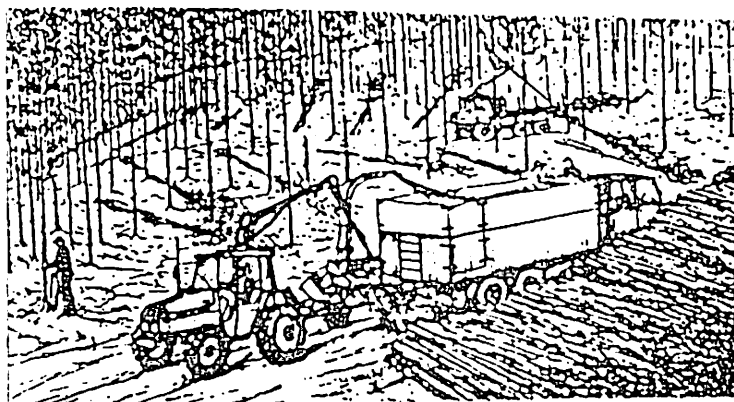
Vrste sekalnih strojev in sistemov za predelavo drevesne biomase v sekance



Skica 5a :

Majhen sekalni stroj - tro-  
točkovni traktorski priključek.  
Vijačna izvedba noža. Ročno  
podajanje.

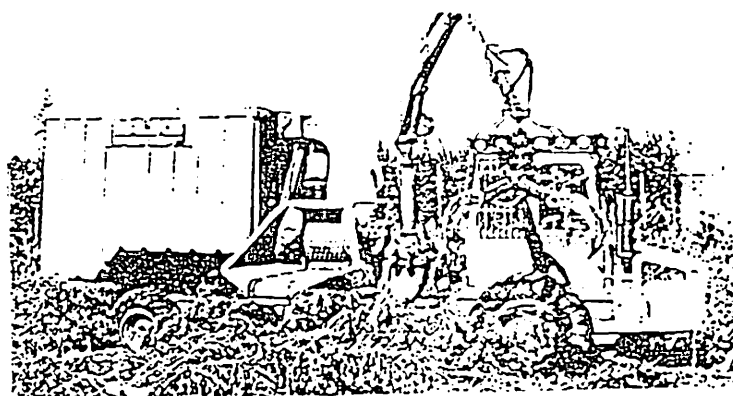
Zmogljivost : 3 - 8 m<sup>3</sup>  
sekancev / h



Skica 5b :

Majhen sekalni stroj na  
podvozju, z noži na disku.  
Mehanizirano podajanje.

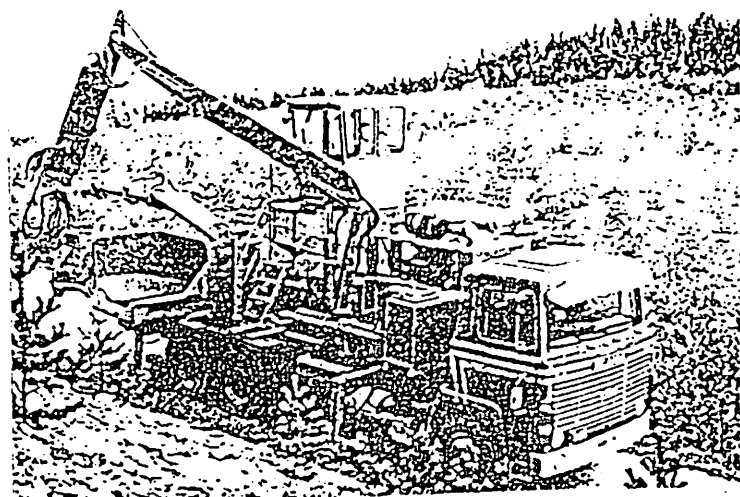
Zmogljivost : 10 - 15 m<sup>3</sup>  
sekancev / h



Sl. 4 :

Strojni sistem za izdelovanje  
in prevoz sekancev s prekucnim  
in zamenljivim zabojnikom.

Zmogljivost : 20 - 30 m<sup>3</sup>  
sekancev / h



Sl. 5 :

Strojni sistem za izdelovanje  
sekancev na kamionskem  
podvozju.

Zmogljivost : 100 in več m<sup>3</sup>  
sekancev / h

Podajanje materiala za sekanje je izključno s pomočjo hidravličnega nakladalca. Uporabljajo jih za obdelovanje energijskih sekancev za velike porabnike, (toplarni, elektrarne) in za lesnoindustrijsko ter kemično predelavo. Zmogljivost teh strojev je 100 m<sup>3</sup> in več sekancev na uro (SI.5,6).

Poleg naštetih osnovnih vrst skupinah obstajajo še številne kombinacije in najrazličnejši sklopi strojev in naprav, ki vključujejo več delovnih faz pri proizvodnji grobih lesnih sortimentov, zlasti pri izdelavi in transportu.

## 5.2 KONSTRUKCIJSKE IZVEDBE NAPREVE (ORODJA) ZA SEKANJE

Naprava (orodje) za sekanje obdelovanca je osnovni in najpomembnejši sestavni del vsakega sekalnega stroja. Pri sekalnikih, ki jih uporabljamo za sečne ostanke so običajne naslednje izvedbe sekalnih naprav.

### 5.2.1 Sekalniki z noži v vijačni (polžasti) izvedbi

Po konstrukciji in delovanju so ti stroji razmeroma preprosti. Gre za vrteči se vijak z priostrenim navojem, s katerim odrezuje od obdelovanca kosčke lesa. Vijak je s konico obrnjen proti polsilni odprtini sekalnika tako, da vijačnica zarezuje vse globlje. Končni navoj obdelovanca tudi dokončno odreže. Istočasno vijak vleče in pomika obdelovanec naprej.

Na glavni pogonski osi za vijakom je nameščen vstrajnik z loputami, ki razbijejo večje (debelejše, širše) sekance in jih pnevmatsko izpihujejo po posebni cevi. Kot pri vseh drugih sekalnikih je le-ta vrtljiva za 360 stopinj. Višina izpihovanja (nakladanja) sekancev je 2,5 - 3 m.

Pri vijačni izvedbi sekalnikov ni mogoče spreminjati in potrebam prilagajati velikost (dolžino) sekancev, saj je le-ta omejena z razdaljo med navoji vijaka. Znani finski proizvajalec te vrste sekalnikov (SASMO -KOPO) je ta problem preprosto rešil tako, da je možno menjati vijake z različno gostimi navoji. Običajno so v kompletu trije različni vijaki.

Prednosti vijačnih sekalnikov so te-le:

- Preprosta konstrukcija, brez občutljivih hidravličnih agregatov.
- Majhna možnost okvare.
- Preprosto upravljanje.
- Cenenost sekalnika, saj je njegova nabavna cena približno le tretjina cene sekalnikov drugačne izvedbe.



Pomembni pomanjklivosti pa so:

- Večja specifična poraba energije.
- Nezmožnost regulacije dolžine sekancev.
- Glavnost (ropot) pri delovanju.

Preprosta konstrukcija in cenovna sta glavni prednosti, ki sta pogojevili v tujini široko uveljavitev teh strojev, zlasti pri manjših govednih posestnikih. Pri nas izdeluje takne stroje PISO v Ribnici na Dolenjskem. S temi stroji je možno izdelovati sekance iz obdelovanca največje debeline 10-15 cm, oblike do vrste (trdimehki lesovi) in stanja (svež-suh) lesa (sekica ob).

### 5.2.2 Sekalniki z noži na disku

Ta vrsta strojev je konstrukcijsko zahtevnejša kot višje izvedba. Večja zahtevnost je pravem v hidravličnih motorjih, ki pogonjajo valje za potiskanje obdelovanca k disku. Valj je lahko en sam ali sta dva, lahko v vertikalni ali horizontalni legi. Pri dveh valjih ima pogon en sam, običajno tisti, ki je stabilen. Drugi valj pa je gibljiv in prilagodljiv debelini obdelovanca. Valji imajo ostra rebra ali robovje, ki preprečuje drsenje valjev ob obdelovanca.

Disk, na katerem so pravokotno na os pritrjeni noži, je masivno, težko kolo, ki obenem služi kot vstrajnik. Premer diska je različen, običajno med 80 in 120 cm. Različno je tudi število nožev, največkrat štiri. Lahko pa sta le dva ali trije. Tudi pri konstrukcijskih izvedbah s tremi ali štirimi noži lahko uporabljamo le dva (nasprotno simetrična), kar vpliva na hitrost (zmogljivost) sekancev in tudi na dolžino sekancev.

Pomembna prednost teh strojev je prav v možnostih spreminjanja dolžine (velikosti) sekancev. To dosežemo na več načinov:

- z odvrznanjem (izključevanjem) zbiroma dodajanjem nožev,
- z naravnavanjem (odmikanjem + primikanjem) nožev glede na razdaljo do diska,
- z odmikanjem (primikanjem) diska skupaj z noži.

Pri preprostejših, starejših konstrukcijskih rešitvah spreminjamo dolžino sekancev le s premikanjem posameznih nožev. Pri novejših strojih pa naravnavamo istočasno vse nože z odmikanjem in primikanjem (vrtenjem) celega diska.

Z uporabo naštetih možnosti lahko izdelujemo sekance dolge od 0,5 do 15 in več cm.

Pri vseh sekalnikih je pomembna usklajenost hitrosti pomikanja obdelovanca in odsekavanja. Pri preveliki hitrosti pomikanja (vrtenja polnilnih valjev) prihaja do prevelikih pritiskov na

lilki, poravnane trenja in prevlečnih obremenitev pogonskih agregatov. Pri prepočasnem pomikanju pa ne dosežemo naravnane velikosti sekancev. Manjši so tudi učinki izdelovanja sekancev.

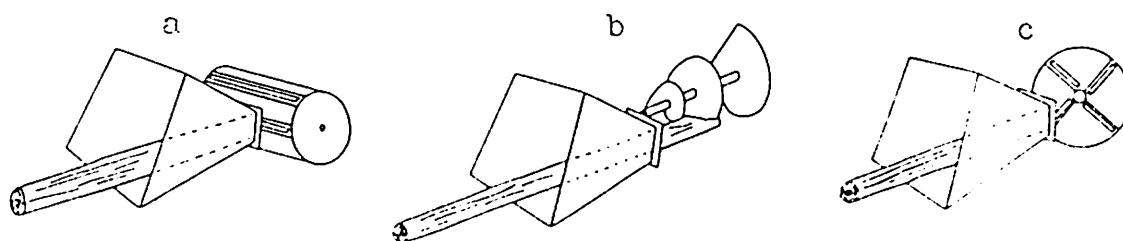
Uključnost obeh hitrosti dosežemo z naravnanimjem hitrosti vrtenja pogonskih valjev, in sicer s pomočjo ventila za pretok olja v hidravličnem motorju.

Ena izvedba sekalnika je v praksi najpogostejša, tako pri majhnih sekalnikih - traktorskih priključkih kot tudi pri večjih sekalnih strojih sistemih. Pri nas takšen sekalnik izdeluje IHHNOSTROJ iz Ljutomeru (Skica 6c).

### 5.2.3 Sekalniki z noži na valju (bobnu)

Tudi ta tehnična izvedba je dokaj pogosta zlasti pri večjih stabilnih in mobilnih sekalnih strojih. Na vrtočem se bobnu, premera od 30-60 cm, so vzdolžno pritrjeni noži, običajno 3-6 po številu. Poznane so različne variante nožev: po celi dolini valja, izmenično ali spirhalno nameščeni po obodu valja. Takšna izvedba je poznana pri stacionarnih strojih v industriji plošč (iverilniki) (Skica 6a).

Poleg naštetih treh glavnih skupin sekalnikov so poznane še druge tehnične rešitve, kot npr.: z udarnimi kladivi, ščetkami, dvojnimi diskom, s spirhalno nameščenimi rezili itd.



Skica 6 : Običajne konstrukcijske rešitve orodja za sekanje pri sekalnih strojih (Vir : 22)

- a - noži na bobnu (valju)
- b - noži v obliki vijaka
- c - noži na disku

### 5.3 DRUGE NAPRAVE IN OPREMA V SESTAVI SEKALNIH SISTEMOV

Poleg krmilne naprave za sekanje, ki je vitalni del vsakega sekalnega stroja, so pomembna še naslednje sestavine:

- krmilna ročica,
- polnilni jašek (nastja)
- cev za izpihovanje (nakladanje) sekancev,
- noži za sekaje,
- hidravlična nakladalna (podajalna) naprava,
- naprave za shranjevanje (polnjenje) in prevoz sekancev.

#### 5.3.1 Krmilna ročica:

S to ročico sprožimo vrtenje valjev, jih zaustavljamo in spreminjamo njihovo smer vrtenja ter s tem tudi smer pomikanja obdelovanca. Sprememba smeri pomikanja obdelovanca je zelo pomembna tedaj, ko prihaja do zatikanj zaradi vej, grč, razsoh, ali zaradi predebelih kosov, ki močno zmanjšajo število obratov in lahko celo ustavijo pogonski motor (skica 7a).

#### 5.3.2 Polnilni jaški

Imajo obliko prasekane piramide in so navadno zamaknjeni za 45 stopinj v desno glede na vzdolžno os sekalnika. Najpomembnejša je vhodna odprtina, ki mora biti dovolj velika, da lahko polnimo tudi šopa vejevine ali cela drevesca z vejami. Zaradi varnega dela, zlasti pri ročnem dodajanju, pa leta na sme biti prevelika. Manjši sekalniki, ki jih polnimo ročno, imajo odprtine velikosti med 30-40 in 40-60 cm.

Prav tako pomembna za varno delo kot svetla odprtina je globina polnilnega jaška, oziroma razdalje do polnilnih valjev. Te ti morajo biti tako globoko, da pri normalnem delu z rokami ne moremo seči do valjev ali celo do nožev. Pri vseh strojih pa je polnilni jašek pritrjen s tečaji tako, da ga je možno odstraniti (odpreti) in omogočiti dostop do valjev (skica 7b).

#### 5.3.3 Cev za izpihavanje sekancev

Je okroglega ali kvadratnega prereza. Sestavljena je iz več kosov, ki omogočajo podaljševanje ali krajšanje cevi. V zgornjem delu je krivina, ki preusmerja snop sekancev iz navpične v vodoravno smer. Na koncu ima še posebno pomično loputo, ki je povezana z ročico za natančnejše usmerjanje snopa sekancev (na vozilo, na kup, v skladiščni prostor). Običajno je možno izpihovati sekance do višine 3,5 m. Cevi za izpihovanje so vrtiljive

za 300 stopinj tako, da lahko sekance izpihujejo (na kladanje) v poljubni smeri, če gleda na položaj prevoznega sredstva (Skica 7a).

#### 5.3.4 Sekalni noži

So vitalne in najobčutljivejše orodje pri strojih. Težave se pojavljajo zaradi možnih nečistot (kamenje, pesek, zemlja), ki zaidejo v stroj skupaj z lesom in povzročijo kihanje in lome nožev. Ta možnost je pri ročnem polnenju in pri sekanju oblega lesa relativno majhna. Večja pa je pri sekanju vejevine. Še posebna nevarnost obstaja pri mehkanem podajanju.

Tuje raziskave so namreč pokazale, da stroki za nože (brušenja, izraba, lomi) lahko dosežejo tudi 6-8 % vseh proizvodnih stroškov. Kako pomembni so noži, nam kažejo primeri pri Avstrijcih, kjer ima več zasebnikov v solastništvu en sekalnik, vsak uporabnik pa ima svoje nože.

Seveda pa moramo vedeti, da so noži izdelani iz visokokakovostnega jekla in da pri pazljivem ravnanju ni posebnih težav. To so pokazali tudi naši poskusi s strojem Poettinger WID-U, kjer tudi po večtedenski uporabi ni bilo opaznih nikakršnih poškodb. Nasprotno pa so bile poškodbe nožev izrazite pri stroju domače izdelave.

Ostrenje nožev je pri nekaterih znamkah in tipih strojev mehanizirano na ta način, da ima stroj vgrajen bručni kolot, ki ga z vijakom primaknemo k nožem. Pri običajnih izvedbah pa moramo nože odstraniti in jih strojno ali ročno normalno naostriti.

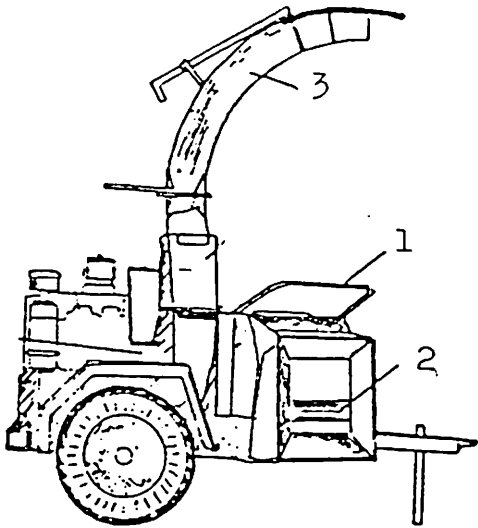
#### 5.3.5 Hidravlična nakladalna (podajalna) naprava

Ta naprava je sestavni del vseh strojnih sistemov, predvsem pri organizirani proizvodnji večjih količin sekancev. Običajno gre za lažje nakladalce, ki imajo podaljšano ročico (tudi do 15 m) ter vrsti biomase (veje, krošnje, obli les) prilagojene celjusti (Skica 7c).

Podajalna naprava je pri kmetijskih in prirejenih traktorjih nameščen na sprednjem ali zadnjem delu traktorja. Pri večjih premičnih napravah, običajno gre za težje vozne zgibne traktorje, ali strojne sisteme nameščene na kamionih, pa je nakladalna naprava nameščena med traktorjem in polprikolico, ki nosi sekalni stroj. Na polprikolici je večkrat nameščen tudi prekucni ali zamenljiv zabojnik (košara) za izdelane sekance.

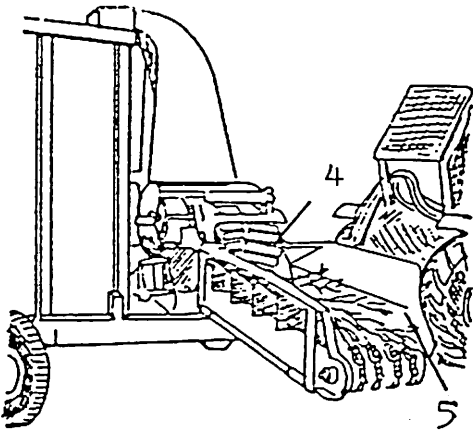
Najnovejše tovrstne strojne garniture (procesorje) sestavlja več strojev, ki opravljajo različna opravila (Sl.6):

Osnovni sestavni deli sekalnih strojev in sistemov za izdelovanje sekancev.



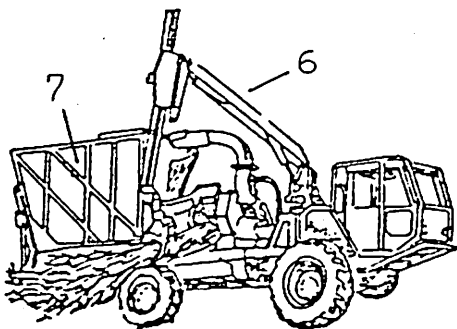
Skica 7a :

- 1 - krmilna ročica
- 2 - odprtina z jaškom za polnjenje stroja
- 3 - vrtljiva cev za izpihovanje sekancev (Vir : 104)



Skica 7b :

- 4 - polnilni valj
- 5 - tračni (verižni) transporter (Vir : 104)



Skica 7c :

- 6 - hidravlična podajalna naprava
- 7 - prekucni (zamenljiv) zabojnik za sekance (Vir : 104)

- podiranje drevja,
- kleščenje in prežagovanje,
- podajanja dreves ali oblovine v sekalni stroj,
- lupljenje in izdelovanje belih sekancev (za celulozo)



Sl. 6 :

Sodoben večnamenski stroj (podiranje, kleščenje, lupljenje, izdelava sekancev, prevoz sekancev) za pridobivanje čistih (belih) sekancev. (Vir : 98)

#### 5.3.6 Naprave za prenos obdelovancev (biomase) do polnilnih valjev - tračni in verižni transporterji

Vhodna odprtina polnilnega jaška je pri sekalnikih zaradi varnejšega dela razmeroma majhna. To pa v posameznih primerih povzroča težave, še posebej pri mehaniziranem dodajanju drobnega, voluminoznega materiala (vejevine, mladih drevesc iglavcev). Že pri vhodni odprtini jaška pogosto prihaja do zatikanja in zastojev, ker valji ne morejo zgrabiti obdelovanca. Da bi odpravili to pomanjkljivost so konstruktorji dodali, predvsem strojem večjih zmogljivosti, posebne tračne ali verižne transporterje, ki prenašajo in potiskajo surovino v sekalnik do valjev (Skica 7b).

#### 5.4 NAPRAVE ZA PREVOZ SEKANCEV

Za prevoz sekancev od mesta izdelave do pomožnega skladišča ali neposredno do porabnika so poznane različne tehnične možnosti. Pri zasebni proizvodnji manjših količin sekancev za kurjavo je najobičajnejše neposredno nakladanje sekancev na traktorsko prikolico ali polprikolico. Le-ta je lahko priključena na trak-

ter, ki nosi in poganja sekalnik, ali pa jo prevaža drug traktor. Pogoji za uporabo tega preprostega načina je primerna traktorska prometnica ali prevožen teren ter krajša razdalja prevoza (pod 10 km), ki močno vpliva na ekonomičnost prevoza (Skica 8a).

Za zahtevnejše vozne razmere (težji tereni, slabša kakovost prometnice) in še krajše razdalje so primerne posebne žične košare, ki so nameščene na sprednjem ali zadnjem delu traktorja. Te košare, s prostornino 2-4 m<sup>3</sup> sekancev, so nameščene na hidravliko traktorja. To omogoča presipanje (pretovarjanje) sekancev na kupe, v zabojnike na tleh, neposredno na drugo prevozno sredstvo ali v shrambo (Sl.7,8).

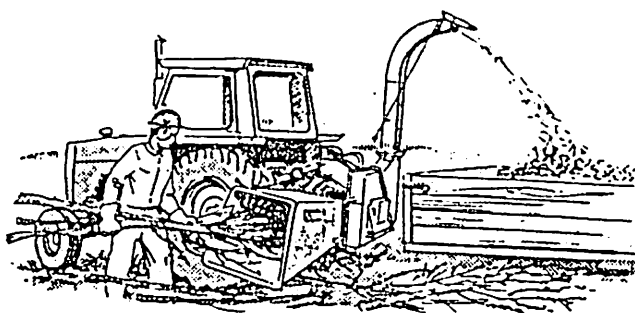
Preprosta rešitev za prevoz sekancev je tudi uporaba večjih plastičnih vreč, ki so obešene na posebno konstrukcijo na hidravličnem mehanizmu traktorja, ali postavljene na majhna in lahka podvozja (polprikolice), ki jih vleče traktor. Napolnjene vreče odlagamo ob prometnici in odvažamo s primernim prevoznim sredstvom (kamionom, zgibnim voznim traktorjem, traktorjem s prikolico ali polprikolico) (Skica 8b).

Večji mobilni strojni sistemi za pridobivanje sekancev imajo ponavadi vgrajene kovinske zabojnike, s prostornino 15-20 m<sup>3</sup>, v katere polnimo in prevažamo sekance. Ti zabojniki so prekucni in zamenljivi, tako, da lahko tovor stresemo na tla, pretresemo v drug zabojnik, ki je na tleh ali na drugem vozilu. Lahko pa tudi napolnjen zabojnik odložimo in naložimo praznega. Vse te možnosti so poznane tudi pri traktorskih prikolicah in polprikolicah ter kamionih in prikolicah (Skica 8c).

Pri tehnološkem sistemu izdelovanja sekancev ob kamionski cesti (na pomožnem skladišču) ponavadi izdelane sekance nalagajo neposredno v nadgradni zabojnik tovornega vozila ali pa v zamenljive zabojnike. Manj primeren in tudi redkeje uporabljen je način, ko sekance odlagajo v kupe na tla, ki jih poprej prekrijejo s polietilensko folijo. Vozilo za prevoz sekancev je opremljeno s hidravličnim nakladalcom z žlico, s katero zajemajo ter nakladajo sekance.

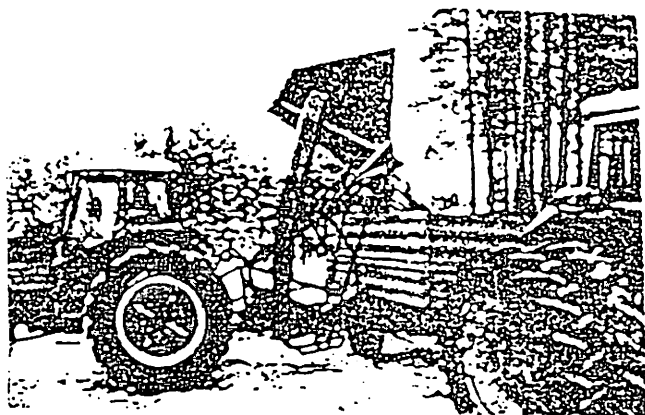
Za prevoz sekancev po cestah, zlasti na večje razdalje, uporabljajo zamenljive ali posebne odprte nadgradne prekucne zabojnike (kesone) s prostornino 30-40 m<sup>3</sup>. V skandinavskih državah, Ameriki in Kanadi prevažajo na kamionu in priklici 2-3 takšne zabojnike, torej naenkrat 80-120 m<sup>3</sup> nasutih sekancev. Le prevoz tolikšnih količin sekancev je ekonomičen tudi pri prevoznih razdaljah do 100 km. Pri energijskih sekancih je prag ekonomičnosti pri razdalji do 80 km.

Načini polnjenja (nakladanja) in prevoza sekancev.



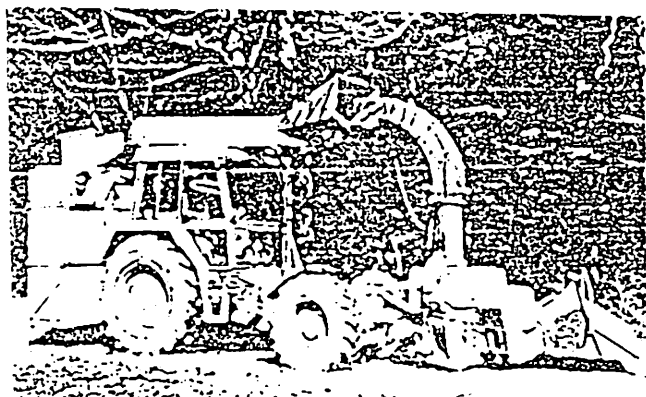
Skica 8a :

Traktorske prikolice in polprikolice, običajno z nadgrajenim kesonom ali z zamenljivim zabojnikom. (Vir : 94)



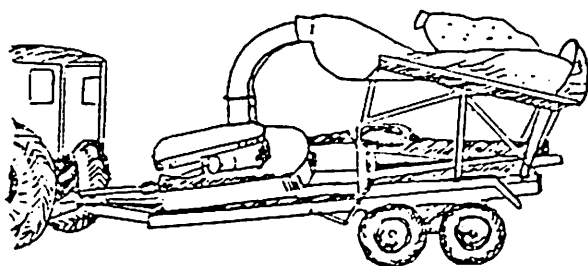
Sl. 7 :

Kovinske in žične košare nameščene na hidravliko traktorja. Prostornina 2 - 4 m<sup>3</sup>. (Vir : 105)



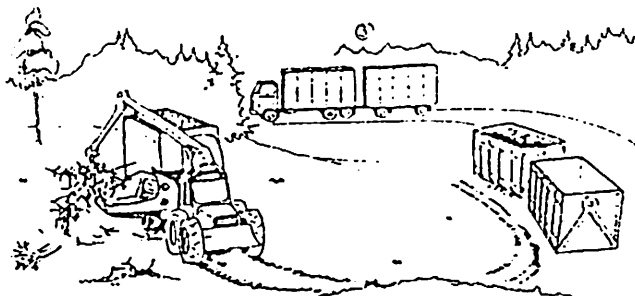
Sl. 8 :

Kovinski zaboj obešen na hidravliko traktorja. Prostornina 3 - 5 m<sup>3</sup>. (Vir : 22)



Skica 8b :

Plastične vreče s prostornino 2 - 3 m<sup>3</sup>. (Vir : 104)



Skica 8c :

Zamenljivi kovinski zabojniki in kamionski kesoni za prevoz sekancev na večje razdalje. Prostornina zabojnikov: 15 - 40 m<sup>3</sup>. (Vir : 96)



## 6. MOŽNOSTI IN NAČINI UPORABE SEČNIH OSTANKOV - BIOMASE

nesetletja trajajoče pomanjkanje lesne surovine v Evropi in še bolj črna prihodnost, vse bolj dragocena energija, propadanje gozdov ter splošna ekološka problematika so zagotovo dovolj prepričljivi razlogi za novo, kakovostnejše vrednotenje gozdov in lesa. Ekologija, energija in varčevanje, v najnižšem pomenu, so danes postali vseh raziskovalnih in razvojnih projektov tudi v gozdarstvu, predelavi in porabi lesa. Poleg intenzivnih prizadevanj za povečanje količin lesne surovine iz vseh možnih virov (kompleksno izkoriščanje biomase iz gozdov, intenzivni nasadi, izraba vseh lesnih ostankov in drugih lignoceluloznih materialov) se največ pozornosti namenja racionalnejšim, surovinsko in energijsko manj zahtevnim tehnologijam predelave in uporabe lesa.

Dosežena stopnja tehnološkega razvoja, ki je plod naštetih prizadevanj, že omogoča izrabo in predelavo vseh vrst drevesne, grmovne in druge biomase v najrazličnejše proizvode, saj je danes poznanih že prek 20 tisoč proizvodov iz lesa.

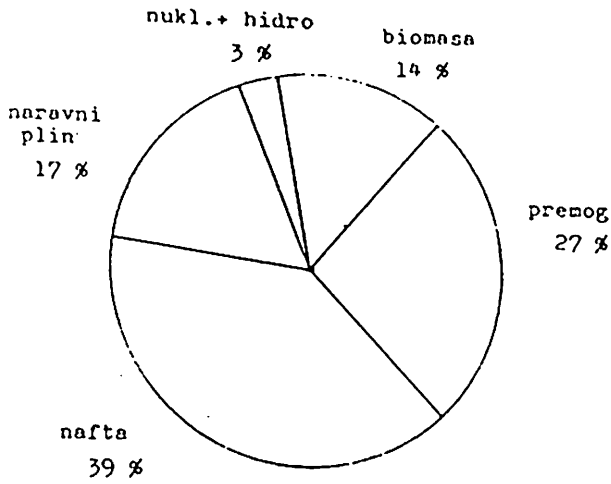
Menimo, da je v naših družbeno gospodarskih razmerah problematika gospodarnейšega pridobivanja, predelave in porabe lesne surovine najbolj pereča na področju energetike in kemične predelave (plošče, vlaknine). V prvem primeru mislimo predvsem na premalo gospodarno, premalo namensko, tehnološko zastarelo in ekološko škodljivo rabo lesa za kurjavo. V drugem pa na kroničen primanjkljaj velikih količin surovine, pa tudi na premajhno tehnološko prilagodljivost pri uporabi nekomercialne surovine (odpadkov in ostankov). Zato bomo v nadaljnih razmišljanjih vso pozornost namenili tema dvema vejama porabe lesne surovine, še posebej zato, ker si tedve področji že sedaj konkurirata (surovinsko prebirata), obenem pa sta tudi najpomembnejša potencialna porabnika sečnih in drugih ostankov.

### 6.1 UPORABA BIOMASE ZA PRIDOBIVANJE ENERGIJE

#### 6.1.1 Pomen biomase kot vir energije v svetu in v Sloveniji

Les je najstarejši vir energije, ki spremlja človeka skozi vso njegovo zgodovino. Čeprav se je delež energije iz lesa (biomase) zlasti še v drugi polovici tega stoletja vseskeri zmanjševal, je bil ta vir v letu 1980 v svetovni porabi energije ( $300 \times 10^9$  GJ) še vedno udeležen z 14% ( $42 \times 10^9$  GJ) (Graf.4). Pomen tega vira se ne spreminja le v času, pač pa še bolj intenzivno v prostoru. Tako je njegov delež v razvitem svetu, ki porabi 56% vse energije, le okoli 1%, v ostalem svetu pa kar 43%. Znano je, da je v nekaterih nerazvitih državah Afrike in Azije lesna in ostale biomase še vedno glavni in največkrat edini vir energije ter imperativ eksistence za prek 2 biljona svetovnega prebivalstva (14).

Graf. 4 : Struktura svetovne porabe energije po virih v letu 1980 (Vir : 14)

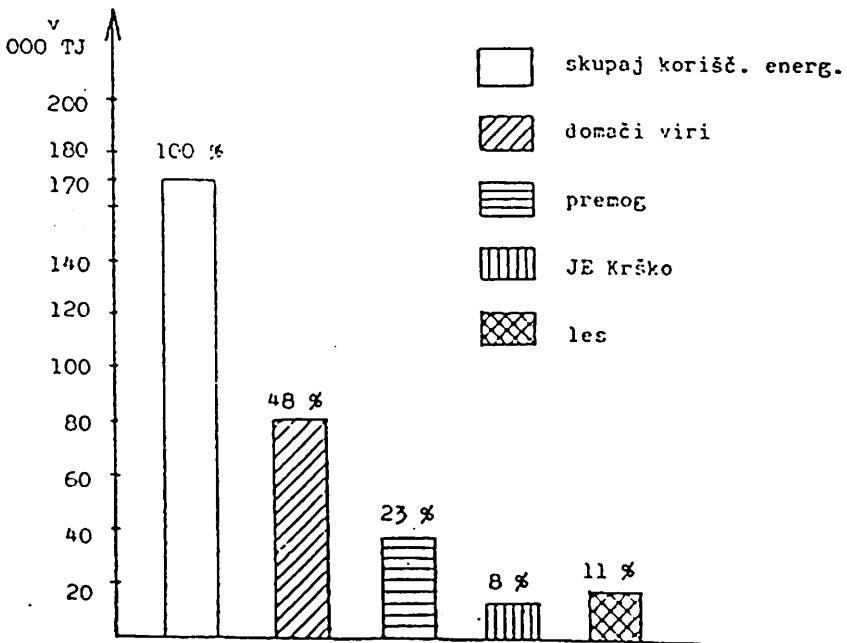


Skupaj svetovna poraba energije :  $300 \times 10^9$  GJ

Energija iz biomase :  $42 \times 10^9$  GJ

Graf. 5 Delež lesa v korišчени energiji Slovenije iz domačih virov in primerjava z nekaterimi drugimi viri.

Leto 1985 (vir : RES, SIS za energ.)



čep rav v splošnem velja, da je les energija rezevov pa ne moremo mimo dejstev, da ima ta vir še vedno pomembno mesto tudi v gospodarsko najrazvitejših deželah. Tako je bilo npr. v letu 1986 v ZDA kar 43% skupne energije pridobljeno iz biomase. V Švedski je bil ta delež 10%, na Finskem 15%. Še mnogo večji pomen pa je namenjen lesni biomasi v številnih in razvojnih projektih in dolgoročnih planih, ki so plod prizadevanj za energijsko neodvisnost in za reševanje ekoloških problemov (14).

Ob koncu tisočletja naj bi v Evropi pridobili iz biomase 5-10% vse energije. Članice EGS-a planirajo 7,5% delež, Kanada 7%, Francija 12%, Švedska 20%, Finska 30%, Anglija 8% itd. Po ocenah in prognozah Mednarodne agencije za energetiko (IEA) in IUFRO organizacije bi lahko ob koncu tisočletja biomasa pokrivala kar 20% svetovnih energijskih potreb (100).

Kolikšni so svetovni energijski potenciali v gozdni biomasi nam pove podatek ameriške raziskave, ki kaže, da je razmerje med svetovno porabo energije in letnim energijskim prirastnim potencialom gozdov 1:5,2. To pomeni, da je energijska vrednost letnega prirastka gozdov 5,2 krat večja kot je letna svetovna poraba energije (99).

Glede na skromnost domačih energijskih virov, še zlasti kakovostnih in ekološko primernih, kar pogojuje trajno in nezanesljivo odvisnost Slovenije od uvožene energije ter glede na relativno bogastvo gozdov in lesa je razumljivo, da je bil les tudi pri nas vseskozi pomemben vir energije. Vse do petdesetih let je znašal njegov delež prek 50%, v šestdesetih letih se je zmanjšal na 25%, v osemdesetih letih pa je bil njegov delež med 5 in 7% vse korišćene energije v Sloveniji. V letu 1986 je bilo npr. od skupne količine korišćene energije, to je 162.857 TJ še vedno 10.800 TJ (11%)(Graf.5) energije iz lesa. Okrog 23% te energije je porabila industrija (lesnoindustrijski ostanki), dobre tri četrtine pa ostala poraba (drva, sečni ostanki). V istem letu je bil delež energije iz JE Krško celo za tretjino manjši (63,87,88).

Realnejšo podobo o pomenu lesa v energijski bilanci Slovenije nam kaže njegov delež v energiji iz domačih virov, ki je blizu 11%. Domačnost pa je zagotovo ena izmed glavnih prednosti tega vira energije, ki jo velja upoštevati.

Pomembnejša kot sama količina in delež energije iz lesa pa so naslednja dejstva, ki jih ne moremo zanemariti:

- Les je domač in obnovljiv vir.
- Proizvodnja lesa je energijsko mnogo racionalnejša kot pri vseh ostalih virih.
- Za proizvodnjo energije je uporaben tudi ves odslužen in odpaden les (večkratna uporaba, in odpadkov).

- Je relativno čist vir energije (brez žvepla, majhne količine uporabnega pepela, brez nevarnosti onesnaženja tal in vode).
- Je povsod na voljo, zato ni potreben prevoz na dolge razdalje (stroški transporta, izgube pri prenosu energije). Je edini zamenljiv vir v slučaju izrednih razmer (vojne, naravne katastrofe).
- Je nezamenljiv in eksistenčno pomemben vir za določena območja in populacije prebivalstva (podeželje, kmečka gospodinjstva in gospodarstva, lastniki gozdov).

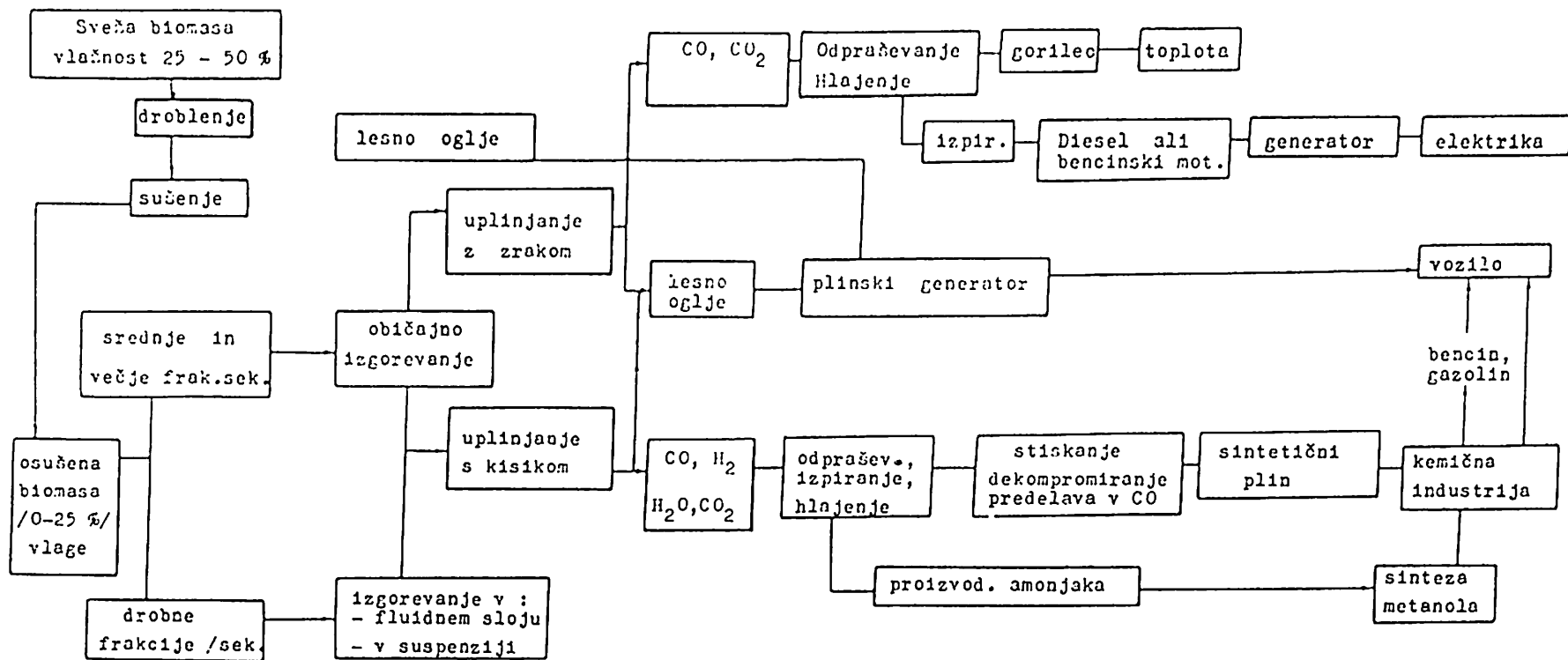
Menimo, da je prav to zadnje dejstvo tisti dejavnik, ki ga vse preradi zamenjamo. Običajno upoštevamo le absolutne in relativne kazalce in številke, ki v okviru celotne slovenske energetike res ne pomenijo veliko. Pri tem pa zanemarjamo da:

- V Sloveniji porabimo za energijske namene 1,3 - 1,5 milijona m<sup>3</sup> lesa (drva, lesni ostanki, lesnoindustrijski ostanki).
- Za prek 100.000 slovenskih gospodinjstev (petina) je les osnovni vir energije za ogrevanje in kuhanje. S tehničnega, ekonomskega pa tudi ekološkega vidika so možnosti substitucije z drugimi viri nerealne ter iz širše družbenega vidika neracionalne, vsaj v doglednem času.
- V Sloveniji imamo 250 tisoč zasebnih lastnikov gozdov. Samooskrba z energijo in odprodaja tržnih viškov je za to populacijo pomembna socialna - ekonomska sestavina obstoja in skladnejšega razvoja, zlasti še v manj razvitih območjih.

## 6.2. OBLIKE IN VESTE KURIVA TER ENERGIJE IZ LESNE BIOMASE

Neposredno sežiganje lesa oziroma kurjenje z lesom v obliki kosov različnih dimenzij (drv) je najstarejši in najpogostejši način pridobivanja energije. Tehnično-tehnološko omejene možnosti neposredne uporabe takšne oblike kuriva in energije, zlasti kot pogonsko energijo ter problemi pri transportu na večje razdalje pa zahtevajo poprejšnjo predelavo biomase in energije v tehničnim napravam in potrebam prilagojene oblike. Čimvečji izkoristki pri predelavi in uporabi, čistost energije in možnost samodejnega delovanja so postulati vseh sodobnih prizadevanj na področju uporabe biomase za energijske namene. Tako so danes že poznani številni mehanski, kemični in biološki postopki, ki omogočajo pretvorbo lesne biomase v vse oblike kuriv (trdna, tekoča, plinasta) in energije (toplotna, pogonska, električna, tehnološka itd.) Na lesno biomaso danes v svetu že obratujejo številne elektrarne in toplotarne. Iz lesne in druge rastlinske biomase sintetizirana goriva poganjajo po svetu že več milijonov vozil (Brazilija).

Skica 9 : Termokemični postopki predelave lesne biomase in uporabnost proizvodov



Za večino poznanih tehnoloških postopkov z visoko stopnjo predelave biomase, zlasti v plinaste in tekoče derivate, je značilno, da so še vedno energijsko zahtevni in dragi. Z enostranskega ekonomskega vidika še vedno velja, da je energija iz lesa konkurenčna nafti le pri neposredni uporabi, oziroma pri minimalni mehanski predelavi. Glede na intenzivne in številne raziskovalne in razvojne projekte v tehnološko razvitem svetu pa lahko že v bližnji prihodnosti pričakujemo tudi ekonomično nadomeščanje nafte in drugih, zlasti ekološko oporečnih goriv, s proizvodi iz biomase. Med znanstveno tehnološkimi vejami na tem področju veliko obetata biotehnologija in bioinženiring.

V priloženi shemi (Skica 9) so razvidni nekateri termokemični tehnološki postopki predelave in načini uporabe energije iz lesne biomase.

Vsi postopki z visoko stopnjo predelave biomase v plinaste in tekoče energijske vire so gospodarni pri velikih in konstantnih količinah surovine. Glede na našo stvarnost za nas nimajo večjega praktičnega pomena. Zato bomo našo pozornost namenili predvsem neposredni uporabi lesne biomase.

### 6.2.1 Neposredna uporaba lesa za pridobivanje energije

Za neposredno uporabo v energijske namene so uporabne vse vrste lesa, vsi sečni in lesnoindustrijski ter drugi ostanki in odpadki. Skupna značilnost vseh lesnih ostankov in odpadkov je, da so zelo heterogeni po obliki in drugih fizikalnih ter kemičnih lastnostih. Še posebej raznoliki so sečni ostanki, ki jih karakterizirajo zlasti:

- Heterogenost oblik in zgradbe (različne drevesne vrste, različni deli drevesa, različne dimenzije).
- Velika voluminoznost: volumenska masa sečnih ostankov je med 150 in 700 kg/m<sup>3</sup>.
- Vlažnost: vsebnost vode v svežem lesu se giblje v zelo širokem intervalu med 30 in 100%, v povprečju med 40-50%.
- Relativno majhna količina energije po enoti mase ali volumna v primerjavi z drugimi viri (les:nafta = 1:4).
- Nagnjenost k razkroju (trohnenju, gnitju) pod vplivom različnih dejavnikov biotske in abiotske narave.

Vse navedene lastnosti pa so odločilne tako pri pridobivanju in pripravi kot tudi pri uporabi lesa za kurjavo.

Pri homogenejših lesnih ostankih in odpadkih kot so npr.: lubje, žagovina, skoblanci, sekanci itd., ki nastajajo pri primarni, finalni in kemični predelavi lesa, neposredna uporaba danes ne povzroča večjih težav, ne v tehnično-tehnološkem in ne v ekonomskem pomenu.

Glede na navedene negativne lastnosti lesnega kuriva je razumljivo, da tudi neposredna uporaba zahteva vsaj minimalno predelavo kuriva. Način in intenzivnost priprave kuriva pa nam običajno narekuje več dejavnikov:

- Vrsta in oblika surovine (sednih ostankov).
- Razpoložljiva tehnična sredstva pri pridobivanju.
- Vrsta kurilne tehnike in namen proizvodnje energije (ogrevanje, kuhanje, sanitarna voda, tehnološka in pogonska energija).
- Zahteve glede lagodnosti pridobivanja energije (mehaniziranost, samodejnost).
- Poznavanje in upoštevanje osnovnih zakonitosti v smislu gospodarne in optimalne rabe energije (optimalni izkoristki, čistost energije).

Poenotenje oblike in zmanjšanje voluminoznosti sta dejavnika, ki odločilno vplivata na gospodarnost pridobivanja energije iz lesa. To velja za vse faze, še zlasti za transport, dodelavo in uporabo lesnega kuriva. Ta dejstva v naši praksi, predvsem pri zasebni porabi, vse premalo upoštevamo. Vse preveč odločilne so navade - tradicija. Posledice so negospodarna, potratna poraba lesa, ter draga in tudi relativno nečista energija.

Izenačenje oblik in zmanjšanje voluminarosti lahko dosežemo na različne načine. Tako so v vsakdanji praksi tudi poznane in uporabljene različne oblike oziroma načini poenotenja.

## 6.2.2 Mehanska in kemična predelava lesnega kuriva

### 6.2.2.1 Izdelovanje cepanic, okroglic, sekanic, kratic, klad polen in butar (Sl.9,10)

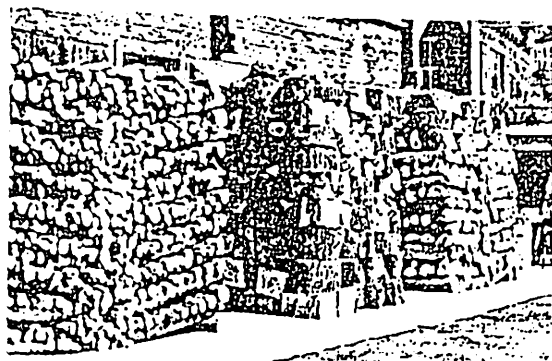
Za vse naštetih oblike lesnega kuriva je značilno:

- Izdelovanje je delovno naporno in zamudno. Raziskave so pokazale, da potrebujemo za pripravo enoletnih zalog kurjave za individualno stanovanjsko hišo (cca 15 m<sup>3</sup>) kar 10-15 delovnih dni.
- Ker običajno pri prežagovanju uporabljamo motorno žago porabimo pri tem veliko energije. Občuten je tudi delež odpadka (žagovina).
- Takšne oblike lesnega kuriva so primerne le za ročno kurjenje. Mehanizirano dodajanje ali avtomatizacija celotnega sistema ni možna.
- Izkoristki ogrevnih moči lesnega kuriva so nizki, še posebej v tehnološko zastarelih in slabo vzdrževanih napravah ali v napravah, ki so konstruirane za druga trdna kuriva ali kombinirana. Ugotovljeno je, da v takšnih napravah izkoristimo le 30-60 % energije. V sodobnih, lesnemu kurivu posebej prirejenih napravah je izkoristek 85 in več odstotkov (92,100).

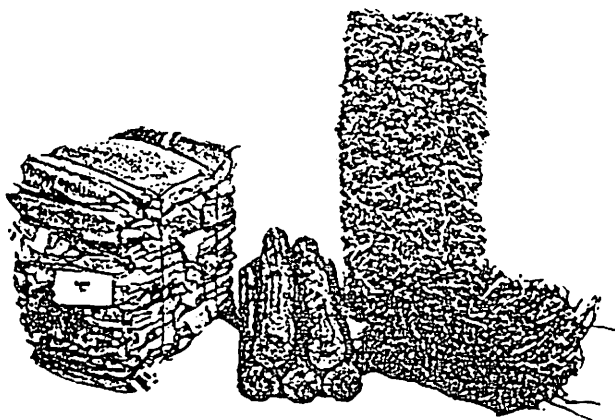
Načini mehanske predelave in oblika kuriva iz biomase.



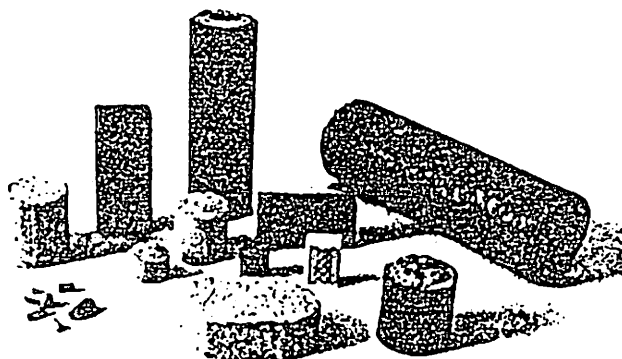
Sl. 9 :  
Cepanice, polena,  
butare... (Vir:94)



Sl. 10 :  
Okroglice, klade...  
(Vir : 105)



Sl. 11 : Bale... (Vir : 105)



Sl. 12: Briketi, peleti...  
(foto: I. Smolej)



Sl.13a : Lesni sekanci  
(Vir : 105)



Sl.13b: Zeleni sekanci  
(Vir : 105)

a b c d



Sl.14 : Grobi (a,b) in drobni (c) lesni sekanci, lubje (d)  
(Vir : 105)



Kot smo že omenili je ročna priprava večletih oblik kuriva naporna, zamudna in tudi nevarna. Mehaniziranost teh del je v zadnjih letih močno napredovala. Zlasti številni in različni so stroji za cepenje polen ter kombinirani stroji za cepenje in prežagovanje. S temi stroji lahko izdelamo enoletno zalogo drv v nekaj urah.

#### 6.2.2.2 Stiskanje drobne biomase v bale, brikete in palete (Sl.11, 12)

Prednosti teh postopkov so:

- Omogočajo predelavo in racionalno uporabo vseh vrst organskih ostankov in odpadkov (les, lubje, karton in papir, slama itd).
- Voluminoznost se zmanjša za 80-90%. Volumenska masa neizdelanih drobnih ostankov je le 150-350 kg/m<sup>3</sup>, pri balirani in v brikete predelani biomasi se le-ta poveča na 700-1400 kg/m<sup>3</sup>. Vse to pa odločilno vpliva na racionalizacijo prevoza, skladiščenja in porabe.
- Z briketiranjem dosežemo visoko stopnjo homogenizacije kuriva, kar je odločilno za čisto in optimalno gorenje ter tudi samodejno delovanje energetskih naprav in celotnih sistemov.
- Ogrevna moč kuriva se poveča, saj imajo briketi v povprečju ogrevno moč med 17 in 20 MJ/kg. V proizvodnem procesu se namreč vlažnost biomase, ki je odločilen dejavnik kurilnosti, zmanjša na 8-10%. Nepredelano lesno kurivo pa običajno uporabljamo z vlažnostjo 25-30%, pri kateri ima ogrevno moč le med 12-15 MJ/kg.
- Stisnjena biomasa počasnejše in enakomernejše izgoreva. Polnjenje (nalaganje) v kurišče je manj pogosto, izkoristki ogrevnih moči so za 20-30% višji kot pri nestisnjeni biomasi
- Briketi so primerno kurivo za ročno in v večjih napravah tudi za samodejno kurjenje. Uporabni so za vse vrste peči in kotlov ter vse vrste kurišč, ki so prirejena za trda goriva ali kombinirana.
- Ekološko so briketi iz lesne biomase relativno (v primerjavi s premogom in nepredelanim lesnim kurivom) čisto kurivo. Vsebujejo le neznamenit delež žvepla (< 0,1%), trdnih pračnih delcev v dimnih plinih (< 50 mg/Nm<sup>3</sup>) in pepela (< 3,0%).
- Brikete je mogoče priročno embalirati, kar je pomembna prednost pri prevozu, shranjevanju in sprotnem nakupu. Zato so primerno kurivo zlasti za porabnike v mestih, kjer običajno manjka prostor za skladiščenje.

Proizvodnja briketov je sicer stara že dobrih 50 let. Vendar je sedanja tehnologija močno izpopolnjena, predvsem v smislu večje kakovosti proizvodov (večja volumna gostota, večja obstojnost, večja kurilnost) in čistosti (brez lepil). To omogočajo visoki pritiski in povečana temperatura v stiskalnicah, pod vplivom katerih se reaktivira adhezijska sposobnost lignina.

Za naše razmere je najbolj realna surovina za briketiranje lubje iglavcev iz centralnih mehaniziranih skladišč. Zato si oglejmo nekaj pomembnejših lokalcev proizvodnje briketov iz lubja, ki smo jih ugotovili v naših raziskavah v letu 1986:

V Sloveniji nastane letno okoli 100.000 ton lubja (bruto masa). Energijska vrednost tega lubja (kurilna vrednost lubja pri vlažnosti 50% je 8 MJ/kg) je 800 TJ, kar je ekvivalentno 20.000 ton nafte.

Za proizvodnjo 1 tone briketov, ki vsebuje 18 GJ energije, porabimo (65):

- 1,7 ton lubja,
- 0,3 GJ pogonske energije (elektromotorji),
- 3,4 GJ tehnološke (toplotne) energije za sušenje lubja.

Pridobljena neto energija je 14,3 GJ/tono briketov, oziroma 8,4 GJ/tono lubja.

Briketi iz biomase se v zadnjem desetletju na našem tržišču spet vse bolj uveljavljajo in so tudi splošno poznano in cenjeno kurivo pri porabnikih. Manj poznani pa so pri nas t.im.peleti, ki jih v novejšem času masovno proizvajajo v tehnološko razvitem svetu. V bistvu gre tu za briquete manjših dimenzij, praviloma valjaste oblike, premera 8-25 mm in dolžine 15-30 mm. Briketi pa so običajno večjih dimenzij, do 10 cm premera, do 30 cm dolgi in različnih oblik (valji, kvadri, prizma in drugo). Razlika je tudi v tehnologiji, ki je pri izdelavi peletov, po načinu delovanja, enaka kot pri mesoreznici.

Pelete proizvajajo iz manjvredne lesne biomase, (žagovina, ostrožki, lesni prah, lubje, iz ostankov pri kmetijski proizvodnji (pleve, slama, senčnice, oljna repica) iz komunalnih in drugih odpadkov (papir, karton, tekstil, plastika) ter iz šote in trtičja.

V primerjavi z briketi je osnovna prednost peletov v njihovi majhnosti, kar omogoča tudi pri energetskih napravah majhnih zmogljivosti (< 100 kW) docela samodejno delovanje.

#### 6.2.2.3 Predelava biomase v sekance (Sl.13a,b, 14a,b,c)

Tehnologija predelave sečnih in drugih lesnih ostankov v sekance je učinkovit in energijsko varčen način za izenačenje in zmanjšanje voluminoznosti pri drobni drevesni in grmovni biomasi. Prvi poskusi segajo že v šestdeseta leta, nagel tehnološki razvoj in splošno uveljavitev v praksi pa je v svetu doživela v

zadnjih 15 letih. Kljub prizadevanju gozdarskega inštituta in proizvajalcev ustrezne tehnike ter kljub očitnim prenostim, ki jih ima, smo v Sloveniji ostali le pri posameznih poizkusih.

Prednosti te tehnologije, oziroma lesnega kuriva v obliki sekancev so:

- Omogoča celostno izrabo vse drevesne in grmovne biomase, tudi najtanjših drevesc in vej, ki jih običajno puščamo v gozdu. To pomeni v povprečju od 15-30% več pridobljene lesne surovine, predvsem za energijske namene, posredno pa tudi za tehnološko izrabo (substitucija sedanjih drv z sečnimi ostanki).

- S predelavo sečnih ostankov v sekance racionaliziramo celoten proizvodni proces pridobivanja lesa. Iz proizvodnega procesa izločimo več delovnih opravil in postopkov kot so npr. klešččenje, prežagovanje, ročno sekanje, ceplenje, nakladanje, zlaganje v skladovnice itd. Vsa ta opravila so ergonomsko in energijsko zahtevna ter draga. Znano je, da je klešččenje drobnega drevja, zlasti iglavcev, eno izmed najzahtevnejših in najdražjih opravil, saj zanj porabimo tudi 60 in več odstotkov časa pri izdelavi drobnega lesa. Z izenačenjem in kompaktiranjem drobne biomase že v prvi fazi proizvodnega procesa dosežemo tudi racionalizacijo transporta in drugih opravil.

- Sekanci niso le primerna oblika lesnega kuriva, ki omogoča samodejno in racionalno porabo sečnih in drugih ostankov. So tudi proizvod ali polproizvod za številne druge načine predelave in namene uporabe: za industrijo celuloze in plošč, metalurgijo, kemično in farmacevtsko industrijo, proizvodnjo krmil, kompostiranje, mulčenje itd.

Glede na uporabnost, velikost, sestavo in druge značilnosti ločimo več vrst gozdnih lesnih sekancev, in sicer:

- a. Po namenu uporabe:
  - tehnološki (lesne plošče, vlaknine, metalurgija, farmacija, živilska industrija itd),
  - energijski (neposredna kurjava, predelava v brikete, pelete, oglje, tekoča in plinasta goriva),
  - biološki (kompostiranje, mulčenje, protierozijska zaščita).
- b. Po velikosti:
  - drobni (5-25(30) mm),
  - grobi (25 in več mm).
- c. Po sestavi (čistosti):
  - zeleni (iz celih dreves, skupaj z listjem-iglicami, poganjki),
  - rjavi (iz lesa v lubju, brez zelene biomase),
  - beli ali čisti (brez nelesnih primesi, največ do 1% lubja).

#### 6.2.2.4 Predelava biomase v lesno oglje - pooglejevanje, suha destilacija lesa

Gre za najstarejši način kemične predelave, ki omogoča izrabo manj vrednega lesa, še zlasti v težko dostopnih in slabo odprtih gozdovih. Poznani so različni načini in naprave za pooglejevanje: v jamah, v kopah, v prenosnih ter stabilnih pečeh, oz. retortah. Za vse starejše načine proizvodnje lesnega oglja, še posebej tedaj, ko ne izkoriščamo destilate (tekoče in plinasti frakcije) je bil značilen nizek izkoristek potencialne energije v lesu (25-30%) in dolgotrajen proces (do 30 dni). V sodobnih napravah, tudi v prenosnih, izkoriščajo vse destilate. Proces traja le nekaj ur, izkoristek potencialne energije pa je do 95%.

V splošnem so prednosti pooglejevanja lesa te-le:

- Ogrevna moč se po enoti mase (teže) dvakratno poveča.
- Prostornina kuriva se zmanjša za polovico, masa na tretjino.
- V kotlih in retortah pridobimo številne stranske produkte: metilni alkohol, špirit, ocetno kislino, terpentini, aceton, katran in plinaste frakcije.
- V ekološkem smislu je lesno oglje čistejšo kurivo kot nepredelani les.
- Možna je izraba sečnih ostankov v težje dostopnih in neodprtih predelih.

V novejšem obdobju se ta vir energije iz lesa tudi v razvitem svetu ponovno uveljavlja. Še posebno pozornost namenjajo vodni emulziji mešanice nafte in prahu iz oglja, v razmerju 50% nafte, 30% oglja in 30% vode, in sicer kot tekoče gorivo za pogon motorjev z notranjim izgorevanjem in tudi kot kurivo namesto mazuta.

V Sloveniji ta dejavnost počasi tone v pozabo in smo pretežno odvisni od uvoza oglja in tudi drugih destilatov. Menimo, da bi moralo gozdarstvo tej dejavnosti nameniti več pozornosti.

### 6.3 GLAVNE FIZIKALNO-KEMIČNE LASTNOSTI DREVESNE BIOMASE KOT KURIVA

Osnovne značilnosti lesnega kuriva so:

- kemična zgradba,
- ogrevna (toplotna, kalorična) moč (vrednost),
- temperatura vžiga in
- temperatura gorenja

Oglejmo si le najpomembnejše lastnosti, ki imajo tudi praktičen pomen

### 6.3.1 Kemična zgradba:

Glede elementne sestave absolutno suhe lesne snovi med lesovi različnih drevesnih vrst ni tolikšnih razlik, da bi odločilno vplivale na razlike v kurilnosti različnih lesov.

Povprečne vrednosti in razponi osnovnih sestavnih elementov lesa so naslednje (v masnih % suhe lesne snovi):

	C	H	O	N	pepel
povprečne vrednosti:	49,6	5,9	44,0	0,2	0,3
razpon:	48,5-50,2	6,1-6,9	40,6-45,0	0,3-0,5	0,3-7,1

Razlike v kemični zgradbi pogojujejo številni dejavniki:

- rastišče,
- drevesna vrsta,
- starost,
- letni čas,
- sestavni deli drevesa (deblo, korenine, veje, listje-iglice),
- fiziološko stanje drevesa in lesa.

Osnovne sestavine, ki so pomembne za kurilno moč lesa so trije ratlinski polimeri:

**Celuloza:** Je polimer glukoze s splošno formulo  $(C_6H_{10}O_5)_n$ . V lesu je v obliki mikrofibrilov, ki gradijo drevesni skelet. Vsebnost celuloze v lesu je 40-52%. Delež celuloze je pomemben za celulozno industrijo.

**Hemiceluloza:** Sestavlja 10-30% lesa. Je molekularni kompleks na osnovi monomerov C6 (heksoz) ali C5 (pentoz), ki se vgrajeni v celične stene in vežejo celulozo in lignin.

**Lignin:** Vsebnost 20-25% lesa. Je mešanica fenolnih polimerov, ki pogojuje trdnost in druge mehanske lastnosti lesa.

**Druge organske in mineralne snovi:** Organske snovi so proteini (1,2-1,9%) in smole (0,7-3,2%), anorganske pa različne mineralne soli ( $K_2O$ ),  $Na_2O$ ,  $MgO$ ,  $CaO$ ,  $P_2O_5$ ,  $SO_3$ ,  $SiO_2$ ) in dušik. Le-te tvorijo negorljivi ostanek - pepel. Delež pepela (mineralnih snovi) varira pod vplivom številnih dejavnikov. Za les kot kurivo običajno upoštevamo 2-3 odstotni delež pepela. Za lesno kurivo iz različnih delov drevesa pa tele deleže (masni deleži suhe snovi)(52):

- listje: 7%
- lubje: 3-4%
- vejevine: 0,3%
- deblovina: 0,3%

Prikazani deleži veljajo le za čisto lesno kurivo, brez primari energiji (kamenje, zemlja), zato je stvarni delež pepela lahko nekaj odstotkov večji.

Delež žvepla, ki je najpomembnejši polutant pri fosilnih gorivih je v lesu neznačen, največ nekaj desetink odstotka. Le 5-10% žvepla je gorljivega, ostali del ostane vezan v pepelu.

### 6.3.2 Ogrevna moč lesnega kuriva

Je najpomembnejša in močno variabilna značilnost lesnega kuriva, ki poleg tehnike kurjenja odločilno vpliva na gospodarnost in ekološko čistost pridobivanja energije. Izražamo jo v količini toplote, ki jo odda 1 kg popolnoma izgorelega lesa, in sicer v kiložulih na 1 kg kuriva (kJ/kg). Višje enote (tisočkratniki =  $10^3$ ) si sledijo v takšenmle zaporedju:

1 KJ (kiložul) = 1000 J (=  $10^3$  J)  
1 MJ (megažul) =  $10^3$  KJ =  $10^6$  J  
1 GJ (gigažul) =  $10^3$  MJ =  $10^9$  J  
1 TJ (teražul) =  $10^3$  GJ =  $10^6$  MJ =  $10^{12}$  J

Uporaba merske enote Kcal (kilokalorija) po letu 1980 ni več dovoljena (1 Kcal = 4,1863 KJ).

Na ogrevno moč lesa vplivajo:

- kemična zgradba,
- vlažnost lesa (vsebnost vode),
- volumenska masa,
- oblika lesnega kuriva,
- ohranjenost (zdravost) lesa

Kemična zgradba vpliva zaradi različnih toplotnih vrednosti gorljivih elementov. Te te so naslednje:

- ogljik: 33,913 MJ/kg
- kisik: 119,205 MJ/kg
- žveplo: 13,860 MJ/kg

Navedene vrednosti veljajo le pri popolnem izgorevanju, kjer so produkti izgorevanja  $CO_2$ ,  $H_2O$  in  $SO_2$ . Pri nepopolnem gorenju, kjer nastajajo CO in  $SO_2$  pa so vrednosti znatno nižje, in sicer:

pri ogljiku: 10,215 MJ/kg  
pri žveplu: 9,420 MJ/kg

Iz navedenega je očitno, da nepopolno izgorevanje lesa ne pomeni le manj energije, temveč tudi močno povečano izločanje polutantov (CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> in drugi).

Ogrevna moč lesa je tem večja čim večji je delež ogljika, ostroma lignina, saj ima lignin ogrevnost 25,12 MJ/kg, celuloza pa le 17,30 MJ/kg. V splošnem ima les iglavcev več lignina in ogljika, vsebuje pa tudi smole. Zato ima po enoti mase večjo ogrevno moč kot les listavcev.

Ločimo zgornjo in spodnjo ogrevno vrednost lesa. Zgornja vrednost je tista količina toplote, ki jo odda 1 kg absolutno suhega in popolnoma izgorelega lesa. Spodnja ogrevna moč pa je količina toplote, ki jo les odda pri določeni stopnji vlažnosti. Ta je nižja za količino toplote, ki se potroši za izparenje vsebovane vode. Za izparenje 1 kg vode pa je potrebno 2,25 MJ toplote. Praktično to pomeni, da je učinek kurjenja z lesom, ki vsebuje nad 85% vode (glede na bruto maso), ničel.

### 6.3.3 Vlažnost lesa in določanje stopnje vlažnosti

Vlačnost je odločilen dejavnik, ki vpliva na ogrevnost lesa ter s tem tudi na gospodarnost in čistost kurjenja z lesom. S tem pojmom običajno razumemo masni (težinski) delež vode v lesu izražen v % in sicer v razmerju z maso suhe snovi (atro masa) ali pa razmerju z bruto lesno maso (les + voda).

V prvem primeru govorimo o tehničnem odstotku vlage v drugem pa o standardnem odstotku vlage.

Tabela 3: Kurilne vrednosti, volumenske mase in količine toplote po volumenskih enotah za nekatere pomembnejše drevesne vrste (Viri: 3,13,14,22,52,91,93)

Drevesna vrsta	Ogrevna moč ( v MJ/kg)		volumenska masa (W 15)			Količina toplote (W 15)		
	(W 0)	W 15	kg/m <sup>3</sup>			GJ/m <sup>3</sup>		
b.gaber	17,01	13,31	540	830	960	7,187	11,047	11,447
bukev	18,82	14,84	540	720	910	8,014	10,685	13,504
hrast	18,38	14,44	430	690	960	6,209	9,964	13,862
jesen	17,91	13,98	450	690	860	6,291	9,646	12,023
brest	-	14,70	480	680	860	7,056	9,996	12,642
javor	17,51	13,73	530	630	790	7,277	8,650	10,847
breza	19,49	15,43	510	650	830	7,869	10,029	12,807
jelša	18,07	14,21	490	550	640	6,963	7,815	9,094
topol	17,26	13,52	410	450	560	5,543	6,084	7,571
povpr.listavci	17,99	14,10	-	-	-	4,914	8,985	13,852
sareka	19,66	15,60	330	470	680	5,148	7,332	10,608
jelka	19,49	15,45	350	450	750	5,407	6,952	11,587
bor	21,21	16,96	330	520	890	5,597	8,819	15,094
acesen	16,93	14,86	440	590	850	6,538	8,767	12,631
povpr.iglavci	19,49	15,70	-	-	-	5,184	7,737	15,094

Tabela 4: Relativna primerjava (rang) kurilnih vrednosti lesa različnih drevesnih vrst pri enaki stopnji vlažnosti ( $M_0$ ), na osnovi (52,91):

a. enake mase

listavci: breza	92	iglavci: r.bor	100
bukev	89	sareka	93
hrast	86	jelka	92
jelša	85	acesen	80
jesen	84	povpr.	92
javor	83		
topol	81		
b.gaber	80		
povpr.	85		

b. enakega voluana

listavci: b.gaber	100	iglavci: r.bor	80
bukev	97	acesen	79
breza	91	sareka	66
hrast	90	jelka	63
brest	90	povpr.	70
javor	78		
jelša	71		
jesen	57		
topol	55		
povpr.	81		

Vlačnost lesa izračunavamo s pomočjo obrazcev:

$$W\% = \frac{M_V - M_0}{M_0} \cdot 100 = \text{tehnični \%}$$

in

$$U\% = \frac{M_V - M_0}{M_0} \cdot 100 = \text{standardni \%}$$

Tu je:

$M_V$  = masa vlažnega lesa (bruto, les + voda)  
 $M_0$  = masa suhega lesa (atro) = standardno suh les.  
 $M_V - M_0$  = masa vode.

Soodvisnost obeh vrednosti pa je takale:

$$W = \frac{U}{1+U}, \text{ oziroma } U = \frac{W}{1-W}$$

Masa suhega lesa (vzorca) ugotovimo s pomočjo sušenja po standardni metodi (pri temperaturi  $103 \pm 2$  °C sušimo do konstantne mase).

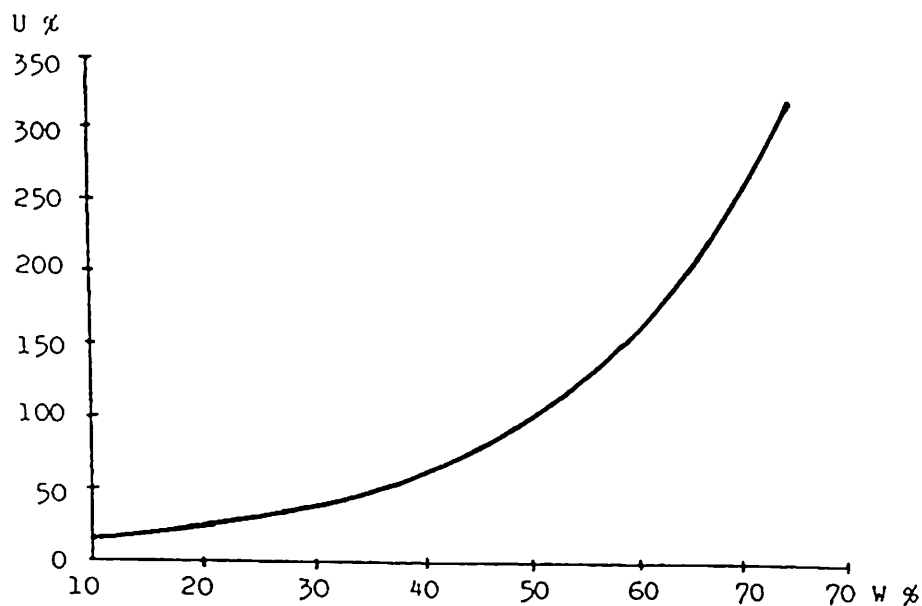
Pri energijski valorizaciji lesa in biomase običajno uporabljamo vrednost  $W$ , torej vsebnost vode glede na bruto maso lesa (tehnični %).

Soodvisnost obeh vrednosti je prikazana v grafikonu 6, nekatere najpogosteje uporabljane vrednosti (ekvivalenti) pa v naslednji preglednici:



W	10	15	20	25	30	35	40	50	60
U	11.1	17.6	25.0	33.3	42.9	53.8	66.7	100.0	150.0

Graf.6 : Soodvisnost med tehničnim (W) in standardnim (U) odstotkom vlage v lesu



Vsebnost vode v lesu stoječega (živega) drevja se giblje v širokem intervalu med 30 in 100 %. V splošnem je te-ta pri listavcih večja kot pri iglavcih. Točka zasičenosti lesnih vlaken pri našem drevju je pri vlažnosti okrog 30%. Za praktične potrebe so pomembne te stopnje vlažnosti:

- svež les: 40 % vlage, približno do 1 mesec po poseku
- gozdno suh les: 20-40% (popr.30%) vode (6 mesecev po sočnji),
- zračno suh les: 15-20% vode,
- sobno suh les: 8-15% vode,
- absolutno suh les: (0 %) vode

#### 6.3.4 Volumenska masa in zdravost lesnega kuriva

To sta pomembni lastnosti lesnega kuriva, saj odločilno vplivata na količino pridobljene toplote, intenzivnost (pirometrijski efekt) in trajanje gorenja. Vsi ti elementi pa so pomembni za namen, gospodarnost in čistost pridobivanja in uporabe energije iz lesa.

V plinam je les iglavcev in mehkih listavcev učinkovitejši v primerih, ko potrebujemo hitro, kratkotrajno in visoko temperaturo (kuhanje, pečenje, steklarne, apnenice), les trdih listavcev pa za ogrevanje.

Is prikazanih absolutnih in relativnih kazalcev v tabelah 3 in 4. je razviden tudi vpliv volumenske mase na ogrevno moč lesa pri različnih pomembnejših drevesnih vrstah. Analiza prikazanih ogrevnih moči nam pokaže, da je variabilnost kurilnih vrednosti med lesovi različnih drevesnih vrst razmeroma majhna. Pri listavcih so razlike med  $-6$  in  $+8\%$  in pri iglavcih med  $-13\%$  in  $+9\%$ . Večji vpliv na variabilnost ogrevnih vrednosti pa ima volumenska masa v okviru iste drevesne vrste. Povprečno za vse listavce so razlike ogrevnih moči za 25% manjše in za 23% večje od srednjih vrednosti. Pri iglavcih so te razlike v intervalu med  $-30$  in  $+56\%$ , povprečno za vse vrste pa med  $-30$  in  $+40\%$ .

Is relativnega prikaza (rangiranja) drevesnih vrst po kalorični vrednosti (tab.4) lahko ugotovimo energijsko uporabnost in vrednost lesov različnih drevesnih vrst, in sicer glede na vrsto merske enote. Če merimo les v volumenski enoti ( $m^3$ , prm) je najvrednejši les b.gabra, bukve in breze, najmanj pa jesenov in topolov les. Pri merjenju po masi pa je najvrednejši les r.bora, smreke in breze, najslabši pa les macesna in b.gabra.

Is razvrstitvev pa ne velja v primeru zahtev po posebnih učinkih, kot je npr. visoka temperatura. Odvisno od vlažnosti, vrste in oblike kuriva iz lesa ter vrste, kakovosti tehnike in tehnologije kurjenja je pirometrijski efekt (najvišja temperatura gorenja) med 770 in 1200 °C. Posamezni lesovi imajo te relative vrednosti (91):

listavci:	javor	100	iglavci:	bor	89
	bukev	87		macesen	72
	jesen	87			
	gaber	85		jelka	63
	hrast	75			
	brest	72			
	breza	68			
	lipa	55			
	topol	39			

Vidimo, da je za takšen učinek najprimernejši les javorja in r.bora, najslabši pa les lipa in topole.

#### 6.4 UGOTAVLJANJE KURILNOSTI LESNEGA KURIVA

Ogrevna moč je količina toplote, ki jo da popolnoma izgorela volumenska ali masna enota lesa pri konstantnem pritisku. Če v to količino štejemo tudi količino toplote, ki je potrebna za konden-

racije vode je to zgornja vrednost, brez te količine pa spodnja vrednost ogrevne moči. Spodnja kurilna vrednost je torej enaka zgornji, zmanjšani za količino toplote potrebne za izparitev vode:

$$H_s = H_i - 2,25 W \text{ (MJ/kg) ali}$$

$$H_i = H_s + 2,25 W \text{ (MJ/kg) , kjer pomeni:}$$

$H_s$  = spodnja vrednost ogrevne moči v MJ/kg

$H_i$  = zgornja vrednost ogrevne moči v MJ/kg

$W$  = vlažnost v % (na bruto maso)

Običajno ogrevne vrednosti določamo z vzorčenjem v kalorimetrični bombi, lahko pa tudi na osnovi kemične zgradbe kurilca, z upoštevanjem kaloričnih vrednosti posameznih sestavnih elementov ter vlažnosti, npr.:

$$H_s = 340 \times C + 1200 \times \frac{H \times O}{8} + 105 \times S - 25 W \text{ (v KJ/kg) (20)}$$

Če poznamo zgornjo (nominalno) kurilno vrednost in vlažnost lesa lahko izračunamo njegovo spodnjo (dejansko) kurilnost tudi po obrazcu:

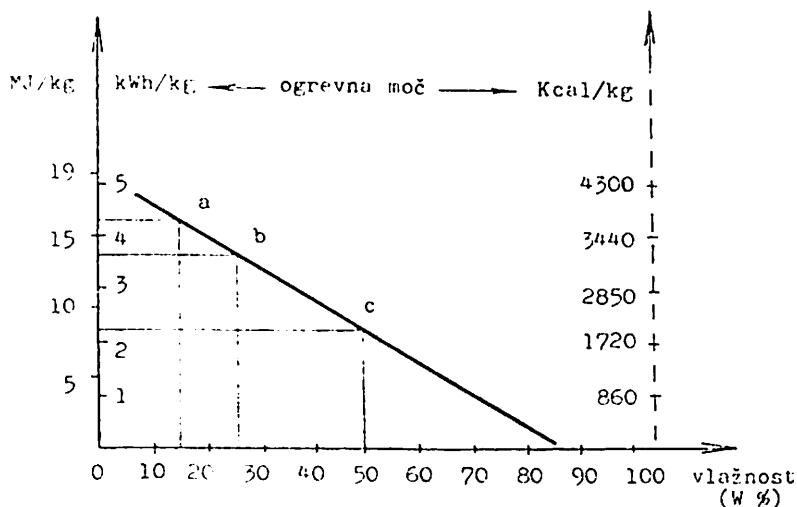
$$H_s = H_i \frac{100 - W}{100} - 6 W \text{ ali}$$

$$H_s = \frac{H_i - 6 U}{100 + U} \times 100 \quad (52)$$

V prvem obrazcu je upoštevan tehnični odstotek (W%) v drugem pa standardni (U%) odstotek vlažnosti.

Vpliv vlažnosti na dejansko kurilnost lesa je razviden iz graf.7. V grobem velja, da se za vsakih deset odstotkov povečano vlažnost zmanjša kurilnost lesa za 12 odstotkov.

Graf. 7 : Soodvisnost vlažnosti in ogrevne moči lesnega kuriva z nekaterimi povprečnimi vrednostmi.



a = zredno suh les, 15% vlage, 15,5 MJ/kg

b = redno suh les, 25% vlage, 13,5 MJ/kg

c = svež les, 50% vlage, 8,5 MJ/kg

Vlažnost ni le najpomembnejši dejavnik kurilnosti lesnega kuriva in gospodarnosti kurjenja. Prav tako odločilno vpliva tudi na vse druge privine varne in čiste proizvodnje in porabe energije, kot so:

- Trajnost energetskih naprav in celotnih sistemov (kurilnih, vilovodnih in ogrevalnih naprav).
- Vnetljivost kuriva in potek ostalih faz procesa gorenja.
- Delovitost delovanja in obremenitev kurilnih naprav.
- Količino in vrsto škodljivih produktov gorenja.
- Zdravost lesa in njegovo odpornost proti dejavnikom zive in mrtve narave. Znano je, da bukov les že po nekaj mesecih zaradi plesnivosti izgubi do 30% svoje ogrevne moči.

#### 6.5 SUŠENJE IN SHRANJEVANJE LESNEGA KURIVA

Osušitev lesa na primerno stopnjo vlažnosti je prvi pogoj gospodarnega pridobivanja ter varčne in ekološko vzdržne porabe lesnega kuriva. Na hitrost in intenzivnost sušenja vplivajo številni dejavniki, še posebej:

- Vrsta lesa z vsemi razlikami v bioloških, fizikalnih in kemičnih lastnostih.
- Stanje, oblika in velikost kosov (celo drevo, poleno, sekanci...)
- Ekološke razmere (klima, relief, letni čas...)

Na prvo skupino dejavnikov neposredno ne moremo vplivati. Vplivamo pa lahko posredno, npr.:

- Z izbiro drevesne vrste ali delov drevesa.
- Z upoštevanjem variabilnosti stopnje vlažnosti, glede na letno sezono (v seku, doba mirovanja).
- S predsušenjem stoječega (obročkanje) ali ležečega drevesa (posek na suš).

Pri tem moramo upoštevati naslednja dejstva:

Sušenje lesa trdih listavcev je dvakrat počasnejše kot iglavcev in mehkih listavcev. Najpocasnije je sušenje hrastovine, bukovine in brestovine, najhitrejše pa smrekovine, jelovine in borovine.

Hitrost (trajanje) sušenja je odvisna od velikosti in oblike (debelina, dolžina, razmerje volumen: površina) kosa ter izvora lesa (različna vlažnost sestavin drevesa v navpični in vodoravni smeri). Pri analizah vlažnosti sekancev, ki so bili izdelani iz različnih delov drobnega bukovega drevja (starost 35 let, poprečni  $D_{1,30} = 9$  cm) posekanega v maju mesecu, smo ugotovili tele vlažnosti (75,82):

del drevesa	vlažnost (W%)
listje	68,86
lubje	53,46
vejice v lubju, $\varnothing$ 1 cm	53,52
les debla	39,06

Razlike v vlažnosti med posameznimi sestavinami drevja so občutne, tudi za 30 in več odstotkov (listje - deblo).

Oblika in velikost kosov lesa so pomembni dejavniki intenzivnosti sušenja na katere lahko neposredno vplivamo z načinom, oziroma stopnjo mehanske predelave (prežagovanje, ceplenje, drobljenje v sekance). V splošnem velja, da je sušenje tem hitrejše čim manjši (krajši, tanjši) je kos lesa, čim večja je stična površina med lesom in zrakom, oziroma čim manjše je razmerje med volumenom in površino kosa. Izkušnje kažejo, da je sušenje izdelanega (prežaganega in razcepljenega) lesa 3-4 krat hitrejše kot neizdelanega. Bukove metrske cepanice, ki so bile zložene v običajne skladovnice, so se v šestih mesecih osušile od 43 na 27%. V enakih pogojih in v istem času pa so se neizdelane okroglice ( $\varnothing$  12,5 cm) osušile le na 32% in so enako stopnjo vlažnosti dosegle šele po 11 mesecih sušenja.

Izpostavljena našagana polena dolžine 33 cm, z izhodiščno vlažnostjo 72%, shranjena v pokritem in zračnem prostoru, do se v letu dni osušile na 21% vlage. V enakih razmerah so se vlage iz okroglih osušile le na 28% vlažnosti (57).

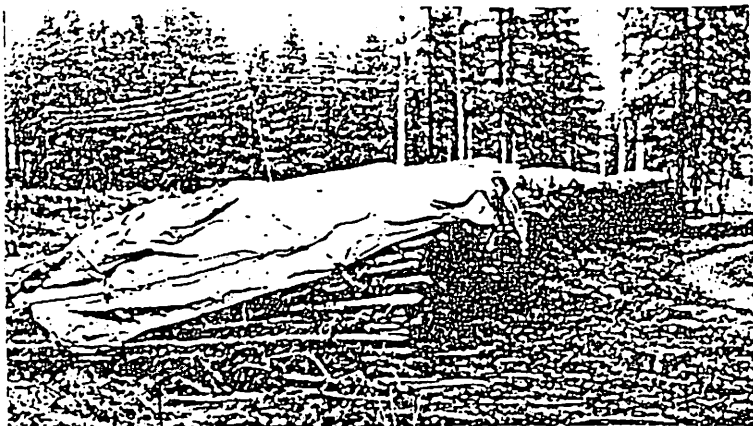
### 6.5.1 Naravno sušenje lesa za kurjavo

Prilagodljivemu sušenju lesnega kuriva, ki je energijsko in ekonomsko najprimernejši način so pomembni tile dejavniki:

- relativna vlažnost zraka,
- smer in hitrost gibanja zraka,
- količina in vrsta padavin.

Vsi ti dejavniki so naravna danost in nanje ne moremo neposredno vplivati. So pa različne posredne možnosti za izbiro pozitivnega in izločitev negativnega delovanja teh dejavnikov, kot npr.:

- Izbiira letnega obdobja sušenja: za naše razmere je najugodnejše obdobje med majem in oktobrom. Ravnotežna vlažnost (absorpcija - desorpcija vode) je najnižja v juliju. V tem času les najhitreje doseže točko zasičenosti lesnih vlaken (okoli 30% vode).
- Izbiira primernege mesta skladiščenja (sušenja). Izberemo suhe, vetru eksponirane lege. Skladovnice ne zlagamo neposredno na tla (podložimo) ter jih usmerjamo vedno pravokotno na prevladujočo smer vetrov. Izberemo tople lege in nezasenčena mesta, suh in dobro zračen prostor.



a (Vir : 59)



b (Vir : 52)

Sl. 15 a, b : Z zaščito pred izpodnebnimi padavinami skrajšamo čas naravnega sušenja lesnega kuriva za tretjino do četrtno, ter preprečimo biološko-kemični razkroj lesa.

tokulvanje kupov ali siladovnic (penjave, polietilenske folije, pločevina) je učinkovit način s katerim preprečimo ali zmanjšamo padavin (SI.15.8).

Enake pogoje in učinke dosežemo tudi s skladiščenjem (sušenjem) v pokritih zaprtih ali odprtih prostorih (pod napuči, v gospodarskih poslopjih, dvoranah in kleteh). Osnovni pogoj je

### 6.5.2 Umetno (prisiljeno) sušenje lesa za kurjavo

Ve gospodarno in ekološko čisto izrabo lesnega kuriva naj bi bila njegova vlažnost čim manjša. Praktično to pomeni, da je potrebno les sušiti vsaj na stopnjo zračne suhega lesa (15-26%). Pri tej stopnji ima les povprečno kurilnost med 12 in 15 MJ/kg, torej enako kot jo ima kakovosten lignit ali slabši rjav premog. Sodobna tehnika sicer omogoča tudi uporabo sveže biomase. Tako npr. v večjih kurilnicah s pomično stopničasto rešetko povsem nemoteno izgoreva lubje, ki ima prek 60% vlage. Težave pa so glede izločitve, investicijskih in vzdrževalnih stroškov ter ekoloških vidikov.

Naravno sušenje lesnega kuriva je dolgotrajno in za posamezne vrste in oblike kuriva neuporabno, zlasti pri velikih količinah, za katere potrebujemo velika skladišča. Velik problem je tudi neobstoječnost biomase zaradi delovanja različnih dejavnikov. Raziskave skladiščenja sekancev za kurjavo so pokazale, da so optimalne razmere za biološki raskroj lesa pri temperaturi med 20 in 35 °C ter vlažnosti med 30 in 65%. Posledica biološko kemičnih procesov ni le izguba energije, pač pa tudi večja nevarnost samovžiga ter biološkega in kemičnega onesnaženja okolja.

Umetno sušenje je lahko poseben, ločen postopek ali pa le faza celotnega procesa pridobivanja energije (kurjenja).

Nosilec, oziroma vir toplote za sušenje kuriva je lahko:

- segret (topel, vroč) zrak,
- pregreta para,
- topli plini,
- infrardeče sevanje,
- električna energija,
- sončna energija (zbiralniki).

Kakovost sušenja (indeks ostrine sušenja), ki je za nadaljnjo predelavo in uporabo lesa odločilen dejavnik, pri lesnem kurivu ni pomembna. Osnovni cilj pri sušenju kuriva je, da čim hitreje in čim gospodarnejše dosežemo primerno (čim nižjo) stopnjo vlažnosti. Zato pri sušenju običajno izrabljamo odpadno toploto

dimnih plinov, ki nastajajo pri kurjenju, ali pa pridobivamo toploto posebej. Novajša prizadevanja so usmerjena v izrabo alternativnih virov, zlasti sončne energije.

Poraba energije za sušenje je odvisna od vrste, oblike, začetne in želene stopnje sušenosti. Običajno jo izražamo v relativnem deležu od količine proizvedene energije, odzroma v deležu v ta namen porabljenega količine kuriva. V splošnem je ta delež v širokem intervalu med 10 in 30%. V naših raziskavah energijske bilance pri sušenju svežih sokancev iz celih smrekovih drevesc smo ugotovili razmerje 1:3,3. Pri sušenju smrekovega lubja iz CMS pa razmerje 1:5.

Umetno sušenje izvajamo v posebnih sušilnicah (silosih) različnih konstrukcijskih izvedb, v katere po posebnih ceveh in kanalih z ventilatorji potiskamo vroč zrak ali pline. Za sušenje drobnega kuriva (sekanci, lveri, ostružki, skoblanci, lubje) do velikosti 30 mm, običajno uporabljamo viteče se bobne v katere dovajamo segret zrak ali pline. Najdrobnejše frakcije (žagovina, prah) pa sušimo z vpihovanjem skozi vroč zrak.

Predsušenje lesnega kuriva se izvaja tudi v samih kurilnih napravah s pomočjo vročih dimnih plinov. To sušenje je učinkovito zlasti v trajnoslojnih kotlih z velikimi zalogovniki, v kotlih z predkurišči in z različno izvedenimi rešetkami. Skratka, v vseh napravah, ki se posebej konstruirane za kurjenje z vlažno biomaso.

Problem vlažnosti lesnega kuriva je pereč predvsem pri večjih porabnikih, pri napravah srednjih in velikih moči (nad 0,1 MW), ki dnevno porabijo tudi več sto ton lesne biomase. Pri takšnih porabnikih je pričljeno predsušenje nujno. Za individualne in druge majhne porabnike lesnega kuriva pa je dovolj možnosti neravnega sušenja. Potrebno je le nekoliko več znanja o možnostih in pomenu sušenja, tako v smislu gospodarnosti, kot tudi čistosti kurjenja z lesom.

Nekatero pomembnejše lastnosti lesnega kuriva ter primerjave količinskih in energijskih ekvivalentov z drugimi kurivi so razvidne iz naslednje preglednice:



1 kg suhega lesa	18,8 MJ = 4500 kcal
1 kg zračno suhega lesa (15-20% vlage)	15,0 MJ = 3700 kcal
1 kg svežega lesa (50% vlage)	8,4 MJ = 2000 kcal
1 kg zračno suhega lubja	
- smreka	15,0 MJ = 3700 kcal
- bor	16,7 MJ = 4000 kcal
- breza	18,3 MJ = 4500 kcal
1 prm sekancev	cca 4200,0 MJ = 1000 kcal
1 kg slame (pšenica, ječmen, rač)	17,0 MJ = 4100 kcal
1 kg slame koruznice	15,0 MJ = 3600 kcal
1 kg kurilnega olja	42,0 MJ = 10000 kcal
1 kg črnega premoga	29,3 MJ = 7000 kcal
1 kg rjavega premoga	14,0 MJ = 3500 kcal
1 m <sup>3</sup> zemeljskega plina	36,4 MJ = 8700 kcal
1 kWh elektr. energije	3,6 MJ = 860 kcal
1 m <sup>3</sup> lesa	cca 2-3 prm sekancev
1 prm lesa	cca 1,5-1,7 m <sup>3</sup> lesa
1000 l kurilnega olja	cca 5-6 prm lesa listavcev
1000 l kurilnega olja	cca 7-8 prm lesa iglavcev
1000 l kurilnega olja	cca 10-15 prm sekancev
1000 l kurilnega olja	14 m <sup>3</sup> lubja
1 m <sup>3</sup> lubja	cca 70 l kurilnega olja
1 m <sup>3</sup> sveže žagovine	cca 60 l kurilnega olja
1 m <sup>3</sup> suhega bukovega lesa	cca 300 l kurilnega olja
1 prm suhih sekancev	cca 100 l kurilnega olja

Opomba: Povzeto po The National Energy Administration, Švedska

## 6.6. KURILNE NAPRAVE IN SISTEMI

Pri sedanji stopnji tehnološkega razvoja na področju kurilne tehnike je danes že omogočena gospodarna izraba lesnega kuriva vseh vrst in pojavnih oblik. Odločilna pri tem je pravilna izbira naprave glede na potrebno količino (moč naprave), namen (ogrevanje, kuhanje, pogonska, tehnološka) in način (sistem) pridobivanja, načina porabe energije (lokalno, centralno, toplovodno, toplozračno, talno itd.). Še posebej pri dolgoročajših odločitvah o uporabi lesnega kuriva, ki običajno temeljijo na možnosti oskrbe iz lastnih virov (lastniki gozdov, lesna predelava), pa mora pri izbiri naprave soodločati tudi prevladujoča oblika razpožljivega kuriva (klade, polena, sekanci, butare). Posebno vprašanje je tudi ekološka zavest, ki običajno sploh ni odločajoč dejavnik pri nakupu kurilne naprave.

Novejša spoznanja, ki so plod intenzivnih raziskav procesa kurjenja in gorenja v različnih napravah, so povsem spremenila dosedanje pojmovanje, da je les brezpogojno čisto in gospodarno kurivo. Danes vemo, da sta oba odločilna parametra odvisna od številnih dejavnikov, za čisti pa od kurilne tehnike.

Osnovne zahteve, ki jih mora izpolnjevati sodobna kurilna naprava (stencilnik, peč, kotel, kamin) so:

- Gospodarno, varno in zanesljivo delovanje.
- Čistost pridobivanja energije, s čim manjšo mero človeku in okolju škodljivih učinkov.
- Možnost uporabe različnih energijskih virov (kombinirane naprave).  
Doseganje visokih izkoristkov kuriva, brez prevelikih izgub skozi dimnik in obišje naprave.  
Preprosto obratovanje in vzdrževanje.  
Dolgo dobo trajanja (vsaj 10 let).

Za gospodarnost uporabe lesnega kuriva, v primerjavi z drugimi viri, so odločilni ti le elementi:

- investicijski stroški,
- cena kuriva,
- stroški obratovanja in vzdrževanja

Čeprav so večja ali manjša cenovna nihanja v času in prostoru je v splošnem cena energije iz lesa izenačena le s ceno energije iz rjavega premoga. Energija iz lignita in slabih vrst rjavega premoga je nižja, ostali viri pa so dražji. Ta groba primerjalna ocena gospodarnosti lesnega kuriva velja le pri upoštevanju tržne cene lesa. Pri vseh ostalih številnih možnostih nabave (lastni vir pri lastnikih gozdov, ceneni sečni in lesnoindustrijski ostanki in odpadki), kar je v vsakdanji praksi prej pravilo kot izjema pa je ta vir najcenejši. Menimo, da je poleg tradicije, to tudi najpomembnejši dejavnik s katerim moramo tudi v prihodnje resno računati.

Izkoristek ogrevne moči (stopnja izkoristka) lesnega kuriva je poleg cene kuriva najpomembnejši element gospodarnosti. Gre za razmerje med potencialno (primarno) količino energije, ki jo vsebuje kurivo in pridobljeno (sekundarno) energijo. Le-ta je vedno manjša za izgube pri izgorevanju, prenosu in uporabi energije. Znano je, da je to razmerje pri termoelektrarnah le okoli 1:0,3 (108).

Pri različnih vrstah in tipih naprav je stopnja izkoristka močno različna. Te razlike so predvsem posledica različnih konstrukcijskih izvedb naprave. Med tehnološko zastarelimi in sodobnimi rešitvami so te razlike lahko tudi 50 in več odstotkov. Nič manj

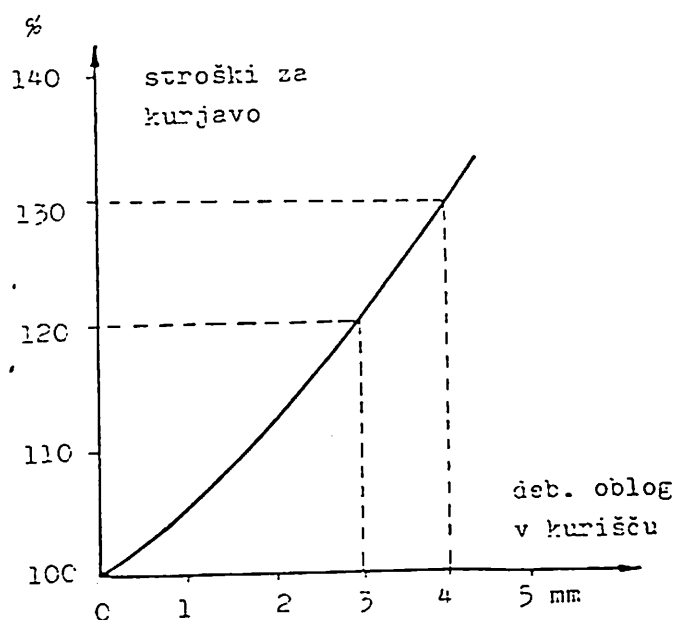
pomanjšan vpliv v izkoristkih so lahko tudi pri isti napravi. To različje pa so subjektivne narave, in sicer zaradi nepravilnega kurjenja, pomanjkljivega čiščenja in neustreznega vleka dimnika.

Kolikšen izkoristek imajo različne kurilne naprave, oziramo sisteme ogrevanja, je razvidno iz te le preglednice (92):

- odprta kurišča (kamini)	10-20%
- kamini s toplozračnimi izmenjevalci	15-50%
- kamini s toplovodnimi izmenjevalci	15-50%
- kuhinjski štedilniki	40-60%
- keramične (zidane) peči	40-70%
- kotli na drva (polena) :	
- pri polni obremenitvi	60-80%
- v povprečju	40-60%
- namodoljni kotli s predkurišči na sekance :	
- pri polni obremenitvi	75-85%
- povprečno	70-80%

Spodnje vrednosti veljajo za starejše, tehnološko zastarele naprave, zgornje pa za sodobne, ki so tehnološko izpopolnjene na osnovi ugotovitev novejših raziskav. V splošnem pa za vse naprave velja, da so energijsko porabne, če so starejše kot 10 let. Kolikšen vpliv na gospodarnost imajo v napravah obloga kotrana, saj, ki so posledica nezadostnega izgorevanja in slabega vzdrževanja (vlažno kurivo, pomanjkanje zraka, slab vlek) kaže tale grafikon:

Graf. 8 : Vpliv nepravilnega delovanja in vzdrževanja kurilne naprave na gospodarnost kurjenja.  
(Vir:92)



### 6.6.1 Značilnosti in prednosti sodobnih kurilnih naprav na lesno kurivo

Kurilne naprave se med seboj ločijo po različnih značilnostih. Najpomembnejše razlike so v načinu izgorovanja in načinu polnjenja (dodajanja, nalaganja) v kurišče. Za kurjenje z lesnim kurivom so se v novejšem času uveljavljajo predvsem naprave, ki imajo te značilnosti.

Velik izgorevalni prostor (kurišče), ki omogoča kurjenje tudi z velikimi kosi (1 m dolžine) ter poredko nalaganje (na 8 ur in več) (Skica 10b).

Daljša pot (kroženje) vročih plinov, ki intenzivneje izgorevajo in oddajo več toplote (trajnožarni kotli) (Skica 10 a).

Prisiljeno in nadzorovano dovajanje zraka za optimalno izgorevanje s pomočjo ventilatorjev. Primarni zrak običajno doteka skozi spodnjo zračno loputo in skozi rešetko v kurišče naravno ali prisiljeno (ventilator). Sekundarni in včasih tudi terciarni zrak pa dovajamo neposredno v izgorevalno komoro kar omogoča dokončno in popolno izgorevanje plinov.

Turbulentni in ciklonski (vrtinčasti) način izgorevanja, pri katerem dosežemo močno vrtinčenje plamena in dimnih plinov. S tem se poveča temperatura gorenja do 1200 °C, vrtinčenje plinov pa omogoča popolnejše izgorevanje.

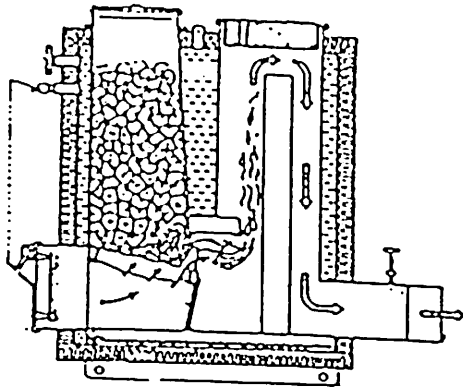
Naprave s predkurišči različnih izvedb v katerih se lesno kurivo vplini, vroči plini pa dokončno in popolno izgorijo v izgorevalni komori (kurišču) kotla, kamor dovaja ventilator tudi sekundarni zrak (Skice 10c,d,e).

Za običajno, klasično (ročno) kurjenje s trdimi kurivi je značilno, da je le-to v primerjavi z drugimi viri (olje, plin, elektrika) najzahtevnejše. Kurivo se le postopno vsame (pričetek uplinjanja pri temp. 180-220 °C), počasi doseže maksimalno temperaturo (okrog 800-1000 °C), optimalni izkoristek pa šele pri polni obremenitvi naprave (80-90%). Pri dosegeni željeni temperaturi pa procesa gorenja ne moremo na hitro prekiniti. To dosežemo le postopoma, z izpiranjem zračne lopute. Takšna prisiljena prekinitve gorenja pa je najbolj kritična in škodljiva, tako glede poškodb naprave (oksidacija, tvorba oblog) kot tudi glede izkoristkov in polucij v ozračje.

Način kurjenja (odgorevanja) kuriva je prvi pogoj varčnega in čistega kurjenja. Pri klasičnih pečeh in kotlih sta primerna dva načina:

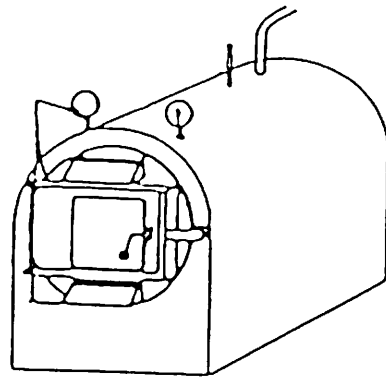
- a) zgornjim odgorevanjem, kjer zanetimo kurivo z zgornje strani,
- b) stranskim odgorevanjem kuriva, kjer zanetimo kurivo od strani.

Sodobne kurilne naprave na lesno kurivo.



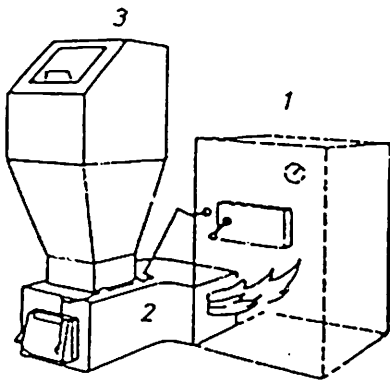
Skica 10a :

Trajnožarni kotel za cepljena polena standardnih dimenzij. Ročno nalaganje.



Skica 10b :

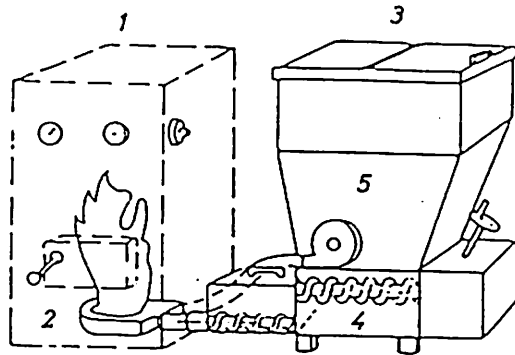
Ležec, cilindrični kotel za večje kose lesa (metrska polena, klade) in drugo biomasa (slamo, papir, lubje, odslužen les)



Skica 10c :

Samodejni kurilni sistem na zrnato lesno kurivo (sekanci, peleti, briketi, ostružki, lubje itd.)

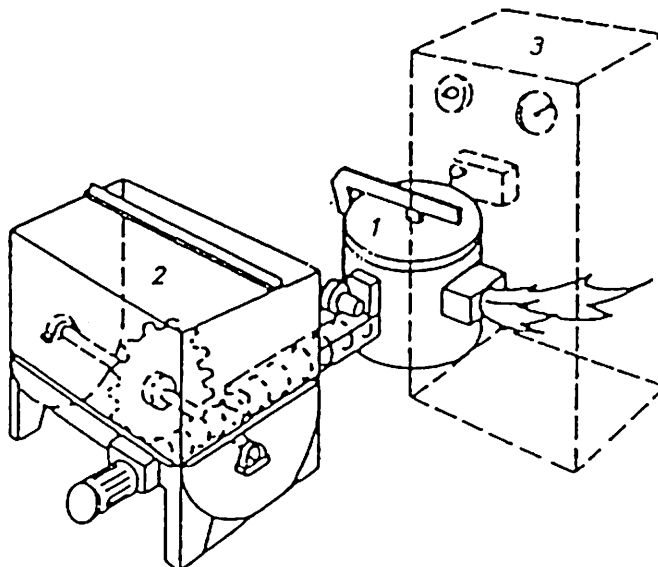
- 1 - kotel
- 2 - predkurišče
- 3 - zalogovnik (0,5 - 1 m<sup>3</sup>)



Skica 10d :

Samodejni sistem na zrnato lesno gorivo z neposrednim izgorevanjem v kurišču kotla.

- 1 - kotel
- 2 - kurišče (Stocker sistem)
- 3 - zalogovnik (1 - 2 m<sup>3</sup>)
- 4 - dozirni sistem
- 5 - ventilator za skund. zrak



Skica. 10e : Samodejni kurilni sistem s predkuriščem (1), zalogovnikom z dozirno napravo (2) in s kotlom (3). Dogorevanje plinov (plamena) v kurišču kotla.

Vir vseh skic : 22

Povsem neprimeren način, zlasti pri uporabi premogov, je pregorevanje, to je v primerih, ko na žerjavico naložimo novo količino kuriva ali ko na netivo naložimo osnovno kurivo. V teh primerih je faza sušenja in vplinjenja dolgotrajna, sledi intenzivno izgoravanje celotne količine kuriva, nato pa prisiljena prekinitev gorenja zaradi zmanjšanega dotoka zraka (termostatsko zapiranje zračne lopute).

Pri novejših, trajnožarnih kotlih, kurivo odgoreva s spodnje strani, sproščeni plini pa izgorevajo v posebni izgorovalni komori. Velik zalogovnik omogoča, da gorivo nalagamo le enkrat do dvakrat dnevno. Zaradi posebnega kroženja dimnih plinov po daljših kanalih pa je izkoristek kuriva okrog 80%. Pri klasičnih kotlih je ta izkoristek za 20-30% nižji (21).

Zahtevnost kurjenja zaradi pogostega dodajanja kuriva in relativno majhnih možnosti uravnavanja procesa gorenja, predvsem v smislu varčnega in čistega pridobivanja energije, so še vedno velike pomanjkljivosti običajnih kurilnih naprav. Zato je bile v zadnjih letih tem vprašanjem namenjeno največ pozornosti. Plod teh prizadevanj so današnje polsamodejne in popolnoma samodejne naprave za katere je značilno:

- Dodajanje (nalaganje, doziranje) kuriva v predkurišče ali neposredno v kurišče naprave je neprekinjeno, sprotno. Hitrost dodajanja (količina) kuriva je odvisna od vrste in kakovosti kuriva (vlažnost, kurilnost) ter naravnosti in porabe energije celotnega ogrevalnega sistema. Dotok kuriva je lahko v celoti mehaniziran od shrambe (silosi, kleti) do kurišča. Zlasti pri sistemih manjših moči (do 0,1 MW), ki so primerni za individualne porabnike, pa je dodajanje lahko tudi le delno mehanizirano, in sicer le od zalogovnika do kurišča. V takšnih primerih moramo posebej napolniti zalogovnik. Le-ta ima različno prostornino, od 0,5 do več m<sup>3</sup>, kar zadostuje za samodejno delovanje naprave od enega do nekaj dni.

Za dodajanje kuriva v kurišče ali predkurišče so običajno vijakne naprave (polži), za prenos kuriva iz skladišča pa tračni in verižni prenosni sistemi. V primerih, ko je skladišče kuriva nad kurilnico je uspešno tudi samotežno polnjenje (nasipanje) zalogovnika. (Skice 10 c,d,e).

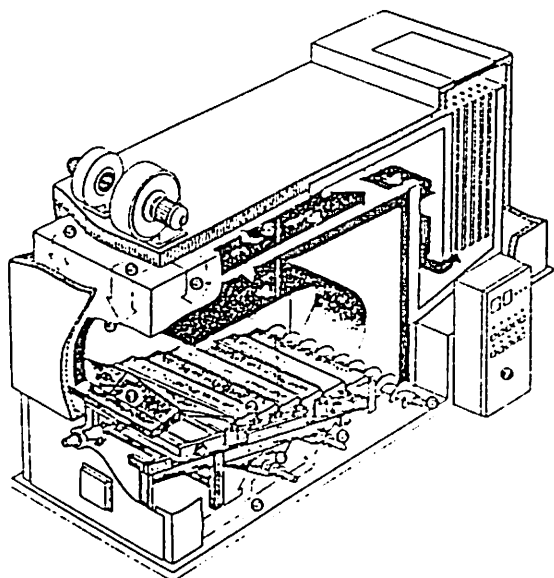
- Celoten proces kurjenja je samodejno voden in nadzoren s pomočjo različnih regulacijskih naprav, ki omogočajo trajno optimalno, čisto in varno delovanje.

Pomanjkljivost teh samodejnih naprav je njihova zahtevnost glede naslednjih osnovnih parametrov:

- Izenačenosti kuriva po vrsti, obliki (granulaciji) in vlažnosti.
- V primerjavi s cenami klasičnih naprav ali naprav na druga

kuriva (olje, plin, elektrika) je cena teh naprav razmeroma visoka. Stroški pa so bistveno manjši ob dejstvu, da lahko že obstoječe naprave, z degradirano predkurišč, preuredimo na mehansko (avtomatsko) kurjenje.

Pri različnih konstrukcijskih rešitvah in različnih močeh naprav se za optimalno delovanje dovoljena le majhne tolerance glede granulacije in kakovosti kuriva. Istina lesno kurivo pa se pojavlja le v specifičnih primerih, kot op. pri pripravi in finalni predelavi lesa (žagovina, ostročki, skoblanci itd.). Heterogeni sečni in drugi kosovni ostanki zato zahtevajo poprejšnjo mehaniko (izdelava sekancev, drobljenje lubja) ali mehansko kemično predelavo (peleti, briketi), s katero dosežemo poenotenje kuriva. Predvsem pri samodejnih kurilnih sistemih manjših moči je izenačenost kuriva za normalno delovanje zelo pomembna. Poprejšnje razvrščanje (sortiranje) po vrsti in velikosti delcev kuriva je v večini primerov nujno opravilo.



- 1 - koničen dozator kuriva
- 2 - stopničaste pomične rešetke
- 3 - predsušenje kuriva z vročimi plini (cona sušenja)
- 4 - pot vročih plinov - plamena (zgorevalna cona, dimovodne cevi kotla)
- 5 - dovod sekundarnega zraka
- 6 - avtomatsko odstranjevanje pepela
- 7 - sistem za nadzor in upravljanje

Slika 11: Sodobno kurišče pri energetskih napravah (toplarne, elektrarne, tehnološka energija) za kurjenje s svežim lubjem ( $W =$  do 60 %) in drugo lignocelulozno biomaso (Vir : 105)

Zaradi dopolnilne opreme, predvsem regulacijskih, kontrolnih in zaščitnih naprav je investicija pri avtomatskih orgrevalnih sistemih na lesno kurivo 2 do 3 krat dražja, kot pri klasičnem ročnem kurjenju. Glede na boljše izkoristke kuriva, ki so za 20-30% večji in manjše obratovalne stroške pri avtomatskih napravah pa se razlika v investiciji izravna že v par letih. V

splošnem do doseganje izkušnja in variskave gospodarnosti uporabe lesenih naprav pripeljata do naslednjih ugotovitev (100).

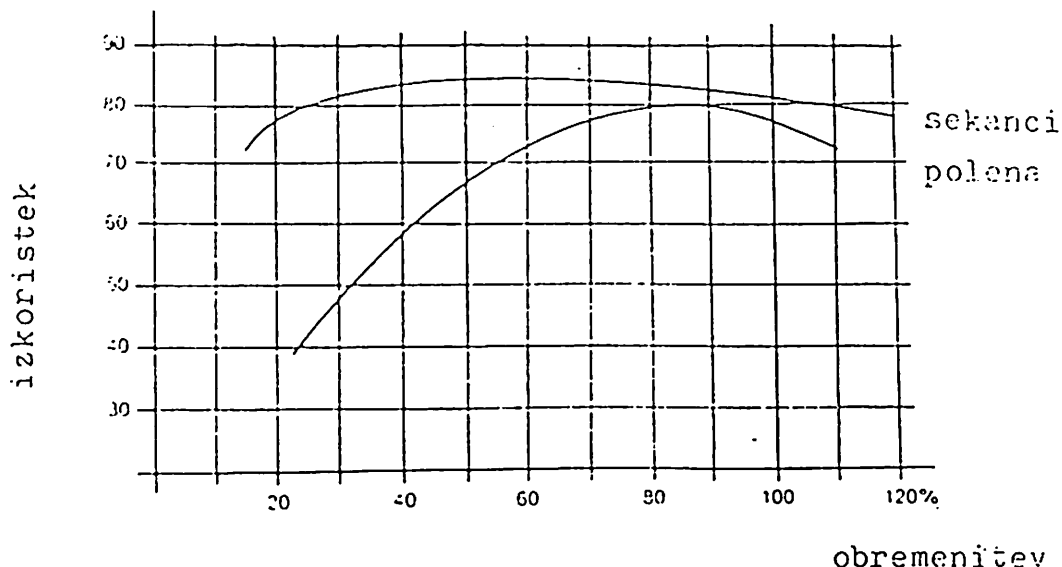
Pri uporabi lastnega vira (lastniki gozdov ali lesno-industrijskih ostankov in odpadkov) ali pri minimalnih stroških za kurivo, ki zajemajo le manipulativne stroške, se investicija izplača že v 2-3 letih.

- če v izračunih upoštevamo tržne cene lesnega kuriva pa se ta doba podaljša na 6-8 let.

V teh izračunih seveda ni zajeta "ekološka vrednost" pridobljene energije. Vemo, da dosegajo stroški za čistilne naprave pri uporabi promogov kar tretjino in več celotne investicije.

Tipične razlike v načinu gorenja in doseženih izkoristkih pri različnih obremenitvah naprav so prikazane v grafikonu 9, in sicer za kurjenje s poleni v klasičnih kotlih ter za kurjenje z lesnimi sekanci v samodejnih napravah. Optimalne izkoristke (80-85%) dosežemo pri sodobnih napravah na sekance že pri obremenitvah kotla nad 25% in so konstantni do polne obremenitve (100%). Pri klasičnih napravah na drva (polena) pa dosežemo optimalne izkoristke šele pri polni obremenitvi (80-90%) in v zelo ozkem intervalu.

Graf. 9 : Tipičen potek gorenja pri kurjenju s sekanci in klasičnimi poleni (kosi lesa) Vir : (22)





## 6.7 EKOLOŠKI VIDIKI PRIDOBIVANJA IN UPORABE LESA ZA ENERGIJSKE NAMENE

Pri razmišljanju in vseh aktivnostih v zvezi z uporabo biomase v energijske namene, se poleg organizacijskih, tehnično-tehnoloških in ekonomskih problemov, srečujemo tudi z dvema zelo pomembnima filozofskima vprašanjem, ki v največjem času dobivata prednostni pomen. K temu se največ pripomogla obsežne in poglobljene raziskave procesa in produktov izgorovanja lesa ter vplivov na gozd in okolje nasploh. Pri tem se upoštevane vse možne negativne posledice odvzemanja in kurjenja z gozdno biomaso, kot tudi vsi pozitivni ekološki učinki (nadomeščanje nečistih fosilnih goriv, izboljšana nega in varstvo gozdov).

V tem tem vprašanjem je danes namenjeno prav toliko pozornosti, kot ekonomskim vidikom in pomenu biomase v energijskih bilancah držav. Ti vidiki so v začetku sedemdesetih let povsem prevladovali.

### 6.7.1 Najpomembnejši okolju škodljivi produkti, ki nastajajo pri gorenju lesnega kuriva

Vse do nedavna je veljalo splošno prepričanje, da je les brez-pogojno čisto kurivo, ki ne onesnažuje okolja. Takšna miselnost je bila posledica dejstva, da je bila v tem času pozornost namenjena predvsem žveplu in njegovim spojinam ter trdnim prašnim delcem (smogu). Oba navedena škodljiva produkta pa pri gorenju lesa ne povzročata posebnih težav, saj vsebuje les le neznatne količine žvepla (0,01-0,1% suhe snovi), polucije prašnih delcev pa lahko bistveno omejimo s pravilnim kurjenjem in pri večjih energetskih sistemih s čiščenjem dimnih plinov s pomočjo cenениh distilnih naprav (ciklonov). To velja tudi za negorljive mineralne sestavine lesa, ki ostajajo v obliki pepela. Količinsko je teh produktov le 0,4 - 3% na suho lesno snov. Ker vsebuje pepel pomembne minerale je obenem uporabna surovina za nadaljnjo kemično predelavo ali kot gnojilo za neposredno uporabo.

Šele novejša in kompleksna raziskave vzrokov in posledic pojavov kot so: vrsta in količina polutantov ter sekundarnih kemičnih spojin (kisle padavine, spremembe v ozonski plasti fotooksidanti, pojav tople grede, umiranje gozdov, spremembe genetskega materiala itd.), so dokazale, da tudi pri gorenju lesa nastajajo še številni drugi okolju škodljivi produkti. Danes je nesporno, da je les le pogojno čisto kurivo, odvisno od številnih dejavnikov in le v primerjavi z nekaterimi fosilnimi gorivi (premog, nafta). Kot o absolutno čistem kurivu pa lahko govorimo o lesu le v povezavi z onesnaževanjem tal in voda, saj ni nevarnosti razlitja kot pri tekočih gorivih, niti težav pri odlaganju pepela, kar je velik problem pri uporabi premogov (velike količine, radioaktivnost).

Pri popolnem izgorovanju lesa so osnovni produkti izgorovanja  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  in  $\text{SO}_2$ . Sproščene količine  $\text{CO}_2$  so enake kot so bile porabljene pri asimilaciji za tvorbo lesa. Balaž žvepla pa je v lesu zanemarljiv.

To pa velja le teoretično, saj pri praktičnem kurjenju popolnega izgorovanja ni. Poleg tega pa les vsebuje tudi druge kemične elemente in spojine, ki so neposredno ali posredno (reakcije z drugimi elementi) pomembni polutanti.

Med pomembne polutante pri kurjenju z lesom pa štejejo:

- **Dušikovi oksidi ( $\text{NO}_x$ ):** Vir nastajanja dušikovih oksidov sta zračni dušik in dušik, ki je kemično vezan v kurivu (lesu). Količina  $\text{NO}_x$ , ki nastaja pri oksidaciji kemično vezanega dušika v lesnem kurivu je odvisna predvsem od vsebnosti dušika, ki znaša med 0,5 - 3% suhe lesne snovi. Na količino sproščenega  $\text{NO}_x$  lahko le neznatno vplivamo z izbiro kuriva iz tistih delov drevesa, ki vsebujejo najmanj N (deblovina). Z uravnavanjem procesa gorenja pa na ta del  $\text{NO}_x$  ne moremo vplivati. Nasprotno pa je oksidacija zračnega dušika močno odvisna od višine temperature gorenja. Kritična točka je med 1300 in 1400 °C (91,99). Takšne temperature pa so le izjemne, saj pri kurjenju z lesom dosežejo v povprečju le vrednosti med 800 in 1100 °C. V splošnem je emisija  $\text{NO}_x$  pri gorenju lesa manjša kot pri gorenju premoga in normalno ne presega 150 mg/m<sup>3</sup> dimnih plinov.

- **Žveplov dioksid ( $\text{SO}_2$ ):** Zaradi majhne vsebnosti žvepla v lesu je emisija manj pomembna. Večji del žvepla (tudi 90%) ostane vezanega v pepelu. V primerjavi s fosilnimi gorivi je les glede žvepla daleč najčistejše kurivo.

- **Emisija organskih snovi:** Gre za skupino ogljikovih ( $\text{C}_x\text{H}_y$ ), torej za vse molekule, radikale in spojine, ki vsebujejo ogljik in vodik. Posebej so pomembni policiklični aromatski ogljikovodiki (PAH) in njihovi derivati: aldehidi, fenoli, eteni, benzeni, benzopiren itd. Dosedaj je ugotovljenih že prek 100 derivatov PAH, katerih večina je kancerogenih (100).

Vsa te snovi nastajajo pri nepopolnem izgorovanju, ki je posledica pomanjkanja kisika in prenizkih temperatur pri gorenju. Večji del jih nastane pri nepopolni oksidaciji lignina, deloma pa se sintetizirajo v procesu gorenja. Dober indikator teh snovi je povečana prisotnost CO v dimnih plinih ter tvorba katranskih oblog in saj na stenah kurišča in dimovodnih naprav.

Skupaj z dušikovimi oksidi in pod vplivom ultravijoličnega sevanja tvorijo zelo škodljive sekundarne polutante, t.j. fotooksidante, kot so  $\text{O}_3$ , peroksiacetalnitrat (PAN) in druge (fotokemijski smog) (100).

- **Težke kovine:** Les vsebuje veliko število težkih kovin kot so: Hg, Pb, Cd, Ni, Br, Cr, Cu, Zn in druge, ki se pri gorenju deloma sproščajo v ozračje, deloma pa ostanejo v pepelu. Čeprav je vsebnost posameznih kovin v lesu majhna (od nekaj stotink do par sto mg/kg suhe lesne snovi), so tudi te majhne količine nevarne človeku in okolju. Glede težkih kovin je les čistejše kurivo kot premog in manj čisto kot težka in lahka kurilna olja. V splošnem je emisija kovin v neposredni zvezi z količino emisije prašnih delcev, še posebej manjših od 10 mikronov. Ker je pri vseh napravah moči nad 1 MW potrebno čiščenje dimnih plinov (običajno multiciklonsko) z izločanjem prašnih delcev izločimo tudi večji del kovin. Izjema je Hg, ki je zelo hlapljivo in ga ni močno izločiti iz dimnih plinov z običajnimi načini čiščenja (90).

- **Emisija trdnih prašnih delcev (v dimnih plinih in pepelu):** Tudi ta emisija je odvisna od več dejavnikov, še posebej od:
 

- količine negorljivih snovi v kurivu, to je pepela,
- od granulacije kuriva (primes prašnih delcev),
- od načina kurjenja in kakovosti izgorevanja.

Problem onesnaževanja ozračja s prašnimi delci je predvsem pri manjših (pod 100 kW), tehnološko zastarelih kurilnih napravah pri individualnih uporabnikih. Razlike v emisijah pri starih in sodobnih napravah ter pri uporabi različnih vrst kuriv so razvidni iz naslednje preglednice (...)

Vrsta kuriva	emisija trdnih delcev v mg/MJ
polena (kosi)	10-350
sekanci	70-500
brikati	45-130
pelati	30-60

Opomba: Spodnje vrednosti so ugotovljene pri sodobnih napravah s popolnimi izgorevanjem, zgornje pa pri zastarelih, neprimernih napravah.

Pri večjih centralnih (toplarne, termoelektrarne) in industrijskih napravah, z močjo nad 1 MW, dovoljujejo standardi emisije prašnih delcev pod 150 mg/m<sup>3</sup> dimnih plinov, novejši standardi celo pod 50 mg/m<sup>3</sup> (106). Za čiščenje običajno uporabljajo multiciklone, ki pa so učinkoviti le za delce velikosti nad 5 mikronov. Povprečna učinkovitost čiščenja multiciklonov je 75% vseh prašnih delcev in le 25% delcev velikosti do 5 mikronov. Zelo učinkovito pa je elektrostatično čiščenje prašnih delcev, s katerim očistimo dimne pline v povprečju 97%, drobne delce pa z 72% učinkovitostjo. Za zadostitev vse strožjim predpisom je danes uporaba elektrostatičnega čiščenja dimnih plinov nuja (88).

Na čistost uporabe lesnega kuriva, oziroma na emisije škodljivih snovi, v splošnem vplivajo isti dejavniki kot na stopnjo izkoristka in na gospodarnost kurjenja. Najpomembnejši so:

- Vrsta lesnega kuriva (drevesna vrsta, del drvca, zgradba lesa, vsebnost organskih in anorganskih primesi).
- Oblika lesnega kuriva (kosi, polena, tiskani veri, žagovina, lesni prah).
- Vlažnost kuriva.
- Način kurjenja (eno ali večstopenjsko, odgorevanje, pregorevanje, ročno nalaganje, vpihovanje kuriva).
- Intenzivnost in potek procesa gorenja, od faze segrevanja, sušenja, vplinjanja, do zaključne faze (temperatura gornja, zmes zraka in goriva).
- Vrsta, moč in tehnična popolnjenost naprave ter učinkovitost delovanja dimovodnih naprav.
- Tehnično znanje, disciplina in ekološka zavest uporabnika.

Pri sodobnih napravah večjih zmogljivosti je celoten proces avtomatiziran, računalniško voden in nadzorovan. Vsi osnovni parametri se samodejno uravnavajo in prilagajajo optimalnemu režimu izgorevanja. V takšnih napravah kurjenje z lesom ne povzroča posebnih ekoloških problemov.

Relativno velike emisije pa so pri majhnih napravah z močjo do 100 kW, kakršne običajno uporabljamo za individualno ogrevanje in kuhanje. Zlasti problematične so starejše in slabo vzdrževane naprave, naprave, ki so konstruirane za drugo vrsto kuriv ter t.i. kombinirane naprave. Kot je razvidno iz spodaj prikazanih mejnih vrednosti glavnih polutantov pa je tu vpliv naštetih dejavnikov odločilen (100).

Tab.5 Vrste polutantov pri kurjenju z lesom in njihove mejne vrednosti

vrste polutantov	mejne vrednosti
CO	80-25.000 mg/m <sup>3</sup> dimnih plinov
CO <sub>2</sub>	4-16 % mg/m <sup>3</sup> dimnih plinov
CO <sub>2</sub>	9 - 10mg/MJ energije
NO <sub>x</sub>	43-350 mg/m <sup>3</sup> dimnih plinov
CxHy	72-10.000 mg/m <sup>3</sup> dimnih plinov
katran	3-1600 mg/m <sup>3</sup> dimnih plinov
prašni delci	37 - 300 mg/m <sup>3</sup> dimnih plinov
prašni delci	10 - 500 MJ energije
PAH	10-35.000 mikrogramov/m <sup>3</sup> dim.plinov
težke kovine	0,4-5,0 mg/MJ energije

Velike razlike med spodnjo in zgornjo emisijsko vrednostjo pri najpomembnejših polutantih dokazujejo, da je les z ekološkega vidika lahko neoporečno, čisto kurivo. Pri nepravilni uporabi pa

je kurjenje z lesom ekološko celo problematično. V primerjavi s premogom in naftnimi derivati je les čistejše kurivo le glede žveplovih in dušikovih oksidov, CO, CO<sub>2</sub>, pepela ter težkih kovin. Pred naftnimi derivati ima les še to odločilno prednost, da ni nevarnosti razlitja in onesnaženja tal in voda.

### 6.7.2 Biološko-ekološki vidiki odvzemanja biomase iz gozdov

Glede na težke politične in gospodarske posledice naftne krize je razumljivo, da je bila v začetnem obdobju "renesanse lesa" za kurjavo vsa pozornost namenjena le tehnološko-ekonomskim vidikom pridobivanja čim večjih količin gozdne biomase. Negativnim posledicam in možnim škodljivim vplivom odvzemanja dotledaj netrgovske biomase iz gozdov, je bilo tedaj namenjeno le malo pozornosti. Raziskovalni in razvojni projekti so bili temeljeni predvsem na tehle izhodiščih:

- Več energije in surovine iz domačih virov - zmanjšati odvisnost od uvoza.
- Z dohodkom od biomase povečati gospodarnost in intenzivnost negovalnih in varstvenih del v gozdovih.
- O povečanem obsegu redčenj razbremeniti najvrednejše sestojе. Nadomestiti dosedanja drva z manjvredno drevesno, grmovno in drugo biomaso ter drva preusmeriti v lesno in kemično industrijo.
- Z biomaso nadomestiti z žveplom bogata fosilna goriva in prispevati k čistejšemu ozračju in zmanjšanju vplivov na umiranje gozdov.
- Izboljšati delovne razmere pri pridobivanju, predelavi in uporabi sečnih ostankov, predvsem za energetske namene.

Navedena izhodišča in utemeljitve so bile zagotovo upoštevanja vredni argumenti. Še vedno pa je ostalo nedorečeno vprašanje škodljivih vplivov odvzemanja biomase na gozdna tla in ravnost gozda. Gre za zelo pomembno vprašanje ali s takšnim početjem ne bi napravili gozdu več škode kot koristi, zlasti še v primerih trajnega odvzemanja celotne biomase drevesa. Zlasti v naprednih evropskih gozdarstvih, ki v razmerah propadanja gozdov vse bolj upoštevajo načela sonaravnega in večnamenskega gozda, ima ta problematika danes primarni pomen. K temu so največ pripomogle dosedanje izkušnje (steljarjenje, degradacije tal in devastacije gozdov), pa tudi novejša raziskave bilanc in procesov kroženja snovi in energije v gozdnih tleh.

Glede na veliko pestrost ekoloških in sestojnih dejavnikov ter njihovo soodvisnost je razumljivo, da ni mogoče postaviti splošno veljavnega pravila, kolikšen del biomase lahko brez škode jemljemo iz gozdov. Točnejše ocene so poznane le iz raziskav energetske in snovne bilance pri posameznih stvarnih primerih kot npr. pri določeni vrsti in starosti sestoja, na določenih tleh, pri različnih vrstah, oblikah in metodah sečnje itd.

leprav na manjkajočo vprašanje še ni dokončnega odgovora pa je nedvoumno, da bi s trajnim odvzemanjem celotne biomase drevesa, zlasti s podzemnim delom, že v nekaj proizvodnih obdobjih povsem osiromašili gozdna tla. Še toliko hitrejšo degradacijo bi povzročili na plitvih, siromašnih in sušnih rastiščih ter v neomernih, čistih kmetijah, zlasti iglavcev.

Upoštevati moramo, da je v drobnih vejah, poganjkih, listju (iglicah) in lubju kar 65%-70% vseh mineralnih snovi. V grobem povprečju je količinsko razmerje teh snovi naslednje:

deblo z lubjem : vejevina : listje (iglice) = 1:2:4 (22).

Drobna biomasa je obenem nepogrešljiva osnova za nastajanje in obnavljanje humusa v gozdnih tleh. Prav v humusu vsebovane mineralne snovi pa so najlažje dostopne drevesnim koreninam, kjer se spet vključujejo v krogotok snovi in energije (60).

Za primer si v naslednji preglednici oglejmo kroženje najpomembnejših mineralnih snovi pri 1 ha odračlega bukovega gozda (90).

	Ca	K	P	N	
Letno sprejme drevje iz tal:	kg	96	15	13	50
	%	100	100	100	100
z opadom se vrne v tla:	kg	82	10	10	40
	%	85	67	77	80
ostane v drevju:	kg	14	5	3	10
	%	15	33	23	20

Iz preglednice je dobro razvidno, kako škodljive bi bilo za plodnost gozdnih tal in rast gozda trajno, vsakoletno odvzemanje listja in drobnih vej, bodisi s steljarjenjem (grabljenjem listja) ali pa izkoriščanjem celih dreves.

Do podobnih ugotovitev so prišli strokovnjaki z raziskavo in medsebojno primerjavo različnih načinov sečenj v smrekovem gozdu. Primerjali so količino iz gozda odvzetih mineralnih snovi pri izkoriščanju celih dreves (s krošnjo vred) in pri klasični sečnji, kjer se izkoristi le deblovina, brez lubja in krošnje. Raziskave so pokazale, da je razlika v količini iz gozda odvzetih mineralnih snovi že v eni proizvodni dobi (obhodnji) naslednja:

N :	650 - 950 kg/ha
P :	65 - 100 kg/ha
K :	370 - 560 kg/ha
Ca:	400 - 570 kg/ha
Mg:	75 - 95 kg/ha

to neradi, da bi v izkoriščanje celih dreves vključili in gozda o R. brez vsebnosti, 2-10 k. ut. več. za. l. p. 4-15 k. ut. več. l. l. j. do 3 k. ut. več. kalcija in 7-5 k. ut. več. magnezija. Najbolj ni potrebna posebej razlagati. Kakšno posledico so imelo najpogostejše takšno početje na plodnost gozdnih tal in na vrsto gozdov.

Da gozde imajo prikladan predpovednik za vrsto gozdnarstva in gozdov bolj ali manj le teoretičen značaj. V posameznih izjemnih primerih bi lahko bila takšna nevarnost le v drobnel. celistvam zasebnem gozdu, če bi to vsako leto streljali, ob sečnjah izharistili celo drevo in tudi pobrali vse odpadke mladij. Če posebej, če bi to pobrali na mineralno revnejših in sušnih tleh. Posledice takšnega početja v preteklosti so nam vsem dobro poznane in marsikje še danes opazne. V splošnem pa takšne nevarnosti v naše gozdovi ni, in sicer iz več razlogov.

Velik del rast. drevja potrebnih mineralnih snovi se v gozdnih tleh neprenehoma obnavlja z razkrojem matične humine, del pa se jih akumulira tudi iz ozračja (H,P).

V obravnavanih gozdovih je akumulirano v gozdnem humusu do 150 ton organskih snovi na 1 ha.

Če kamo postopoma, ne izvajamo golosečenj na velikih površinah.

Na isto površino se običajno vračamo le vsakih deset let.

Hkrati pa vsako leto nanovo nastane iz opada listja, iglice, odmrle veje, manjša drevesca, grmovje, pritalna rastja.

(iz. deli svet) še 7-8 ton suhe organske snovi na 1 ha gozda.

V povprečju s sečnjo ne izkoristimo vsega prirastka. V gozdu

tudi vedno puščamo celoten pozemski in del nadzemnega dela

drevesa (panj). Letna predstavlja okrog 15 odstotkov celotne

mase drevesa. Skupaj s sečnimi ostanki pomeni to ob vsakokratni

sečnji (desetletno obdobje) 10-12 ton suhe biomase na 1 ha.

Zaradi specifičnih naravnih razmer (razgiba, alpski svet

teži terenj), ki so značilne za večji del naših gozdov, so

stroški pridobivanja lesa pri nas visoki. Če posebej pa to

velja za droben les, pri katerem veljavne cene najpogostejših ne

pokrivajo niti neposrednih stroškov. Še toliko manj gospodarno

bi bilo v takšnih razmerah ter se sedanjih stroških in cenah

pridobivanje sečnih ostankov.

Menim, da so navedena dejstva dovolj prepričljiva za trditve, da so splošno v naših gozdovih ni nevarnosti zmanjševanja plodnosti tal in rastičnosti gozdov zaradi preintenzivnega izkoriščanja sečnih ostankov. Nasprotno. Marsikdaj, še zlasti v težje dostopnih in neodprtih gozdovih ter v mladonocnih gozdovih in gmiščih, o intenzivnosti izkoriščanja še vse preveč odloča čista ekonomika, včasih tudi na račun preintenzivnih posegov v ostalih gozdovih.

Priloge na kratko prikazuje problematiko, ki pa je izredno obširna, kompleksna in pomembna, še posebej v razmerah propadanja gozda, naj navedemo nekatera splošna praktična pravila, ki jih priporoča in upošteva sodobno evropsko gozdarstvo:

Na plitvih, suhih in tromešnih tleh sečnih ostankov ne smemo izrabljati.

V normalnih ekoloških, sestojnih in gozdnogospodarskih (vrsta in oblika sečenj, obhodnja, obhodnjica) razmerah puščajmo v gozdu vso zeleno in drobno biomaso. Spodnja meja izkoristljive biomase naj bo pri premeru 3-4 cm. Običajno je to tudi prag ekonomičnosti pridobivanja sečnih ostankov.

Iz ekoloških, varstvenih in ekonomskih razlogov iz gozdov ni priporočljivo (dopustno) iskoriščati podzemni del drevesa. Izjeme so seveda krčitve (sprememba namembnosti površin), plantažna proizvodnja hitrorastočih drevesnih vrst, umetna obnova z intenzivno pripravo tal itd.



II. Posebni del

## 7. KRATEK PRIKAZ NEKATERIH NAJPOMEMBNEJŠIH REZULTATOV IN UGOTOVITEV NAŠIH PRAKTIČNIH POIZKUSOV PRIDOBIVANJA, PREDELAVE IN UPORABE SEČNIH OSTANKOV

Iz prvega, spletnega dela elaborata je naj delno razvidna vsebnost in celovitost problematike v zvezi s biomaso. Gre za široko pomembna vprašanja, ki zadevajo predvsem vsa področja javne aktivnosti in njegovega okolja. Zato ni naključje, da je biomasa že dobri dve desetletji tematika raziskav številnih timov znanstvenikov in strokovnjakov iz različnih področij. V ilustracijo naj ne manjka le podatek, da se na finchem ukvarja z biomaso okoli 30 visokoizobraženih strokovnjakov. Javno je, da se z njimi namen tretjije ogromna finančna sredstva, tako v nacionalnih kot mednarodnih okoliših (FAO, EGS, CEV in druge institucije).

Čisto tehnološki, ergonomski in ekonomski vidiki pridobivanja lesnega lesa so trajni problem gozdarstva, ki pa so obenem v neposredni povezavi z njeno in obnovo gozdov (čiščenja, redčenja, pramena, priprava tal). Pri iskanju novih, gospodarskejših tehnoloških rešitev je potrebna pozornost tudi na tehnologija izstrjevanja gozdnih lesnih ostankov, ki ima pred ostalimi tehnologijami nekatere pomembne prednosti, zato se je hitro uveljavila in razširila po vseh kontinentih sveta. Vse to je seveda omogočil tudi istodača in intenziven razvoj ustreznih tehnike z najnovejšimi večnamenskimi stroji, danes lahko se v gozdu izdelujemo kakovostne sekance za celozelo industrijo.

Problematika pridobivanja drobnega lesa je tudi pri nas silno pereča, in sicer iz večih vidikov: tehnološkega, ekonomskega, lesnouradovinskega, gozdnogojitvenega in okoljavarstvenega. Zaradi neugodne debelinske strukture in prepovedanja gozdov lahko pričakujemo, da bo ta problematika v prihodnje še bolj aktualna. Iskanje in uvajanje novih, gospodarskejših in gozdu prijateljskih tehnologij bo pri tem zagotovo ključne vprašanje.

Meda na uspešno uvajanje tehnologije pridobivanja drobnega lesa s predelave v sekance v gozdarstvu razvitih državah, je razumljivo, da smo bolj tehnologiji tudi mi namenili največ pozornosti. Seveda pa smo morali upoštevati nekatere naše specifičnosti, kot so:

osnovni koncept in družbene verificirane sisteme gospodarjenja z gozdovi.

Naravne razmere, dostopnost in odprtost gozdov.

Realne in potencialne vire ter količine drobne biomase.

Vrste in stopnje tehnološke razvitosti potencialnih posrbnikov gozdnih lesnih ostankov.

Potrebe po vrsti in kakovosti lesne surovine (sekancev).

Tehnične in organizacijske možnosti pridobivanja in uporabe sekancev.

Zaradi pomanjkanja ustreznih tehničnih sredstev, ki so nujno potrebna za ugotavljanje različnih tehnično tehnoloških, delovnih in ekonomskih količinskih in kakovostnih parametrov, smo bili pri tem prepričani, da se ugotovljeni rezultati dovolj zanesljivo odnova uporabnosti obrabljene tehnologije v naših razmerah.

Metode, metode, rezultate in ugotovitve naših raziskav smo podrobno, v različnih oblikah in na različne načine sproti posredovali strokovni in širši javnosti. Zato bomo tu na kratko prikazali le nekatera elemente naših pomembnejših aplikativnih raziskav. Natuden potek posameznih raziskav ter rezultati in ugotovitve pa so razvidni iz ustreznih sprotnih poročil.

## 2.1 POIZKUS IZDELOVANJA IN UPORABNOSTI SEKANCEV IN IVERI IZ BUKOVE VEJEVINE ZA PROIZVODNJO IVERNIH PLOŠČ

a. Kraj poizkusa: Brest, TOZO Iverka, Cerknica

b. Preizkušena surovina in njene značilnosti:

Sečena bukove vejevine iz končnega poseka, poprečne dolžine 2 m, srednjega premera 12,5 cm. Velik delež krivih, grčavih in rašljastih kosov.

c. Tehnična sredstva:

- stabilni sekalnik PALMAN, prirejen za sekanje lesnoindustrijskih ostankov primarne predelave. Največji premer sekanja 20 cm, dolžina sekancev 30 mm, debelina do 10 mm.
- Iverilnik HOMBAK H 44, prirejen za predelavo dolgega oblega lesa v rezane iveri dolžine 20-40 mm, debeline 0,2-0,6 mm.

d. Rezultati in ugotovitve:

- Zaradi velike variabilnosti osnovnih parametrov (dolžina, debelina, krivost) preizkušane surovine in specifičnih tehničnih zahtev tehnološkega postrojenja izdelava iveri ni možna. Poizkus izdelave iverja na obstoječem iverilniku je bil ocenjen kot neuspešen.
- Poizkus izdelave sekancev na sekalniku PALMAN PHT je pokazal, da je to močan način predelave sečnih ostankov, vendar pod določenimi pogoji, ki jih moramo upoštevati pri pridobivanju sečnih ostankov:
    - maksimalna debelina (grče, odebelitve) ne sme presegati tehničnih normativov stroja, to je 20 cm,
    - krivost kosov naj ne presega 30 cm od osnovne osi,
    - rašljasti ostanki povzročajo zastoje in jih moramo prerezati,
    - različna dolžina kosov ne povzroča težav.
  - Izdelani sekanci so ustrezne kakovosti in ne povzročajo

moženj v tehnološkem postopku in na v kakovosti proizvodov. Priporočljivo je ločevanje sečnih ostankov po debelini. Debelejše se tanki bi predelali na iverilniku, tanjše (pod 12 cm) pa na sekalniku.

## 7.2 POIZKUS PREDELAVE DROBNEGA DREVJA JELŠE V ENERGIJSKE IN TEHNOLOŠKE SEKANCE

a. Kraj poizkusa: Ljubljansko Barje

b. Namen poizkusa:

- Preizkus tehnološke variante izdelave sekancev na kamionski cesti.
- Praktičen preizkus delovanja in učinkovitosti prvega sekalnika domače izdelave.
- Preizkus nekaterih fizikalnih lastnosti izdelanih sekancev in njihove uporabnosti.

c. Delovna sredstva:

- Sekalni stroj RIKO DS-400 z vijačno izvedbo noža, trotočkovni traktorski priključek.
- Kmetijski traktor IMT 560 za pogon in prenos sekalnika.
- Kmetijski traktor torpedo za vleko prikolice Zmaj, nosilnosti 7,5 ton.

d. Delovne razmere in značilnosti surovine:

Kupi sveže posekanih jelševih drevesc, tik ob cesti, s sledečimi elementi:

- srednji premer pri panju: 6,5 cm; maksimalni 14 cm,
- srednja dolžina drevesa in prežaganih kosov: 2,65 m; maksimalna dolžina 14 m,
- masa srednjega kosa (drevesca): 7,28 kg
- skupno število obdelanih kosov: 437
- skupna dolžina vseh kosov: 1160 m

e. Uporabljena tehnologija in organizacija:

Traktor s sekalnikom se je premikal po cesti od kupa do kupa. Sekalnik je izpihoval sekance na prikolico, ki jo je vzporedno premikal drug traktor.

V stroj sta podajala dva delavca, tretji je prežagoval predolgo drevje in usmerjal debelejše konce proti polnilni odprtini sekalnika.

f. Meritve dela, ugotavljanje učinkov ter lastnosti sekancev:

Čas smo merili po nitelni metodi, in sicer le za dve operaciji: izdelava sekancev in premiki stroja. Pri izračunu učinkov smo upoštevali povprečno 30% neproduktivnega časa. Učinke smo ugotovili na osnovi mase (tehtanja) in prostornine lesna prikolice.

Lastnosti sekancev smo ugotavljali po standardnih metodah v laboratoriju Inštituta.

g. Rezultati:

- Struktura časa:
  - skupni čas : 71,50 min (100%)
  - produktivni čas: 54,32 min ( 76%)
  - zastoji : 17,18 min (24%)
  - obratovalni čas stroja : 54,15 min (99,19% prod.časa)

- Izračunani učinki:

Osnova za izračun učinka, čas	min/t	min/prm	t/60 min	prm/60 min	prm/dan
efektivni	13.32	4.98	4.50	12.05	
produktivni	17.08	6.32	3.51	9.39	
delovni	24.40	9.13	2.46	6.57	53.0

- Značilnosti svežih sekancev:

- povprečna dolžina: 50 mm; posamezne vejice do premera 5 mm so ostale nerazsekane. Največja ugotovljena dolžina nerazsekanih vejic je bila 18 cm.
- debelina sekancev: 14 mm (12-16 mm)
- širina sekancev: 30 mm (10-60 mm)
- struktura sekancev:
  - listje : 3,5
  - (v masnih %)
    - vejice do  $\varnothing$  10 mm : 12,3
    - lesni sekanci z lubjem: 84,2 , od tega
    - delež lesa : 66,4
    - delež lubja : 17,8
- poprečna vlažnost sekancev : 47,12
- sestava sekancev iz deblovine:
  - les : 90,2
  - lubje : 9,8
- volumenski in masni kazalci ter razmerja:
  - 1 prm sekancev (poprečni vzorec) = 270 kg
  - 1 prm sekancev iz oblovine (popreč.prem. 9,4 cm) = 0.251 m<sup>3</sup> lesa
  - 1 m<sup>3</sup> lesa (oblovine  $\varnothing$  9,4 cm) = 2.862 prm sek.
  - 1 m<sup>3</sup> prm sekancev (oblovina  $\varnothing$  9,4 cm) = 302 kg
  - 1 m<sup>3</sup> lesa (oblovina  $\varnothing$  9,4 cm) = 866 kg

- značilnosti celih sekancev (W: 0%):

Poprečni vzorec sekanci iz oblovine

- struktura sekancev:		
- listje:		
- vejice do $\varnothing$ 10 mm:	2,9	-
- lesni suk in lubjem:	16,3	
- delež lesa:	80,8	100,0
- lubje:	61,2	92,5
	19,6	7,5

h. Ugotovitve

- Sekalni stroj RIKO DS-400 je učinkovit stroj za izdelovanje sekancev iz celih dreves in delov dreves do največje debeline 12 cm (iglavci in mehki listavci do 15 cm, trdi listavci do 10 cm). Delovanje je v splošnem zanesljivo. Občasni zastoji so posledica zamažitve ispihovalne cevi pri zmanjšanih obratih zaradi preobremenitve stroja. Zaradi premajhne širine polnilnega jaška ni možno sekancev košatih dreves z debelejšimi (nad 3 cm) in pod topim kotom raščeniimi vejami ter večjih šopov vejevine.

- Dejanski učinki stroja ugotovljeni v poskusu so bistveno manjši od nazivne kapacitete. Pogonska moč navedena v tehničnih karakteristikah stroja je za 25-30% premajhna, še zlasti pri izdelovanju sekancev iz trdih lesov.

- Nazivna dolžina sekancev presega dejansko dolžino v poprečju za 25%. Pri samodejnem kurjenju bi nesekane drobne vejice povzročale težave (tvorba obokov v zalogovniku).

- Glede na strukturo in velikost sekancev iz celih dreves so le-ti uporabni predvsem za kurjavo. Preizkus štirimesečnega skladiščenja v zaprti, zračni shrambi je pokazal, da ni nevarnosti biološke kemičnega razkroja. Osušeni na 28% vlažnost so odlično in čisto izgorevali v navadnem kotlu (IAM STADLER). Za samodejne kurilne sisteme (do 100 kW) bi bilo potrebno poprej izločiti večje kose in nesekane vejice.

Za tehnološke namene (iverne in vlaknene plošče, nebeljena celuloza) je uporabnost le pogojna (izločitev nelesnih sestavin, kot primes stankarnim sekancem).

Pri izdelovanju sekancev iz oblovine (brez vej in listja) se je ločilo od lesa od 40-50% lubja (drevje je bilo v soku). Z izločitvijo tega lubja (odplavljanje, drobljenje, sejanje) bi bili ti sekanci primerna tehnološka surovina.

- Za delo s sekalnim strojem zadoščata dva delavca. Nepogrešljiva je lahka motorna žaga za občasno obvejevanje in prežagovanje predolгих, krivih in rašljastih dreves. Nujna je uporaba zaščitnih sredstev, še posebej proti hrupu, ki ga povzroča sekalni stroj.

Merilni sistem za tehnološki sistem je uporabljen za manjše količine okrogljic in se je razvzno razdeljen. To je proučeno predpripave celotnega materiala za sekanje, uporabljen je debelejših konic za sekanje okrogljic. Za sekanje uporabljajo traktorje, ki delava večjih konic) zaobmočja, ki jih je treba uporabiti in večje količine. Če je potrebno, se lahko uporabijo tudi posebni prikolice ali polprikolice). Tehnologija je namenjena in uporabljena v tej študiji za samostojno delovanje gospodarstva.

### 1.3. POIZKUSI S POUKOM TEHNOLOŠKIH SEKANCOV IZ BUKOVIH OKROGLJIC (POLZINE 198)

a. Kraj proučevanja: ČD, Postojna

b. Cilji in namen proučevanja:

Analiza in primerjava učinkovitosti sekalnikov VS-15 Tehnostroj, Ljeto in W10-u Poettinger, Avstrija. Ugotovitev razlik med debelino okrogljic in učinki. Proučitev fizičnih lastnosti in uporabi sekancev za tehnološke namene (indivernih plošč).

Priloge: Priloge 1-4

Vsak od poskusov 100 kg ploščajev 1 m dolgih, svežih bukovih okrogljic. V poskusih so bile kroglice razdeljene po 2 cm debelinskih razredih, merjeno na debelejšem koncu, in sicer: 4-6, 6-8, 8-10, 10-12, 12-14 in 14-16 cm. Vse okroglice so bile v 105ju.

a. Delovna sredstva in traktor	Tehnostroj VS-15 (C/D)	Poettinger W10-u (C/D)
material:	traktorovski trakt.priklj.	traktorovski trakt.priklj.s.podvozje
izvedba:	5m je noži na disku	5m je noži na disku
težina materiala:	360 kg	1200 kg
potrebna pogon.mot.:	30-40 kW	40-60 kW
rotalna hitrost:	500-1000/min	500-1000/min
kapaciteta:	5-7 m <sup>3</sup> /h	10-15 m <sup>3</sup> /h
največji ø sekancev:	14,5 cm	24 cm
debelina sekancev:	5-25 mm	4-120 mm
največja višina izmetaneje		
okrogljice:	350 cm	350 cm

pogon sekalnikov: kmetijski traktor IMT 558

- Oba sekalnika nastavljena na dolžino sekanja 25 mm.

e. Meritve časa, učinkov in lastnosti sekancev:

Kronometrične meritve učinkov in skupnega časa. Skupni čas vsebuje: sekanje, podajanje in tehnološke zastoje, brez

- premikov strojev.
- Meritve loličin in razmerij sekancev s pomočjo zaboja poznane prostornine.
- Laboratorijske analize sekancev: sušenje, sejanje, določanje primeri, vlažnosti, frakcijske sestave.

f. Rezultati:

	T		P	
	min	%	min	%
- časovni elementi:				
- skupni čas:	10,31	100	8,95	100
- efektivni čas:	6,16	60	4,79	53
- ostali čas:	4,15	40	4,16	47

Poraba skupnega in efektivnega časa po sredinah debelinskih razredov sekanih okroglic je za oba stroja prikazana v grafikonu 10.

Tab.6: Struktura skupnega časa in deleži efektivnega časa po debelinskih razredih (%)

Sredina deb. razreda (cm)	T		P	
	skup.čas	delež efekt.č.	skup.čas	delež efekt.časa
5	31	60	28	60
7	20	63	16	60
9	16	68	12	59
11	13	56	14	54
13	11	56	14	45
15	9	46	16	36
Skupaj	100	60	100	53

- Izračunani dnevni učinki:

Tabela 7:	T		P	
	ton	m <sup>3</sup>	ton	m <sup>3</sup>
- povprečni učinki v efektivnem času:	46,7	123,7	60,0	159,0
- povprečni učinki v skupnem času:	27,9	73,9	32,0	84,8
- maksimalni učinek v skupnem času:	60,0	159,0	44,0	116,6
(pri T v deb.razredu 13 cm, pri P 10 cm)				

Vpliv debeline (premera) okroglic na učinke izdelave sekancev je prikazan na graf. 10 in 11..



- Lastnosti sekancev

- prostorninska in težiška mera:

1 m<sup>3</sup> lesa = 1 tona

1 tona lesa = 2,65 m<sup>3</sup> (nacuin) sekancev

1 m<sup>3</sup> sekancev = 0,38 tone lesa

1 prom. droglic = 1,73 m<sup>3</sup> sekancev

- vlažnost sekancev:

	T	P
poprečna vlažnost (W%)	40,83	39,58
intervali vlažnosti po debeli. nastedih:	37,47-45,05	36,46-40,84

- sestava sekancev po velikosti (frakcije svežih sekancev) v masnih %.

Tabela 8:

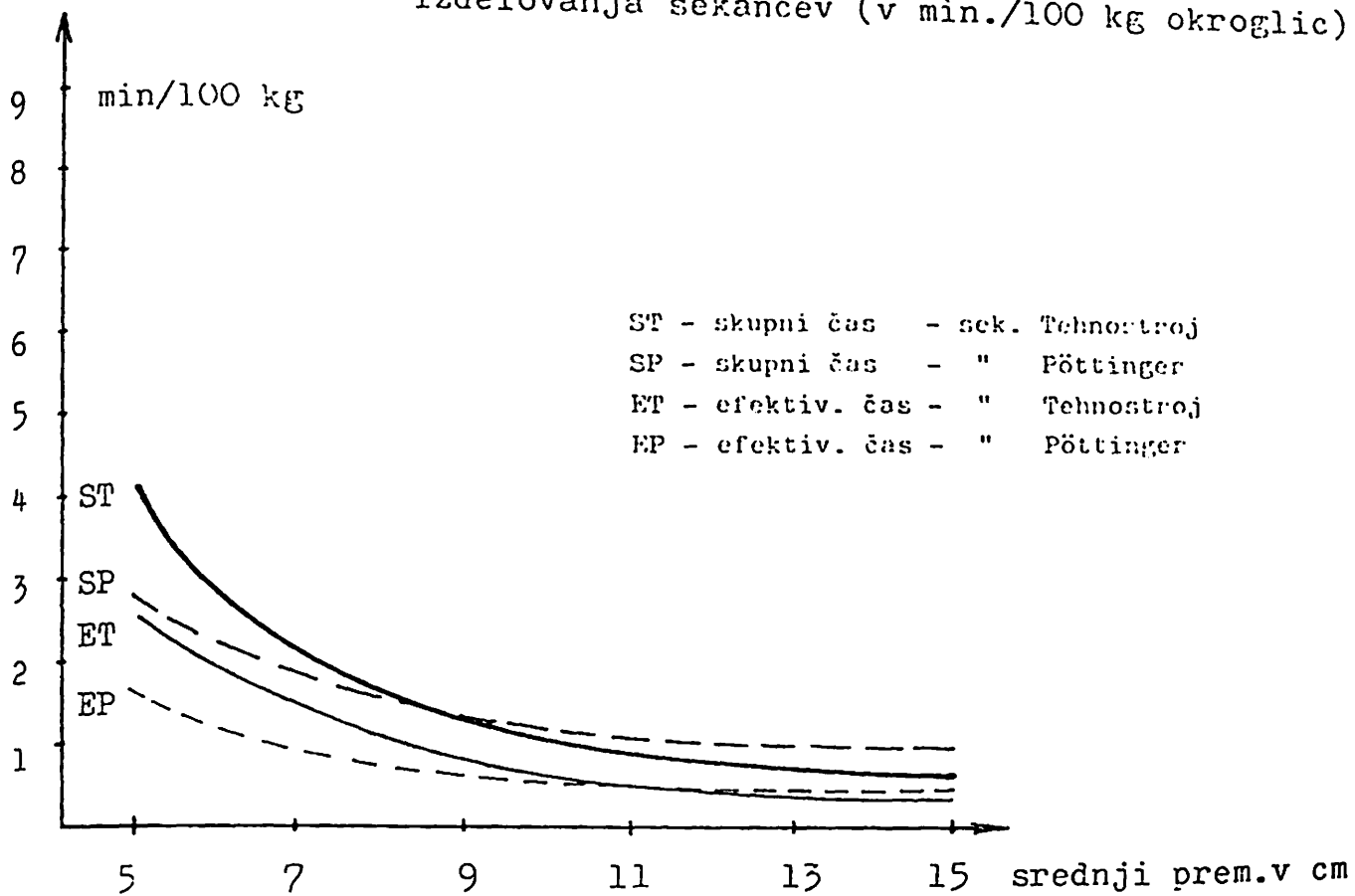
sito v mm	T	P	
63,0	0,67	0,00	optimalno za vlaknene plošče (82):
31,5	0,51	0,82	dolžina: 25 - 30 mm
16,0	24,13	24,07	širina: 20 mm
8,0	52,48	48,76	debelina: 5 mm
2,0	21,32	24,56	
drobir	0,08	1,79	
skupaj	100,00	100,0	

- deleži prostega lubja (v% na suho snov):

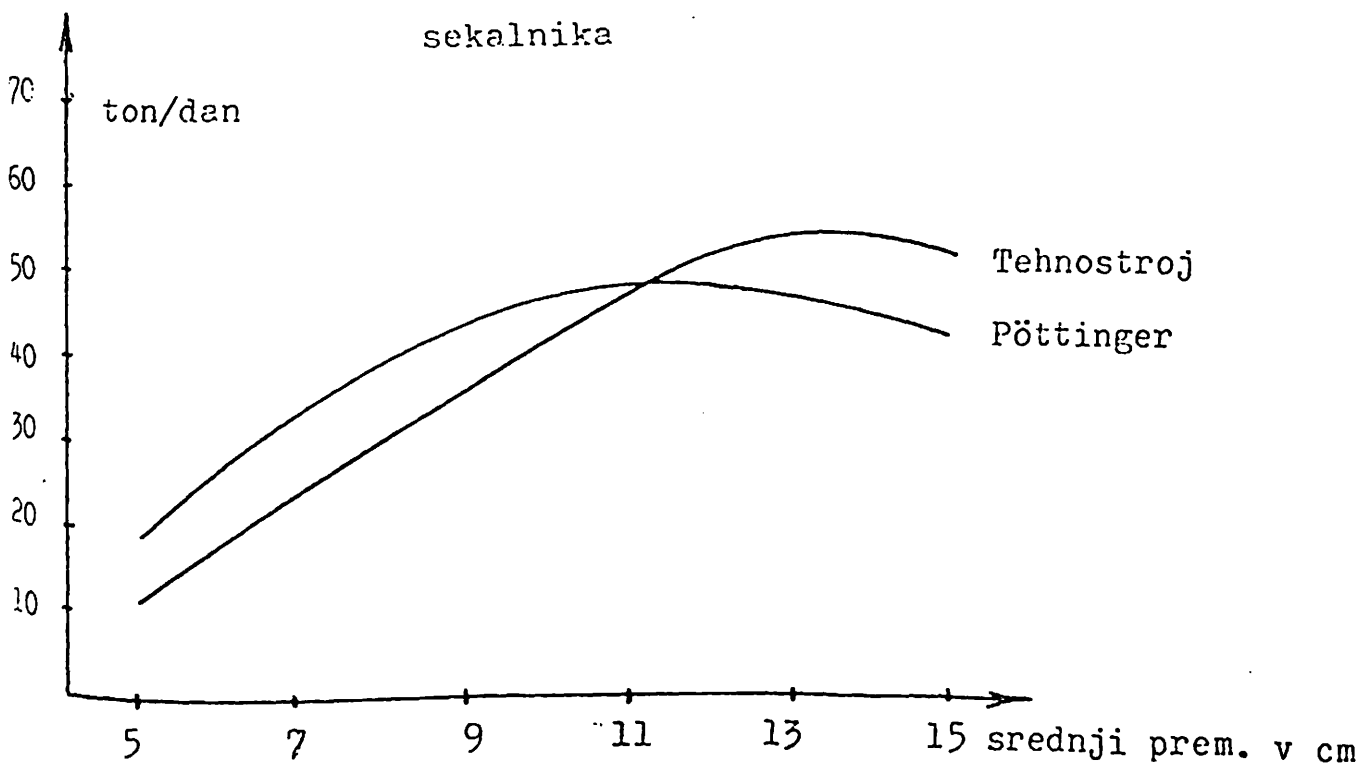
Tabela 9:

srednji premer droglic (cm)	T	P
5	2,75	2,10
7	2,66	2,53
9	2,24	1,75
11	2,33	2,00
13	2,06	2,04
15	1,84	2,05
povpreč.	2,33	2,06

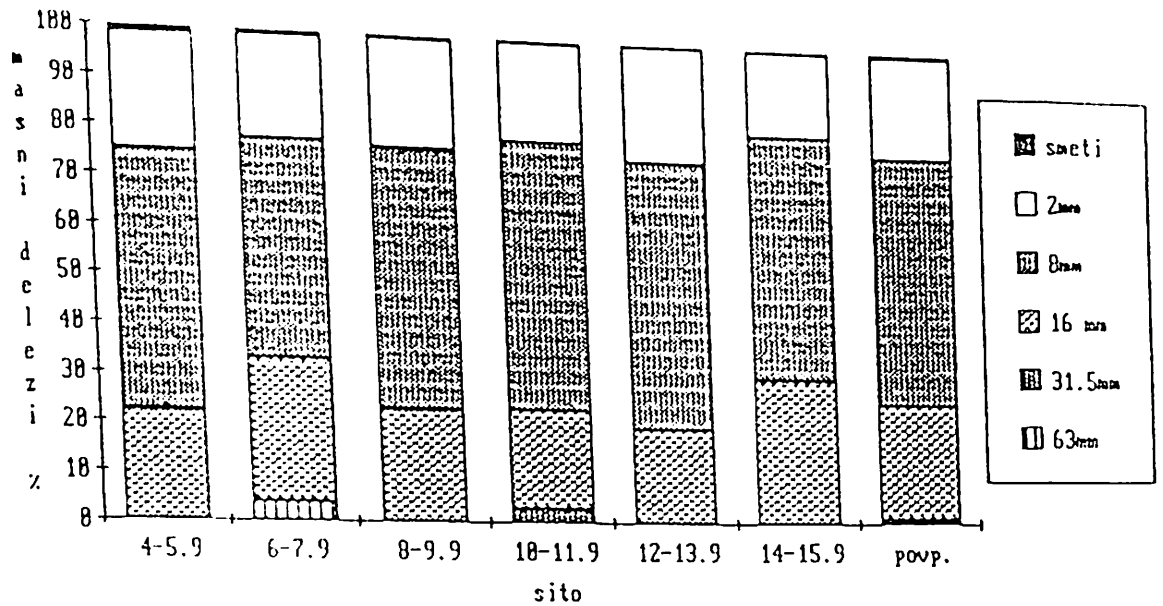
Graf. 10: Vpliv debeline (sred.premera) na čas izdelovanja sekancev (v min./100 kg okroglic)



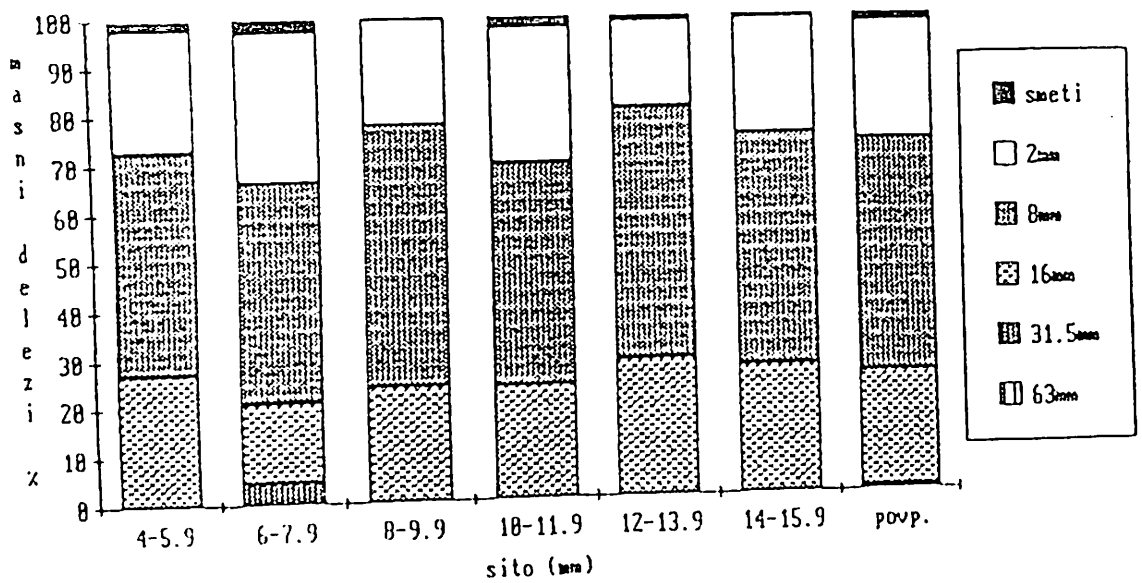
Graf.11 : Primerjava učinkov in njihove odvisnosti od srednjega premera polen za oba preiskušena sekalnika



Graf. 12 : SESTAVA SVEZIH SEKANCEV PO VELIKOSTI - TEHMOSTROJ (analiza Lesonit)



Graf. 13 : SESTAVA SVEZIH SEKANCEV PO VELIKOSTI - POTTINGER (analiza Lesonit)



## 2.1. Učinkovitost

Pri obeh sekalnikih je delež efektivnega časa relativno nizek. Či večujemo premera polena se delež efektivnega časa zmanjšuje. Pri stroju P je ta odvisnost tesnejša.

Učinkovni učinki pri stroju P so za 12,8% večji kot pri I. Stroj P je učinkovitejši pri tanjših premerih in sicer do povprečnega premera okroglic 10-11 cm. Pri večjih premerih je učinkovitejši stroj I, ki dosega maksimalne učinke pri premeru 17 cm.

Ugotovljeni učinki so v mejah, ki so poznane iz tuje literature in prakse za sekalnike podobnih tehničnih karakteristik.

Med vlažnostjo sekancev in debelino okroglic ni značilne odvisnosti. Veliki razlik v poprečni vlažnosti sekancev pri posameznem stroju so poznani.

Vpliv vrste stroja na sestavo sekancev (frakcijsko sestavo) ni značilen. Zelo majhen je delež nelesnih primesi. Večji delež drobne frakcije je pri sekalniku P. (graf. 12, 13).

Glede na delež lubja v suhem vzorcu (pri T= 2,33%, pri P= 2,06% so pri izdelavi sekancev odloči od lesa pri T 33% in pri P 31% lubja pri svežih sekancih.

Delež sekancev, ki ustreza optimalnim tehnološko-ekonomskim pogojem industrije vlaknenih plošč, je bil pri stroju T 25,31%, pri P pa 24,82%. S prilagajanjem dolžine sekanja je možno izdelati bistveno večji delež uporabnih sekancev.

Glede standardov so izdelani sekanci uporabnejši za iverne plošče in polcelulozo. So tudi odlično kurivo za avtomatske sisteme kurjenja.

## 2.2. STATISTIČNE PRIDOBIVANJA DROBNEGA DREVJA IZ PRVIH REDČENJ BUKOVEGA IN SMREKOVEGA LETVENJAKA S PREDDELAVO V SEKANCE TER NJHOVE UPORABNOSTI

To je bil prvi obsežen, znanstveno - strokovno zasnovan, izveden ter tudi javno prikazan celosten preizkus tehnologije pridobivanja drobnega lesa s predelavo v sekance, pri katerem smo dobili prve obsežnejše in zaneslivejše rezultate. Praktično smo preizkusili uporabnost različnih tehnoloških sistemov in variant, in sicer celoten proizvodni proces, od poseka do uporaba sekancev za tehnološke in energijske namene.

Preizkus smo izvedli na dveh objektih, in sicer v bukovem (objekt 1) in smrekovem letvenjaku (objekt 2). Osnovi podatki o izbranih objektih, njihovi pripravi ter nekateri rezultati so prikazani v tab. 10 in 11 in skici 12. Izbrani in preizkušeni tehnološki sistemi pa v skicah 13a, 13b in 13c.

Tabela 10: Značilnosti poizkusnega objekta 1 - bukev (Kalič)

Osnovni podatki:

- lokacija: GG, Postojna, Kalič
- lastništvo: SPP
- površina: 4,077 ha

SESTOJ (stanje pred redčenjem)

- skup.raznodoben. (20 - 50 let) sem. pasj bu sestoj, ps javor
- razv.faza : letvenjak - drogovnjak
- lesna zaloga : 150 m<sup>3</sup>/ha
- tekoči prirastek: 7-8 m<sup>3</sup>/ha
- število drevja : 3400 /ha
- skupna masa : 233 ton = m<sup>3</sup>/ha
- masa sred.drevo : 68 kg

IZSLEDKI MERITEV:

PREPI

- l. redčenje letv. drog.
- posekana lesna masa: 22,7 t/ha
- posekano število drevja: 1380/ha
- intenz.redč. po masi: 10 %
- intenz.redč.po številu: 41 %
- masa oblovin  $\varnothing \geq 4$  cm: 80 %
- masa oblovin  $\varnothing < 4$  cm: 20 %
- srednje drevo: masa = 32 kg,  
H= 13,5 m  
D<sub>1,30</sub> = 8 cm

Tabela 11: Značilnosti poizkusnega objekta 2 - smreka (Ravberkomanda)

Osnovni podatki:

- lokacija: GG, Postojna, Ravberkomanda
- lastništvo: SPP
- površina: 0,12 ha

SESTOJ (stanje pred redčenjem)

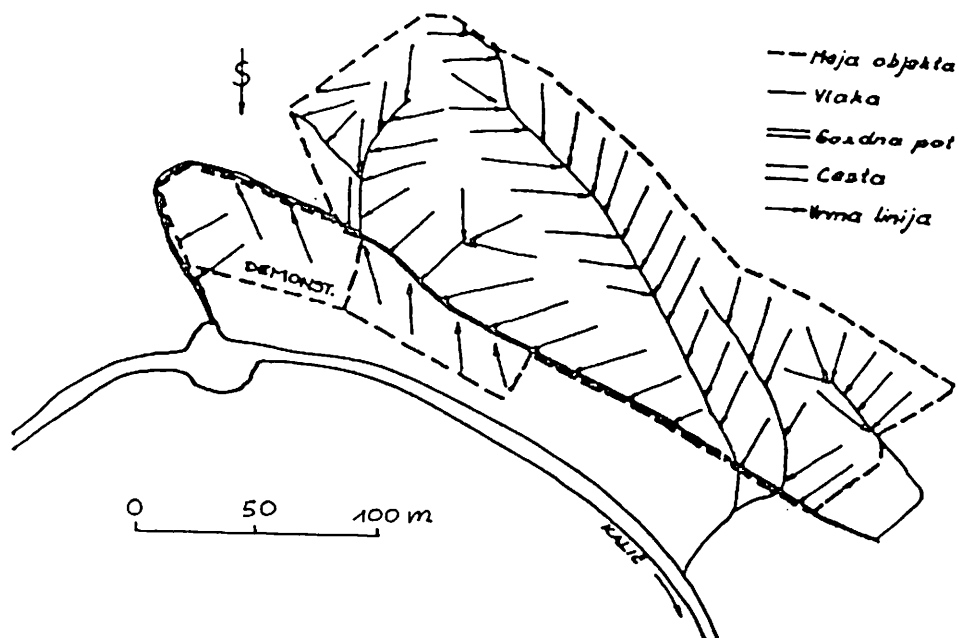
- nasad smreke : 22 let
- razv. faza : letvenjak
- lesna zaloga (težna): 20 m<sup>3</sup>/ha
- število drevja : 6000/ha
- skupna drevesna masa: 171,5 ton/ha
- masa sred.drevo : 28 kg

IZSLEDKI MERITEV:

l. redčenje letvenjaka

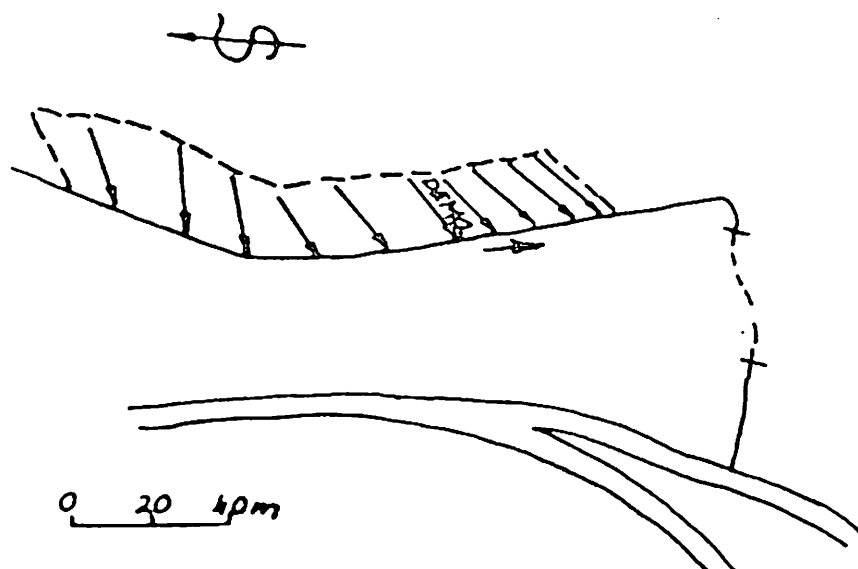
- posekana drevesna masa : 37,4 ton/ha
- posekano število drevja: 1970/ha
- intenz. redč.po masi : 22%
- intenz. redč.po številu: 33%
- masa oblovin  $\varnothing \geq 3$  cm : 67%
- masa krošenj  $\varnothing < 3$  cm : 33%
- srednje drevo : masa = 19 kg, H=13 m, D<sub>1,30</sub> = 7 cm

Skica 12: Skica raziskovalnih objektov z nekaterimi tehnološkimi parametri



objekt 1

Kalič - bukev



objekt 2

Ravbarkomanda -

- smreka

Tehnološko-tehnični parametri

	objekt 1	objekt 2
Gostota vlak	193 m/ha	-
Povp. koeficient naklona vlake	15,5 %	9 %
Povp. pravilna razdalja	260 m	250 m
Gostota vrvnih linij	480 m/ha	-
Gostota vrvnih linij (široke)	-	730 m/ha
Gostota vrvnih linij (ozke)	-	1550 m/ha
Število vrvnih linij	59 +(4)	6 + (4)
Povp. dolžina vrvne linije	30 m	20 m
Povp. traktorsko breme (1+0)	684 kg	408 kg
Povp. traktorsko breme (1+1)	794 kg	-
Količina biomase na vrvno linijo	127 t (ali 42 kg/m)	-
Količina biomase na vrvno linijo (šir.)	-	0,90 t
Količina biomase na vrvno linijo (ozke)	-	0,63 t

#### 7.4.1 Cilji in namen poizkusov:

Glavni cilj poizkusov je bil: Ugotoviti tehnično tehnološko možnost in gospodarnost izrade drobne drevesne mase, ki nastane pri prvih redčenjih, in sicer s predelavo v gozdne lesne sekance. V okviru tega splošnega cilja smo imeli številne delne cilje:

- Preizkusiti, analizirati in definirati različne tehnološke in organizacijske različice proizvodnega sistema pridobivanja sekancev.
- Ugotoviti proizvodne parametre pridobivanja drobnega lesa in sekancev ter njihove medsebojne vplive pri različnih sistemih, organizacijskih oblikah, tehničnih sredstvih, razdaljah transporta ter vseh ostalih količinskih in kakovostnih elementih.
- Preizkusiti in medsebojno primerjati učinkovitost in uporabnost različnih tehničnih sredstev, ki so novost na domačem tržišču (sekalniki, kotalni prekucni zabojnik, samodejna kurilna naprava).
- Količinsko in kakovostno ovrednotenje iz prvih redčenj pridobljene drevesne biomase.
- Ugotoviti nekatere najpomembnejše fizikalne in kemične lastnosti pridobljenih sekancev ter njihovo uporabnost za različne namene.
- Ugotoviti negativne vplive (poškodbe) na sestoj pri uporabi preizkušane tehnologije.
- Na osnovi analiz izbrati našim razmeram najprimernejšo tehnološko varianto pridobivanja drobnega lesa iz prvih redčenj ter prikazati strokovni javnosti uporabnost različnih tehnoloških sistemov, tehničnih sredstev in izdelanih sekancev.

#### 7.4.2 Izvedba preizkusov:

Preizkusili smo dva osnovna tehnološka sistema pridobivanja:

- Spravilo celega drevja do traktorske poti, izdelava sekancev in prevoz sekancev po poti do uporabnika (Iverka, Brst). (Skica 13a).
- Spravilo celega drobnega drevja do kamionske ceste (pomožnega skladišča), izdelava sekancev neposredno na kamion in prevoz sekancev do uporabnika (Lesonit, Ilirska Bistrica) (Skica 13 b).
- Simulirali smo tudi naslednjo tehnološko varianto: spravilo drevja do traktorske poti, izdelava in prevoz sekancev s traktorsko polprikolico do ceste, pretovor sekancev in prevoz sekancev s kamionom. Upoštevana je le v kalkulacijah. (Skica 13 c).

Pri poizkusu v smrekovem letvenjaku, ki je bil opravljen v minimalnem obsegu, smo uporabili le drugi sistem.

Pri vseh variantah so bile preizkušene pri posameznih fazah različne organizacijske oblike:

- sečnja: 1+0; 1+1 (motorna žaga Husqvarna 266)
- spravilo (traktor IMT 560 z dvobobenskim vilhom Igland) 1+0; 1+1
- izdelava sekancev: 1+2, 1+3 (Tehnostroj, Poettinger).

Pri poskusu smo opravili postopke v temle zaporedju:

- Izbira objekta, priprava kart in obstoječih podatkov ter izmera elementov obstoječih prometnic (ceste, poti, vlake).
- Izločitev in označba objektov, sečno-spravljenih enot ter izmera elementov obstoječih prometnic (ceste, poti, vlake).
- Odkazilo drevja.
- Trasiranje vravnih linij.
- Sečnja.
- Ugotavljanje nekaterih elementov posekanih dreves;
- Spravilo.
- Izdelovanje sekancev.
- Jemanje vzorcev za analize sekancev.
- Prevoz sekancev.
- Ugotavljanje poškodb v sestoji.
- Laboratorijske analize sekancev.
- Obdelava in analiza podatkov.

Količino in strukturo odkazanega in posekanega drevja, učinke in stroške proizvodnje ter vse ostale potrebne parametre smo ugotovili na osnovi tehtanja vzorčnih dreves. Pri meritvah smo upoštevali le drevesca nad 4 cm prsnega premera pri bukvi in nad 3 cm pri smreki. Ta merilni prag smo upoštevali tudi pri analizi sestave biomase (graf. 14 in 15). Za izračun volumna na osnovi ugotovljene mase smo upoštevali ekvivalent 1 (1 tona = 1 m<sup>3</sup>).

Odkazilo, sečnjo in spravilo so opravili izurjeni delavci GG Postojna. Pri izdelavi sekancev so sodelovali strokovnjaki GŠC. Meritve časa, učinkov in drugih elementov pa smo opravili delavci Inštituta in GŠC.

Pri trasiranju vravnih linij na objektu 1 smo upoštevali:

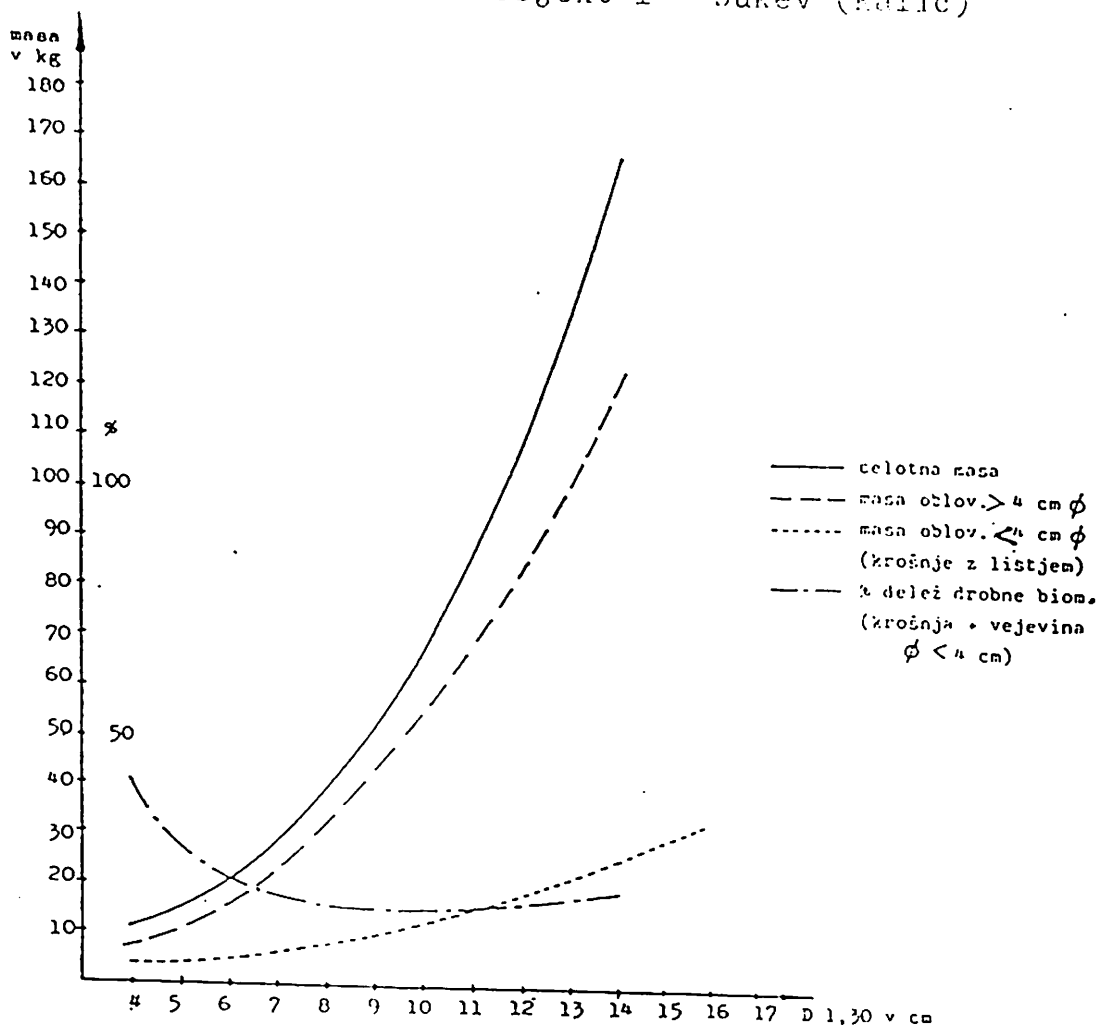
- koncentracijo odkazanega drevja,
- terenske razmere,
- preostalo drevje, zlasti izbrance,
- obstoječe prometnice in smeri spravila.

Na objektu 2 (smrekov letvenjak) smo trasirali vravne linije geometrijsko, in sicer na razdalji 9 in 18 m.

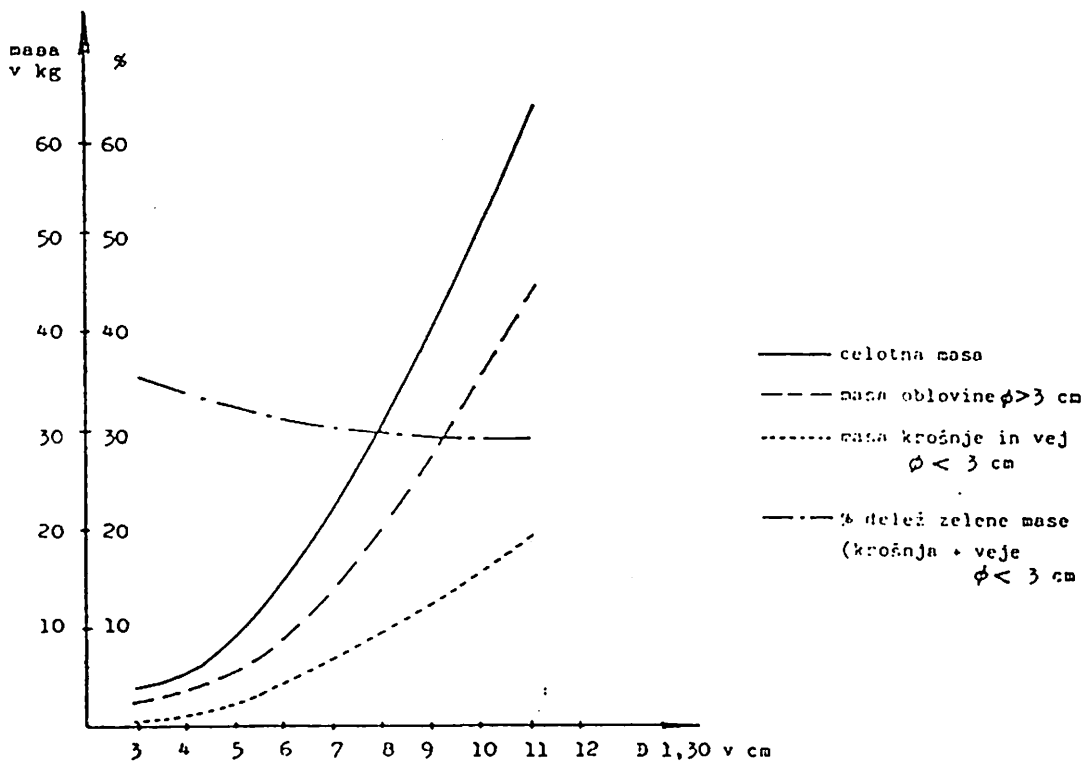


Povprečna masa in sestava drevesnine v odvisnosti od  
 prsnega premera drevesa

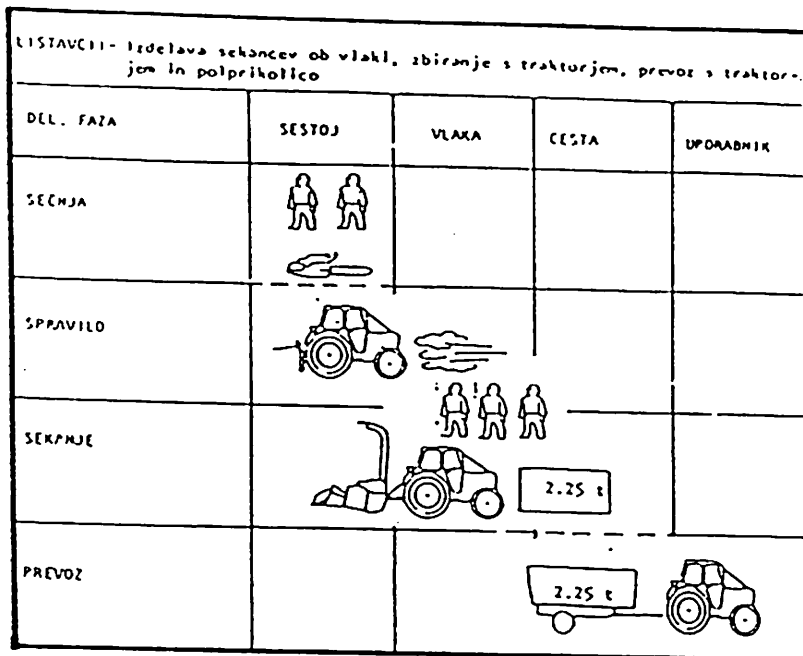
Graf. 14 : Poizkusni objekt 1 - bukev (Kalič)



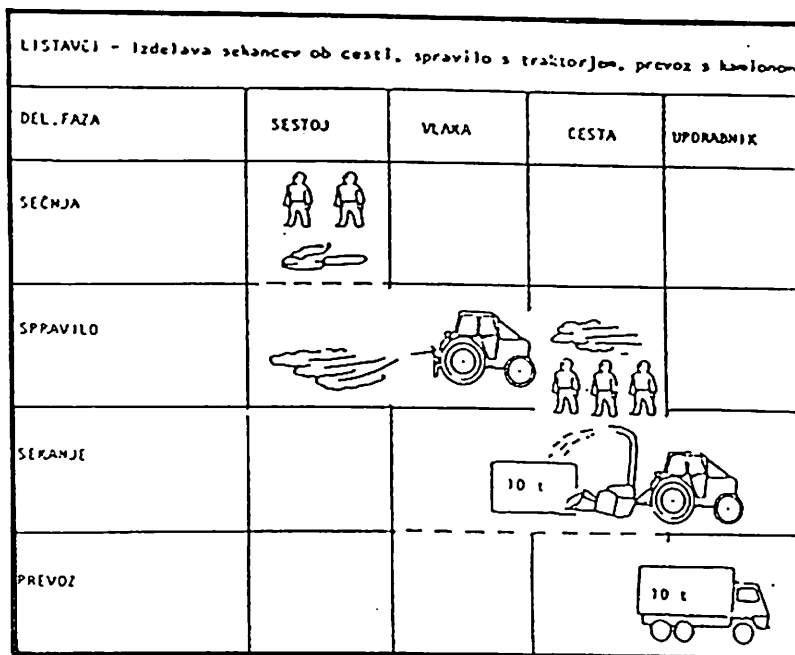
Graf. 15 : Poizkusni objekt 2 - smreka (Ravbarkomanda)



Preizkušani osnovni tehnološki sistemi .




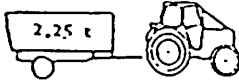



Skica 13a : Tehnološka varianta 1



Skica 13b : Tehnološka varianta 2

LISTAVCI - izdelava sekancev ob poti, zbiranje s traktorjem, volnja po poti s traktorjem in polprikolico, prevoz s kamionom

DEL. FAZA - PODFAZA	SESTOJ	POT	CESTA	UPORABNIK
SEKUNJA				
ZBIRANJE				
SEKANJE				
VOZMJA				
PREVOZ				

Skica 13c : Tehnološka varianta 3

Opomba : Na objektu 2 (smreka) smo preizkusili le prvo tehnološko varianto.

Glede na drobno drevje in uporabljeno dravelno metodo so sestavljale te dele operacije.

- Usmernjeno podiranje glede na vravno linijo (smer spravila).
- Morebitno sproščanje drevja (težje drevje je sprostil traktorist s pomočjo vrvi).
- Prezagovanje dreves ali odžagovanje vrladec (delov krošnje) pri težjem in neuširjeno podrtem drevju.
- Morebitno zazagovanje predebelih (nad 4 cm) in pod topim kotom raščeni vej, ki bi ovirale spravilo (poškodbe!) in povzročale rastoje (zatikanja) pri izdelavi sekancev.
- Zbiranje dreves na vravne linije.

Delovno fazo opravlila so sestavljala naslednja opravila:

- Vezanje in privlačenje tovorov do traktorja s pomočjo dvobobanjskega vitla.
- Vlačenje tovorov do poti ali kamionske ceste.

Registrirali smo število tovorov, število dreves (kosov) v tovoru in premere v proni višini.

Sekance smo izdelovali z dvema sekalnima strojema, to sta bila Tehnostroj VC-15 in Poettinger WID-U. Tehnične karakteristike so nam že poznane iz drugega poiskusa. Pri obeh sekalnikih je bilo dodajanje ročno. Preiskušane so bile različne organizacijske oblike: 1+1, 1+2, in 1+3.

Prevoz sekancev do porabnikov so opravili zasebni prevozniki s traktorsko polprikolico (kotalni prekučnik) in kamionom z nadgrajenim prekučnim kesonom.

Vzorci sekancev smo jemali sproti, poprečno 5-6 vzorcev iz vsakega tovara, jih neprodušno zaprli v polietilenske vrečice in takoj poslali v analize. (laboratoriji: IGLC, Rudnik Trbovlje, Brest Cerknice, Lesonit Il.Bistrica). Zaradi relativno majhnih količin izdelanih sekancev industrijski preizkus (iverne in vlaknene plošče) ni bil opravljen. Opravili pa smo praktičen preizkus briketiranja smrekovih sekancev iz objekta 2.

Poškodbe smo ugotavljali s pomočjo vzorca, in sicer te elemente:

- vzrok poškodbe (sečnja, spravilo, traktor, žična vrv), vrto, mesto in velikost poškodbe (deblo, krošnja, korenine), delež in strukturo poškodovanega drevja, zlasti izbrancev.

### 7.4.3 Pomembnejši rezultati in ugotovitve preizkusov

#### 7.4.3.1 Izidne in ugotovitve

V 1. pomembnejši rezultati o objektivih razizlav pred in po izvršeni ukrepih so prikazani v tab. 10 in 11. Naša ugotovitve na osnovi teh rezultatov so: 1.)

Na obeh objektivih gre za kakovostno sestavo na dobrih razločih, kar kažejo osnovni taksacijski podatki.

Primerjava intenzivnosti redčenja po lesni masi in številu drevja kaže, da je bilo posekano predvsem podstojno, že izločeno drevje. Pri smreki je bilo odstranjeno tudi del prevladujočih osebkov.

Analiza količin in sestave drevca (oblovina: krošnja + vejovina) na objektu 1 kaže, da ima drevje prešibko krošnje.

Poprečni delež drobne biomase ( $\varnothing < 4$  cm) je le 30 %. Pri smreki (objekt 2) je ta delež 33%.

Na objektu 1 je skupna količina biomase za 55-60% večja, kot je ugotovljena bruto lesna zaloga.

Zaradi specifičnih klimatskih razmer območja objektov (1. imajo vrata) in nevarnosti snegolomov, je bila intenziteta redčenja nizka. V normalnih klimatskih razmerah in pri večjih sposobnostih sekalnikov glede maksimalnega premera sekanja, bi bila intenziteta vsaj 15-20% lesne mase. Kljub nizki intenziteti smo dobili na objektu 1 23 ton mase po hektarju, od tega 18 ton oblovine nad 4 cm debeline. Kar 37 ton mase na 1 ha smo dobili pri redčenju na objektu 2, vendar je bila ta biomasa slabše kakovosti, saj je bil delež deblovine le 67%.

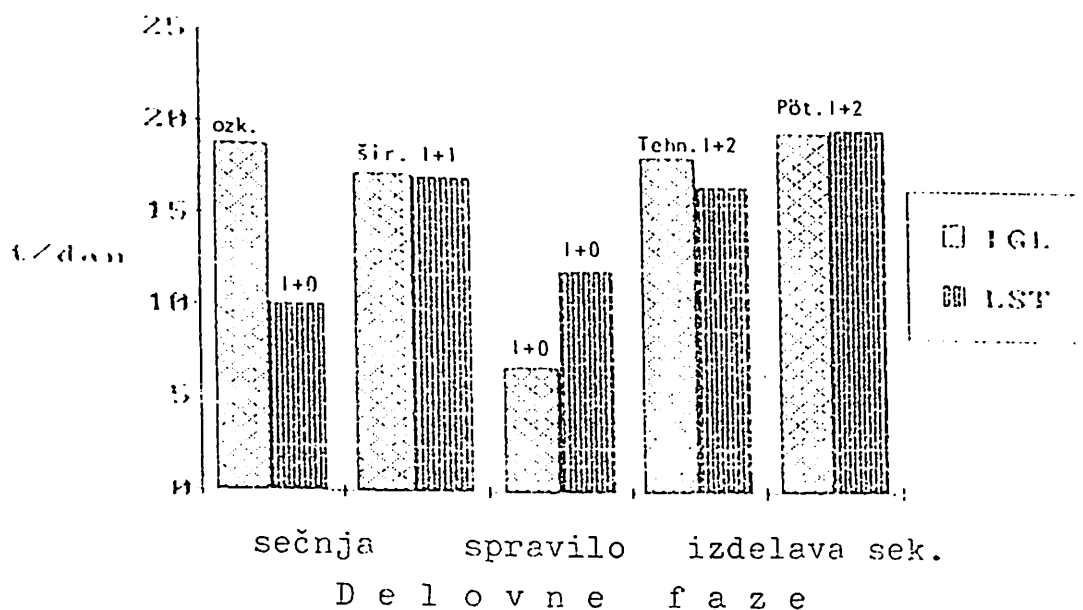
Terenske in vremenske razmere v času poizkusa so bile ugodne.

#### 7.4.3.2 Efiki pridobivanja po delovnih fazah

Glede na obsežnost poizkusa s številnimi in različnimi cilji ter glede na številne naravne, delovne in tehnične količinske in kakovostne spremenljivke, je razumljivo, da smo s poizkusom dobili tudi številne in pomembne rezultate, ki zaslužijo podrobno parcialno obravnavo. Tu bomo prikazali in analizirali le nekatere najpomembnejše povprečne elemente in rezultate.

Ugotovljeni povprečni dnevni učinki po delovnih fazah so prikazani v graf. 16.

Graf. 16 : Dnevni učinki pridobivanja sekancev  
po delovnih fazah



Pri izračunu prikazanih učinkov smo upoštevali tudi povprečne osnovne elemente:

	objekt 1	objekt 2
	(bukev)	(smreka)
povprečna masa drevesa v kg:	30	20
razdalja skiranja v m:	20	10
razdalja vlečenja v m:	200	250

Pri iglavcih so prikazani učinki pri ozkih (9 m) in širokih linijah (18 m). Organizacijske oblike dela so napisane nad stolpci v grafikonu.

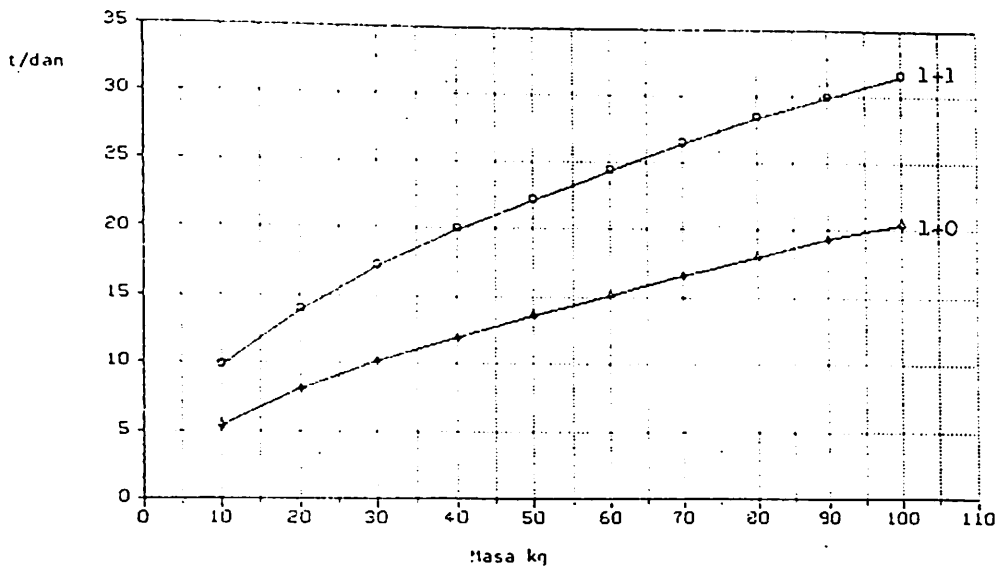
#### a. Učinki sečnje:

V primerjavi s povprečnimi učinki pri "klasični" sečnji so učinki razmeroma visoki. Na to vplivata predvsem dva dejavnika: manjša poraba časa za izdelavo, saj ni potrebno kleščenje in prežagovanje; učinke je zajeta celotna masa drvesa, skupaj z vejevino in krošnjo.

Učinki sečnje pri ozkih linijah in organizaciji 1+0 so pri iglavcih za 87% večji kot pri listavcih.

Pri organizaciji 111 so pri listavcih učinki sečnje za 57% večji kot pri organizaciji 110. Povprečni učinek na delavca se pri tej obliki poveča za 27%. Pri širokih linijah dosega en delavec pri sečnji iglavcev enake učinke kot dva delavca pri sečnji listavcev. Pri širokih linijah je učinek sečnje pri iglavcih za 10% večji kot pri ozkih linijah. Med učinki sečnje in praznim premerom, oziroma maso drevesa, je tesna neodvisnost. Pri povečanju premera drevesa za 1 cm se učinek v povprečju poveča za 8%. Pri povečani masi drevesa za 10 kg pa je povprečni učinek večji za 10%. Ta neodvisnost je prikazana v graf.17, in sicer za organizacijski obliki 110 ter 111.

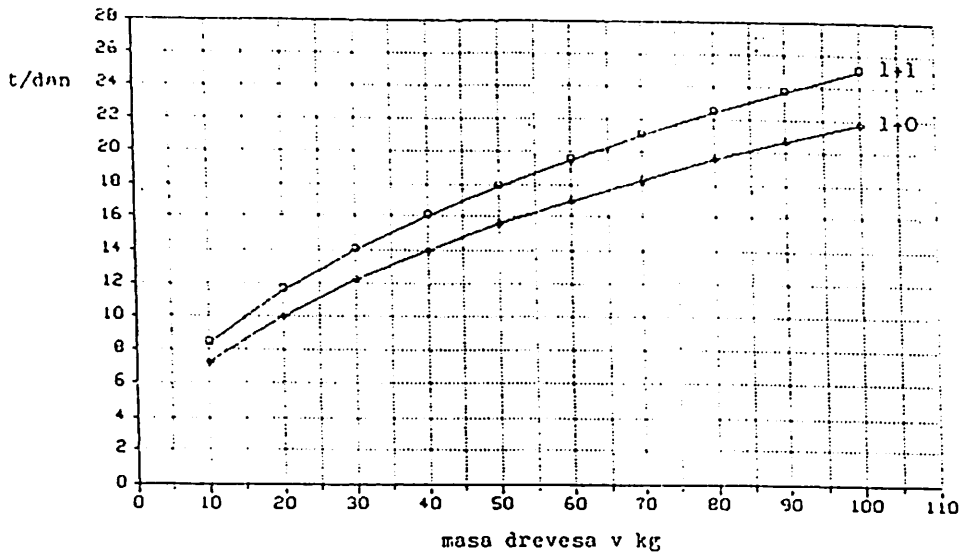
Graf.17: Odvisnost učinkov sečnje od mase drevesa



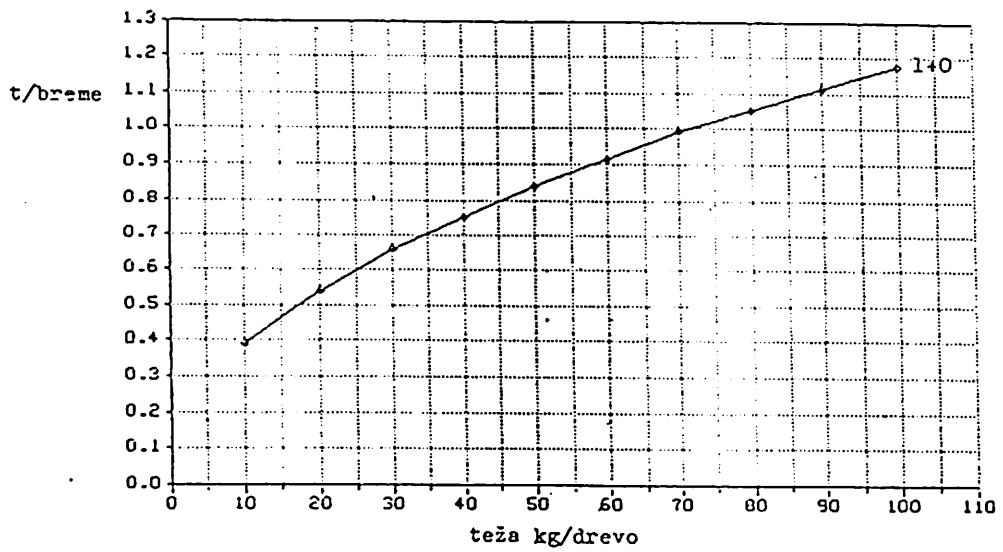
### 3. Učinki spravila:

- V graf.16 prikazani povprečni dnevni učinki kažejo, da je ta faza v celotnem procesu najbolj problematična. Še posebej to velja za spravilo na objektu 2. Na objektu 1 so bili doseženi za 80% višji učinki. Poseben problem sta povzročali operaciji vezanje in odvezovanje bremena, saj je bilo zanju porabljeno kar 39% produktivnega časa celotnega ciklusa. Povprečni dnevni učinek spravila je bil pri listavcih 12 ton, pri iglavcih le 9 ton.
- Povprečno traktorsko breme je bilo 739 kg, in sicer v zelo širokem intervalu med 282 in 2331 kg.
- V bremenu je bilo poprečno 29 kosov, najmanj 5 in največ 55.

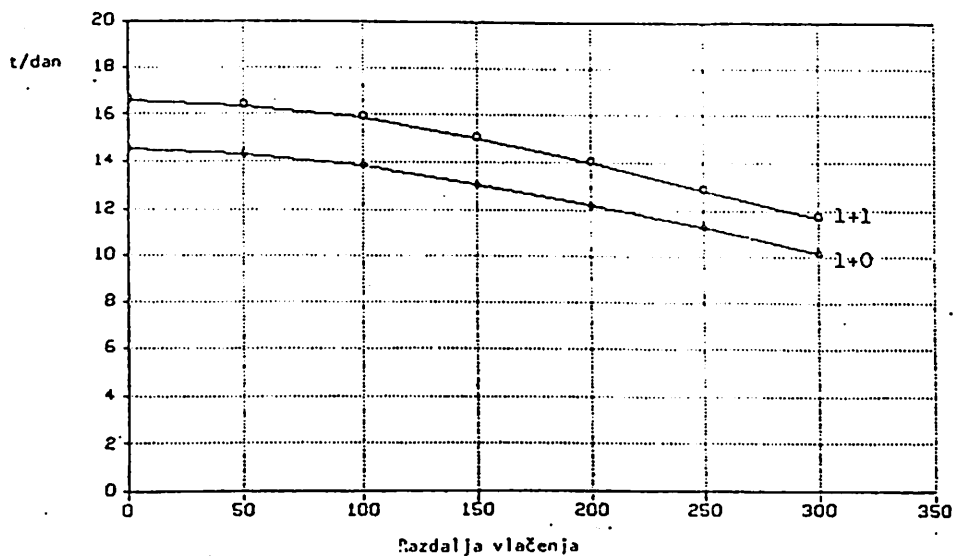
Graf. 18 : Odvisnost učinkov spravila od mase drevesa



Graf. 19 : Vpliv mase drevesa na velikost traktorskega bremena



Graf. 20 : Odvisnost učinkov spravilne razdalje





Pri iglavcih je bil povprečni tovor traktorja 408 kg, četrtino drevesa v tovoru pa 21.

Pri organizacijski obliki 1+1 je povprečni tovor za 14% večji kot pri obliki 1+0.

Pri povečani masi drevesa (kosa) za 10 kg se povprečni tovor in dnevni učinek povečata za 12%. (Graf.18,19).

Vpliv pravilne razdalje na učinek je manjši kot je vpliv mase drevesa in bremena. V povprečju se za vsakih 50 m povečana

pravilne razdalje zmanjša za 6%. (Graf.20)

Prikazani dnevni učinki so bili doseženi pri povprečni razdalji zbiranja 20 m. Pri razdalji 30 m so bili učinki zbiranja za 8% manjši, pri razdalji 10 m pa za 12% večji.

Vpliv raziskovanih spremenljivk na dnevne učinke pravila je prikazan v grafikonih 18,19 in 20.

#### u. Izdelava sekancev:

Povprečni dnevni učinki (graf.21) pri obeh preizkušanih strojih so glede na delovne metode (cela drevesa, ročno podajanje) visoki (13-20 t/dan). Ugotovljeni učini so v mejah učinkov, ki so za enake stroje in podobne delovne razmere poznani iz tuje literature, to je med 40 in 50 m<sup>3</sup> sekancev.

Sekalni stroj Poettinger je bil v povprečju za 19% bolj učinkovit kot Tehnostroj. Le-ta je pri sekanju iglavcev za 8% učinkovitejši kot pri listavcih.

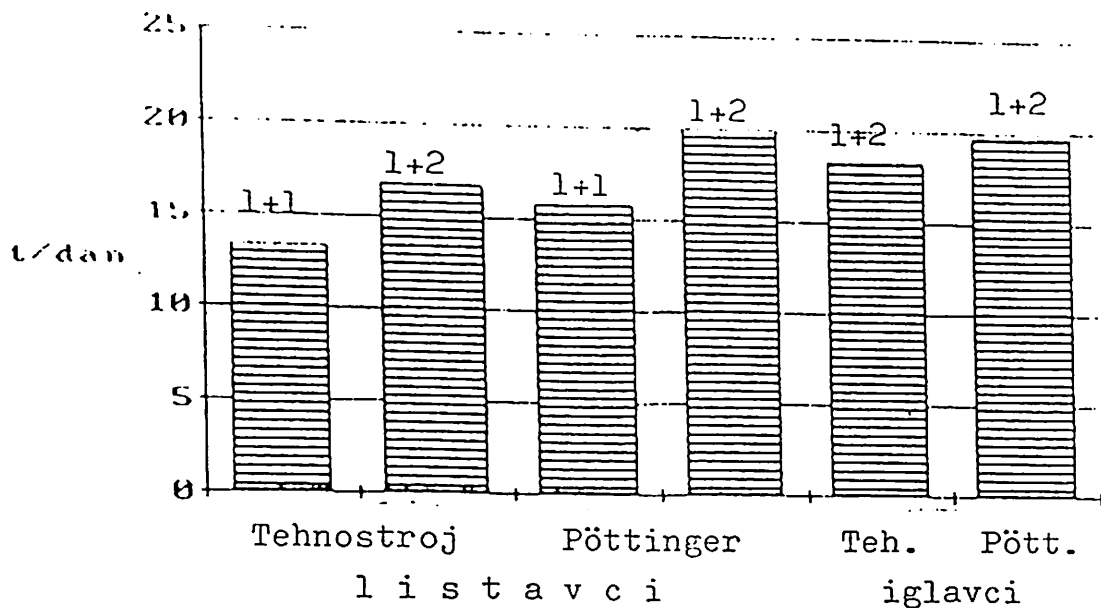
Večje razlike v učinkovitosti pri preizkušanih organizacijskih oblikah (1+1, 1+2, 1+3) smo ugotovili le med oblikama 1+1 in 1+2. Med oblikama 1+2 in 1+3 ni bilo pomembnejših razlik v učinkih. Zelo pomemben pri tem pa je ergonomski vidik, saj sta bila delavca pri 1+2 preobremenjena. Ta preobremenjenost je bila predvsem posledica prepletенosti dreves in kroženj v kupih, ki je posledica nampanja bremen v večje kupe.

Pri sekanju listavcev s sekalnikom Tehnostroj so bili pri organizaciji 1+2 doseženi za 22% večji učinki kot pri 1+1. Pri Poettingerju se je učinek v povprečju povečal za 25%. Povprečno je bil učinek pri treh delavcih za četrtno večji kot pri dveh delavcih (1+1) (Graf.21).

Razmeroma majhne razlike so v stroških izdelave sekancev, tako pri listavih kot pri iglavih in neglede na organizacijsko obliko ali vrsto stroja. Razlike se izravnavajo zaradi velikih razlik v ceni sekalnikov (Tehnostroj: Poettinger z 1:3) in različnih stroškov živega dela.

Z mehaniziranim podajanjem v sekalnik bi bilo delo učinkovitejše in gospodarnejše. Zlasti pri velikih količinah sekancev, pri organizirani proizvodnji pa je mehaniziranost podajanja nujna tudi zaradi ergonomskih razlogov.

Graf.21: Učinki izdelave sekancev pri različnih org. dela



#### 7.4.3.3 Skupni stroški proizvodnje sekancev in njihova vrednost

V graf.22 so primerjani stroški za različne preizkušene tehnološke variante in različne razdalje prevoza, in sicer na osnovi kalkulativnih elementov (cena strojev, dela, energije), ki so veljali v septembru 1988. V kalkulacijah prevoza smo upoštevali kamion nosilnosti 10 ton in traktorsko prikolico z nosilnostjo 2,5 ton.

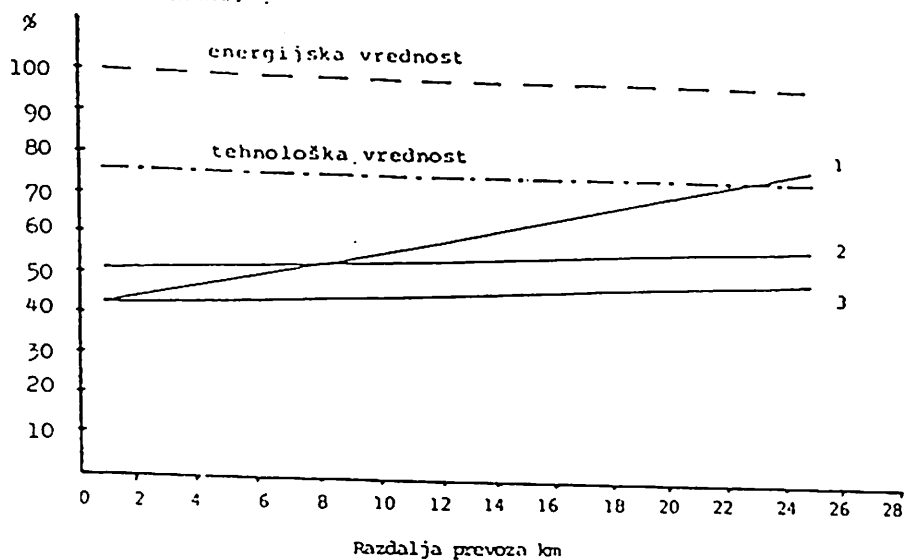
Prikazana energijska vrednost velja za sveže sekance (energijski in cenovni ekvivalent kurilnega olja). Tehnološka vrednost je bila določena v Lesonitu, Ilirska Bistrica.

Na osnovi ugotovljenih rezultatov in medsebojnih primerjav lahko zaključimo:

- Izračunani stroški proizvodnje sekancev so pri vseh tehnoloških variantah nižji kot je njihova energijska in tehnološka vrednost.
- Najgospodarnejša je tehnološka varianta 3, pri kateri so bili proizvodni stroški le 44% energijske, oziroma 52% tehnološke vrednosti. Le za 10 % manj uspešna je varianta 2. Najmanj gospodarna je varianta 1, vendar le na prevoznih razdaljah nad 10 km. Pri manjši razdalji prevoza je ta varianta ugodnejša od variante 2.
- Pri prevozu sekancev s kamionom razdalja ni odločilna (do povprečne razdalje 25 km). Odločilna pa je razdalja pri prevozu

traktorsko prikolico. Na to vplivata predvsem majhna količina sekancev in počasna vožnja traktorja.

Graf. 22 : Razmerja skupnih stroškov proizvodnje sekancev pri preizkušanih tehnoloških variantah in primerjave vrednosti :



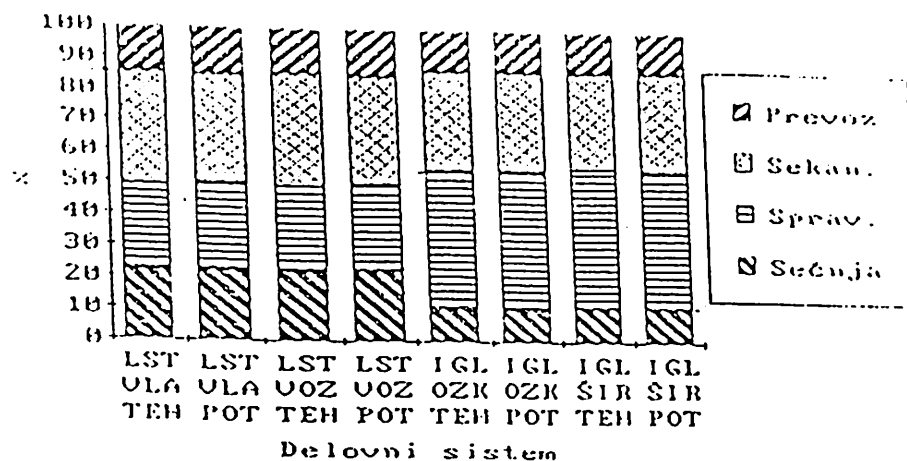
Tehnološke variante:

- 1 - sečnja I+1 + zbiranje IMT I+0 + sekanje I+2 + prevoz po vlaki in cesti IMT
- 2 - sečnja I+1 + spravilo IMT.I+0 + sekanje I+2 + kamion
- 3 - sečnja I+1 + zbiranje IMT I+0 + sekanje I+2 + prevoz po vlaki IMT + kamion

#### 7.4.3.4 Struktura stroškov po proizvodnih fazah

- Očitne so razlike v strukturi stroškov med iglavci in listavci. Pri listavcih je najdražja faza izdelava sekancev, ki predstavlja kar 35% vseh stroškov. Pri iglavcih je ta faza udeležena z nekoliko manjšim deležem (33%). Takšni deleži so normalni tudi pri tujih izkušnjah. Največji del stroškov pri iglavcih je v fazi spravila. Prevozni stroški so pri vseh spremenljivkah močno izenačeni, okrog 15%.
- Očitna razlika je tudi v deležih stroškov sečnje med iglavci in listavci.

Graf. 25 : STRUKTURA STROŠKOV PO PROIZVODNIH FAZAH



LST = listavci  
 ULA = vlačenje  
 TEH = Tennostroj 1-2  
 IGL = iglavci  
 UOZ = vožnja po poti  
 POT = Pöttinger 1-2

#### 7.4.4 Obseg in struktura poškodb drevja pri sečnji in spravilu.

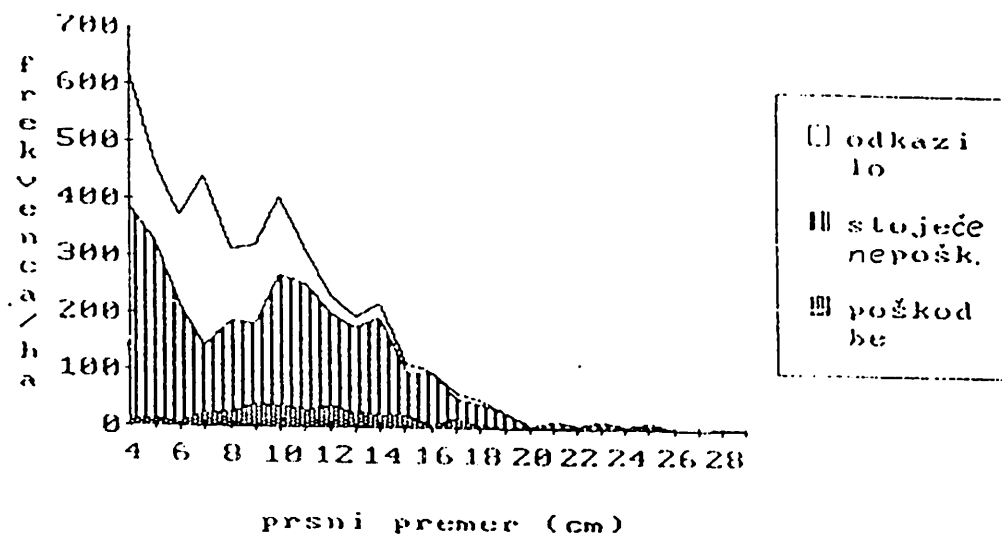
Po končani sečnji in spravilu smo s pomočjo izbranega vzorca na obeh preizkusnih objektih analizirali obseg in strukturo poškodb v prereditvenih sestojih. Osnovni podatki o izbranih vzorčnih površinah in rezultati analiz so razvidni iz tebe preglednice:

	objekt 1 (bukev)	objekt 2 (smreka)
Površina vzorca (ha):	0,199	0,041
Število vrvnih linij:	4	2
Število dreves pred redč.:	868	227
Število dreves po redč.:	593	159
Število poškodov. dreves:	81	3
Delež poškodov. dreves:	13,6%	1,9%
Delež poškodov. izbrancev:	3,7 %	0 %

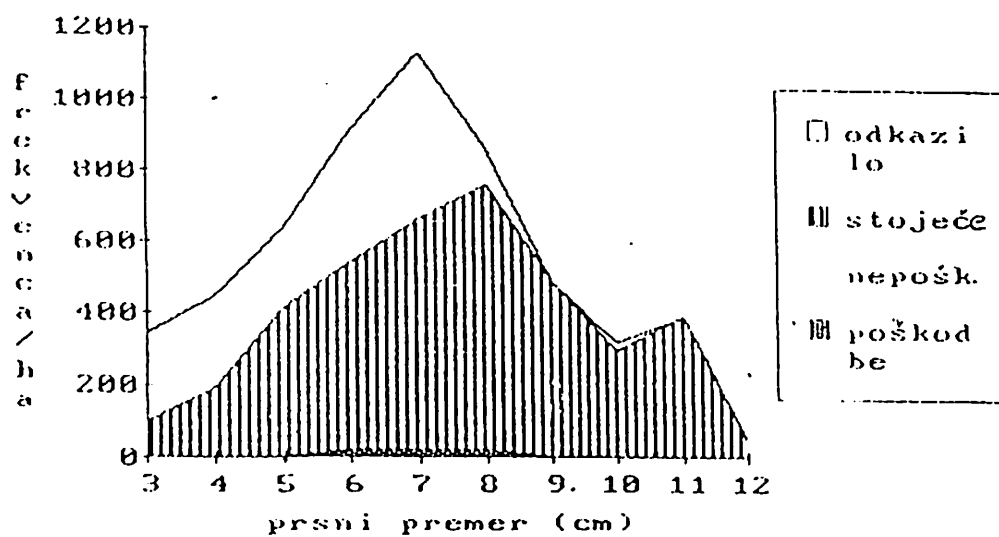
Debelinsko strukturo poškodovanega drevja glede na odkazilo je prikazana v grafikonu 24 in 25.

POŠKODBE PRI SEČNJI IN SPRAVILU

Graf.24: DEBELINSKA STRUKTURA DREVES - BUREU



Graf.25 : DEBELINSKA STRUKTURA DREVES - SMREKA



#### 7.4.5 Nekatera razmerja ter pomembnejše fizikalne in kemične lastnosti izdelanih sekancev

Črna eurovina v stitki sekancev je uporaben proizvod ali polproizvod za različne namene. Različni načini in nameni uporabe se zahtevajo tudi različno vrsto, velikost in kakovost sekancev. Te zahteve lahko v celoti deloma upoštevamo že pri pripravi eurovine pred izdelavo sekancev, ne tudi pri sami izdelavi (izbira letnega črna sečnje, postopek suš, obvejavanje, lupljenje, izbira stroja, navnavanje stitki sekancev in drugo). V naših poizkusih smo nastetim dejavnikom namenili posebno pozornost.

Volumenska masa sekancev je zlasti pomembna pri transportu, skladiščenju in ostalem ravnanju s sekanci. Naše ugotovitve so prikazane v tabeli.

##### 7.4.5.1 Volumna in masna razmerja

Tabela 12

Vrsta sekancev	sveži		na suš		povprečno	
	m <sup>3</sup> /t	t/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /t	t/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /t	t/m <sup>3</sup>
bukev	2,35	0,425	2,45	0,408	2,41	0,414
smreka	2,98	0,336	-	-	2,98	0,336

Za kakovost letnoleških sekancev so odločilne čistost, granulacija in velikost sekancev. Analize čistosti sekancev (tabela 12) kažejo relativno majhen delež nelesnih primesi, še posebej pri sekancih, ki so bili izdelani iz drevja, ki je bilo posekano na suš (Med med posekom in izdelavo sekancev 45 dni).

##### 7.4.5.2 Povprečni vsebnostev sekancev po drevesnih delih v % (masni deleži sušega vroca)

Tabela 13

Vrsta sekancev	bukev		smreka
	sveži	na suš	sveži
drevesni del			
čisti lesni sekanci	81,7	88,1	80,7
lubje	11,1	9,3	13,1
listje, iglice	3,9	2,6	6,2
Skupaj	100,0	100,0	100,0

pri spremljanju in izkustno smo ugotovili, da se velik delež listja in drobnejših vejic izloči že pri spravilu drevja, pri sekanju pa grobi delci, kot so ta način izloči do 30% listja in najdrobnejših vejic. Ugotovitve je zelo pomembna tudi iz stroških vidikov, saj to snov ostane v gozdu.

Za izdelavo vlaknenih plošč je najprimernejša velikost sekancev 25-30 mm. Za ivčne plošče so zahteva podobna, uporabni pa so tudi večji sekanci (100 mm dolgi). Rezultati analiz, ki so delanih sekancev različnih velikosti, kažejo, da je bila velikost izstrokovujakov precej uporabna. Te so poizdile tudi ugotovitve ki smo jih izdelali s uporabniki. V splošnem so bili sekanci, velikosti. Večji je delež sekancev nazivne velikosti (večja sekalniku Tehnostroj, manj pa je tudi drobirja kot pri

#### 7.4.5.3 Povprečna sestava svežih bukovih sekancev po velikosti (masni del v %)

Tabela 14:

Dolžina sekancev	sekalnik	
	Tehnostroj	Poettinger
drobir do 1 cm	11,2	9,7
sekanci 1-2 cm	17,2	13,4
sekanci 2-3 cm	38,2	43,5
sekanci 3-4 cm	17,6	22,0
sekanci 4 in več cm	15,8	11,4
Skupaj	100,00	100,00

Opomba: Sekalnik Tehnostroj naravnani na dolžino sekanja 25 mm.  
Sekalnik Poettinger naravnani na dolžino sekanja 30 mm

#### 7.4.5.4 Povprečne absolutne vlažnosti posameznih sestavin drevesa v % (vzorca odvzeti takoj po poseku)

Tabela 15:

Vista vzorca	bukev	smreka
listje, igl.	65,8	67,4
vejice $\varnothing < 10$ mm	52,7	53,1
lubje	53,1	48,2
les (deb.)	40,5	43,4
les (vejevje)	43,7	45,6

gdaj izmed naplincev zmanjšanje vlagnosti je. Sušenje biomase pred izdelavo sekancev v. učinkovitost takšnega sušenja v različnih raz-  
 merah kažejo tabele 16, 17 in 18.

#### 7.4.5.5 Vpliv posuška "na suš" na osušitev lesa

Tabela 16:

Vrsta sekancev	Oveži (v %)	Na suš. (v %)	Razlika (osušitev v 45. dneh)	
			absolutna	relativna
bukov	41,3	33,1	-	-
smreka	34,1	-	- 9,2	- 21,8

#### 7.4.5.6 Frakcije bukovih sekancev (analize v lab. Lesonit, sekatnik fehnostroj)

Tabela 17:

Sito mm	Oveži (%)	Na suš. (%)
63,0	2,42	-
31,5	3,70	-
16,0	26,70	39,17
8,0	40,33	44,00
2,0	19,50	15,61
2,0	2,73	1,24
listje, lubje, vejice	8,92	3,20

Iz tabele je razviden vpliv osušitve na frakcijsko sestavo sekancev. Močno se zmanjša delež drobne frakcije in nelesnih primesi. Manjši je tudi delež frakcije >  $\varnothing$  16 mm.

#### 7.4.5.7 Vpliv mesta skladiščenja na osušitev bukovih sekancev po sestavinah vzorcev (v %)

Tabela 18:

Vrsta vzorca	skladiščenje		razlika
	v gozdu	ob cesti	
listje	28,6	22,2	6,4
lubje	39,0	35,8	3,2
vejice $\varnothing$ 1 cm	41,7	40,2	1,5
sekanci z listjem	38,8	36,9	1,9
sekanci iz oblovine	40,9	38,6	2,3



7.1.5.3 Povprečne gravimetrične vrednosti sekancev in briketov v (M/13, m<sup>3</sup>, ton)

Tabela 11

Vrsta vzorca	enota	suveži (V=42,3%);	na suš (V=33,1%)
bukev sek.	kg	10	10
	m <sup>3</sup>	4250	1026
	ton	10000	12000
smreka sek.	kg	7	
	m <sup>3</sup>	2352 (V=54,4%)	
	ton	7000	
smreka briketi	kg	16	
	m <sup>3</sup>	14512	
V= 11%	ton	16000	

Za obstojnost (obrnjanje) in energijsko vrednost je vlažnost sekancev odločilna. Osušitev sekancev za 9,2% (absolutna razlika) pomeni 20% povečano kurilnost.

Na osnovi prikazanih analiz lahko ugotovimo:

- Velikost in sestava sekancev je odvisna predvsem od materiala, ki ga sekamo in uporabljenega sekalnika.
- Velikost sekancev pri večini mobilnih sekalnikov lahko spreminjamo z nastavljanjem nožev in tudi z dodatnimi drobilci.
- Pomemben cilj našega poiskusa je bil primerjava učinkov obeh strojev. Ker sekalnik Tehnostroj lahko naravnano le do dolžine sekanja 25 mm (nativna dolž.), praktično le okrog 20 cm, smo morali zaradi primerjav tej dolžini prilagoditi tudi sekalnik Poettinger, zato v velikosti in frakcijah ni večjih razlik. Velik je tudi delež drobirja.
- Pri spravilu in izdelavi sekancev se izloči do 30% biomase: drobnih vejic, listja, lubja in prašnih delcev.
- Zaradi ročnega pobiranja v vzorcih ni bilo mineralnih (pesek, zemlja) nečistot.
- Večje onesnadenje je bilo pri spravilu po blatnih tleh.
- S posekom na suh se zmanjša delež nelesnih primesi. Ugodnejša je tudi sestava sekancev po velikosti.

7.4.5.2 Nekatero fizikalno kemične lastnosti sekancev izdelanih iz različnih delov drevesa

V tabeli (20) so prikazana izračunana povprečja petih ponovitev vsake vrste vzorca. Vse analize so bile narejene v kemičnem laboratoriju Rudnika Trbovlje.

Tabela 20:

vrsta vzorca	Vlagnost %	Pepel %	kurilnost svet.	MH/kg suho	Elementna sest. gorljivi snovi v % (atro)					
					C	H	S	N	H	Pepel
bu. listje	60,00	1,35	4,12	18,70	45,85	5,79	0,02	43,19	0,81	4,30
bu. lubje	57,46	2,70	7,03	17,99	45,35	5,58	0,03	42,48	0,74	5,81
bu. vejice (ø 1 cm)	57,52	1,12	7,41	18,64	46,89	6,08	0,03	43,83	0,70	2,42
gov. hrust. k. z listjem	40,17	1,77	8,98	18,07	46,89	5,82	0,02	43,38	0,73	3,17
bu. pok. hrust.										
listja	38,06	1,06	9,90	17,86	47,46	5,87	0,02	44,15	0,76	1,74
sek. sm.	54,40	1,07	7,01	18,37	46,72	6,77	0,03	43,10	1,03	2,35
brk. sm.	10,81	4,34	15,67	17,00	45,30	6,64	0,04	42,12	1,04	4,86

## 8 ZAKLJUČEK

Sedanje stanje v slovenskih gozdovih in okrepljena ekološka zvestost gospodarstva zahtevata popolno udejševanje večnamenskega nedavno močno prevladovala se bo morala izenačiti in tudi tati le utrepanje in varstva gozdov.

Poleg dragega gozdarjenja z gozdovi bo nujna posledica teh sprememb tudi manjša količina in slabša kakovost pridobljenih sortimentov. To ima posledica pa bo še večji primanjkljaj v lesni bilanci, še posebej pri drubnem talušnem lesu. Če toliko boje težave bodo, tudi možno zmanjšane možnosti uvoza lesa. Po prognozah FAO bo namreč leta 2000 v Evropi primanjkovalo prek 100 mio m<sup>3</sup> lesne surovine.

V Sloveniji je les še vedno pomemben vir energije, ne toliko količinsko in z ekološkega vidika, pač pa predvsem s socialno ekonomskega in ekološkega vidika porabe in porabnikov lesnega kuriva. V skrajno zaostrenih gospodarskih razmerah, ob pomanjkanju denarja, še posebej ekološko primernih virov, pri naglem naraščanju cen energije ter ob predvidenih reformah lastništva gozdov, lahko v naslednjem obdobju pričakujemo še povečano porabo lesa za kurjavo. S tem obnovljivim virom računajo tudi vse prognoze dolgoročnega razvoja slovenske energetike.

Vemo, da je lesno kurivo v določenih socialnih in ekoloških okoliščinah nemadomestljivo, saj za zamenjavo ni ne tehničnih in ne ekonomskih pogojev. Menimo, da takšna zamenjava tudi s širše družbenega vidika ne bi bila smotna. Seveda pa to trditev pogojujemo s racionalno porabo lesa za kurjavo, in sicer v najširšem pomenu gospodarnosti.

Prikazano stanje gozdov, gozdarstva in bilance lesne surovine ter neobetavna prihodnost so zagotovo dovolj prepričljivi razlogi za optimalno in gospodarno pridobivanje, predelavo in porabo lesa. V tem kontekstu ne moremo mimo sečnih ostankov in biomase nasploh.

V Sloveniji so še pomembne potencialne količine drevesne in grmovne biomase. Večji del teh potencialov je uporabno predvsem za kurjavo, del pa tudi za industrijsko tehnološko predelavo. Z izrabo teh ostankov za kurjavo, bi dosegli pomemben nadomeščen učinek, saj bi sprostiti sedanja drva, ki so večinoma primerna surovina za nadaljnjo predelavo. Enako pomemben pa bi bil tudi ekološki učinek pri zamenjavi nekakovostnih, z žveplom bogatih premogov.

Realizacija velikega dela potencialov je vezana na gojitvena in varstvena dela, še zlasti na prva zgodnja in zakasnela redčenja, premene in krčitve zaraščenih kmetijskih in gozdnih površin. O pomenu in nujnosti teh ukrepov v razmerah propadanja gozdov, kjer

so obseg klesanje, vitalnost drevja in slabša kakovost lesa. Najbolj najbolj ni potrebno posebej razpisati, kako, in kako morajo pri sedanjih opretilnosti pravilom, v skladu in s tojnost sestavi, manj pomembna preloženjstva kakovost.

Manj je tudi, da so stroški izvajanja prvih tednjaj visoki in da je ob splošnem obsegu in danem. Gospodarnost in izid pri teh delih nastala biomasa pa bo dobrodošel prispevek ljudi k gospodarstvu in intenziviranju izvedbe prepotrebni gojitveni deli.

Pridobivanje večnih ostankov ekološko dopustna in legu je lahko tudi neposreden in posreden prispevek k čistejšemu okolju in zmanjšanju propadanja gozdov. Lesno kurivo je relativno čisto, brez svepla, ki je najpomembnejši dejavnik uničanja gozdov.

S povečanimi donosi iz gojitvenih del ter izkušnje dosežaj nekoman, čialna lesna masa bomo vsaj deloma razbremenili s sedanjimi problematizirano in se prava preredčena sestojaj.

Pridobivanje lesa je v gozdarstvu najzahtevnejša in najdražja dejavnost. Še posebej zahtevno je pridobivanje drobnega lesa. Pri sedanjih tehnologijah so največje težave pri kleščanju in spravlju. Zakonitost kosovnega volumna je pri teh opravilih še posebno izrazito. Pri iskanju možnosti racionalizacije pridobivanja drobnega drevja moramo torej največ pozornosti nameniti prav izdelavi in spravlju. Možne rešitve vidimo v:

- uporabi drevesne metode (ali delov dreves),
- zamenjavi vlačnja za tleh z vožnjo na zgibnih voznihi traktorjih (forvardi),
- mehkaniziranem kleščanju na skladišču ob prometnici,
- uporabi tehnologije predelave celih dreves v sekance.

Izledki domačih preizkusov tehnologije pridobivanja biomase s predelavo v sekance kažejo, da so tudi pri nas realne možnosti za njeno uvajanje in uporabo. Na domačem tržišču že obstoja za to potrebna tehnika, tako za pridobivanje kot tudi za uporabo lesnih sekancev. Ponudba je sicer še skromna, bo pa zagotovo hitro sledila potrebam in povpraševanju, saj imamo dovolj usposobljenih potencialnih domačih proizvajalcev.

Manimo, da je za začetek najbolj stvarna možnost uvajanja te tehnologije pri zasebnih lastnikih gozdov, in sicer za predelavo sečnih ostankov v sekance za kurjavo. V prvi vrsti mislimo na namooskrbo, pa tudi na oskrbo drugih zasebnih in manjših družbenih porabnikov (šole, vrtci, upravne zgradbe itd). Pri ustrezni organiziranosti (več solastnikov, strojne skupnosti, druge oblike kooperacije) nabava sekalnega stroja ne pomeni druge oblike kooperacije) nabava sekalnega stroja ne pomeni večjih finančnih težav. En stroj pa zadostuje tudi za več deset uporabnikov, saj si posameznik lahko izdelata enoletne zaloge že v enem dnevu. Dovolj pa je že traktorjev ter različnih prikolic in polprikolic za pogon sekalnikov in prevoz sekancev. S preprosto

nadgradnjo klesona (žična mreža, deska, letve...) in povečanjem tovarnega prostora pa bi izboljšali tudi gospodarnost prevoza. Shranjevanje sekancev na podeželju in pri kmečkih gospodarstvih ne bo povzročala večjih težav.

V družbenem gospodarstvu bi morali s sekanci najprej nadomestiti fosilna goriva v svojih upravnih in drugih objektih, zlasti tistih, ki se sredi gozdov in v njihovi neposredni bližini. Lahko bi količinah kakovostnejše biomase pa bi morali razmišljati tudi o proizvodnji tehnoloških sekancev, zlasti za industrijo lesnih plošč. Menimo, da so sedanje krizne razmere, ki pogojujejo tehnološke in ekonomske presežke delovne sile in sredstev v gospodarstvu, tudi primerne za pričetek organiziranega pridobivanja biomase. To dejavnost je možno organizirati v okviru TOZO-ov, TOK-ov ali jo prepustiti zasebnikom kot obrtno dejavnost.

Različne tuje raziskave in dolgoletne izkušnje so pokazale, da so prednosti tehnologije predelave v sekance tem večje, čim drobnejša je biomasa. Ta zakonitost velja za izdelavo sekancev s stroji majhnih kapacitet, pa tudi za prevoz sekancev na večje razdalje v primerjavi z izdelavo in prevozom običajnih sortimentov (goli, prostorninski les). V splošnem je prednostni prag za sekance do premera med 14 in 15 cm. Kot spodnji prag ekonomičnosti pa velja v svetu premer 3-4 cm. To je hkrati tudi prag izkoristljive biomase iz ekološkega vidika. Priporočamo, da obe vrednosti upoštevamo tudi pri nas.

Na izbiri tehnološkega sistema in variante pridobivanja (izdelave) biomase vplivajo različni naravni, tehnično-tehnološki, socialno-ekonomski in ekološko-varstveni dejavniki. Leti so v Sloveniji močno variabilni, tako v času kot tudi v prostoru. Zato bo tudi izbira tehnoloških variant v različnih območjih in različnih lastniških razmerah različna. Za drobno biomaso (vejevina, krošnja, grmovje) velja splošno pravilo, da jo je potrebno izdelati v uporaben proizvod (butare, bale, polena, sekanci) čim bližje panju, oziroma sečišču. To pa je mogoče le v ravninskih predelih, ki so dobro odprti s prometnicami in pri specifičnih gozdnogospodarskih ukrepih (premena grmišč, krčitve, vsajna redčenja itd). V zahtevnejših ekoloških razmerah alpskega sveta pa je intenzivnejša izdelava možna šele na kamionski cesti. Zasebni lastniki tudi danes najpogosteje izdelujejo sečne ostanke v primerno obliko doma, na dvorišču. Iz drobnih vejic izdelajo butare, iz debelejših pa polena sekanice. Gre torej za spravilo in prevoz neizdelane biomase, ki je delovno in gospodarno najmanj primeren in zamuden način. Prednost te variante pa je v dejstvu, da čas izdelave prosteje izbiramo. Glede na naše razmere lahko predvidevamo, da ima pri nas največ stvrnih možnosti varianta izdelave biomase ob (a) poti in vlaki (traktorski prevoz) ter na skladišču ob kamionski cesti (kamionski prevoz).

upoštevajoč heterogeno zgradbo in vlažnost kurilnega materiala sečnih ostankov, je razumljivo, da je njihova uporaba ostajala predvsem na področju energetike. Vendar pa moramo tudi tej vrsti porabe namenjati več pozornosti. Ustrezna oblika je velikost lesnega kuriva, opretilov lesa ter razvoj in uporaba sodobnih tehnologij kurjenja so imperativi gospodarne in tudi ekološke neoporečne rabe lesa za kurjavo. V zadnjih dveh desetletjih, v obdobju različnih energijskih lobijev in energetske megdomanije, smo tu vit močno zamemarili. Nujne in logične posledice takšnega ravnanja so:

- Neracionalna, namumenska poraba lesa, saj v pretek izgorjava tudi kakovosten, tehnološko uporaben les, celo hlevovina.
- V tehnološko zastarelih napravah izrabljamo ogreivno moč lesa le polovično. Zato je kurjenje z lesom tudi drago.
- Pri takšnih tehnologijah je tudi lesno kurivo pomemben vir onesnaževanja ozračja, še posebej pri gorenju v številnih manjših kuriščih.

Vprašanju proizvodnje, pridobivanja in porabe gozdne in vse ostale biomase že dve desetletji namenjajo veliko pozornosti, tako v razvitem svetu, kot tudi v deželah tretjega sveta. Največji tehnološki napredek so zagotovo lesni sekanci, ki pomenijo nov gozdnolesni proizvod z najširšo uporabnostjo. Čeprav se danes niso optimalno rešeni vsi tehnično - tehnološki in ekonomski problemi pridobivanja in uporabe sekancev je ta tehnologija že močno razširjena in uveljavljena v svetu.

V Sloveniji je problematika sečnih ostankov sistemsko še nerešena. Tudi pri pridobivanju drobnega tehničnega lesa in drv v zadnjem desetletju ni bilo večjih sprememb. Tu je napredek le v metodi pridobivanja dolgega lesa, v prenosu faze izdelave iz gozda na skladišče, oziroma iz gozdarstva k porabnikom lesa. Ob tem pa celo ugotavljamo, da se je delež sečnih ostankov še povečal.

Slovensko gozdarstvo se že desetletje zaveda pomena in celovitosti problematike sečnih ostankov, saj je ZIT Slovenije že leta 1980 organiziral prvo posvetovanje o tej temi. Kljub vsem številnim aktivnostim in prizadevanju posameznikov in inštitucij (IGLG, GSO, GG Postojna, GG Slovenj Gradec, GG Celje, proizvajalci opreme, potencialni porabniki) so praktični učinki do danes še neznatni. Zato bo udejanjenje novih domačih in tujih spoznanj o tega področja tudi pomemben cilj našega nadaljnjega dela.

celotna izraba razpoložljive biomase je v svetni praksi desetletja že zelo pereča problematika. Začetna pozornost je bila namenjena predvsem neposredni uporabi za kurjavo. Danes je poudarek na postopkih z visoko stopnjo kemične, biološke ali biološko-kemične predelave v različne plinaste in tekoče proizvode. Temeljno vodilo vseh postopkov je gesto: flalogija-energija-odvzemanje.

V širšem pomenu je biomasa vsa rastlinska snov, ki se pojavlja v velikih količinah v različnih biotopih. V študiji gre le za nadzemni del drevja in grmovja ne glede na biotop, mesto (sečišče, skladišče) in način (osnovni posek, redčenje, čiščenje, krčitev) pojavljanja. Govorimo tudi o t.i. sečnih ostankih. Povprečni delež teh ostankov pri sečnjah v zrelih sestojih je 35-40%, pri gojitvenih delih pa do 60% glede na bruto maso poseka.

Upoštevajoč ekonomske (stroški - vrednost) in ekološke (možne posledice) vidike pa je dejanska količina sečnih ostankov le 10-15% bruto poseka. Za Slovenijo to še vedno pomeni letno 350-400 tisoč m<sup>3</sup> več lesne biomase.

Razpršenost po površini, velika heterogenost sestave in fizikalnih lastnosti ter voluminoznost so dejavniki, ki odločilno vplivajo na izbiro tehnologije, gospodarnost pridobivanja in na uporabnost sečnih ostankov.

Izenačenje in zmanjšanje voluminoznosti lahko dosežemo z različnimi mehanskimi, mehansko-kemičnimi in kemičnimi postopki. Glede na mesto izdelave (predelave) sečnih ostankov so poznani trije osnovni tehnološki sistemi: na sečišču (pri panju), na ali ob gozdni prometnici in na centralnem skladišču ali skladišču porabnika.

Predelava v sekance je novejša in uporabna tehnologija za poenotenje in zmanjšanje voluminoznosti sečnih ostankov. V ta namen so izdelani sekalni stroji in sistemi, ki se medseboj ločijo po potrebni pogonski moči, zmogljivosti, konstrukcijski izvedbi naprave za sekance in drugih značilnostih.

Pri izbiri stroja in tehnološkega sistema moramo upoštevati terenske in sestojne razmere, razpoložljivo obstoječo tehniko, vrsto in količino sečnih ostankov ter namen pridobivanja oziroma porabe sekancev.

Delež energije iz lesnega kuriva je v Sloveniji še vedno 5-6 % korišćene energije. V doloćenih okoljih ga tudi v bodoće ne bo možno nadomestiti.

kurilnost (ogreivna moč), vlažnost lesa in tehnika kurjenja so poglavitni dejavniki gospodarnega in ekološko čistega kurjenja z lesom. Povprečna nominalna (zgornja) ogreivna moč lesa je 18 MJ/kg. Pri 30% vlažnosti je kurilnost lesa nižna. Za vsakeh 10% povečane vlažnosti se kurilnost lesa zmanjša za 12%.

Za gospodarno in čisto kurjenje moramo les otošiti na stopnjo vlažnosti, ki ne presega 25%. Otošitev dosežemo z naravnim ali prisiljenim sušenjem. Naravno sušenje običajnih polen traja od pol do enega leta.

Za izparevanje 1 kg vode iz lesa je potrebno 2,25 MJ toplote.

V tehnološko zastaralih, slabo vzdrževanih kurilnih sistemih in pri neurtadni tehniki kurjenja so izkoristki ogreivnih moči lesnega kuriva le 50-60%. V sodobnih napravah s samodejnim delovanjem dosežemo 80-85% izkoristka.

V primerjavi s fosilnimi kurivi je les absolutno čistejše kurivo le glede žvepla in pepela. Pri nepopolnem izgorevanju je tudi lesno kurivo pomemben vir onesnaževanja ozračja. Poglavitni polutanti so: CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>, trdni prašni delci in pepel. Le pri optimalnih tehnikah in popolnem izgorevanju je les ekološko čisto kurivo.

Zaradi ohranitve plodnosti gozdnih tal in spoštovanja načela trajnosti vseh vlog gozdov je potrebno upoštevati tale splošna pravila:

- Na plitvih, sušnih ter osiromašenih tleh sečnih ostankov ne smemo odvezmati.

- V gozdu naj ostane vsa zelena biomasa in drobna vejevina do debeline 3-4 cm. Ta biomasa vsebuje 70% vseh mineralnih snovi in je odločilna za nastanek humusa.

- Podzemni del drevja (panjevina s koreninami) puščajmo v gozdu.

Pri redčenjih letvenjakov nastane 20-30 ton drevesne biomase na 1 ha. Masni delež zelene biomase je 20% pri bukvi in 30% pri smreki.

V strvarnih razmerah praktičnih preizkusov je pridobivanje biomase s predelavo v sekance gospodarno pri vseh treh preizkušanih tehnoloških variantah. Zbiranje biomase do traktorske poti, izdelovanje sekancev, prevoz sekancev s traktorsko polprikolico do kamionske ceste, protovarjanje in prevoz s kamionom pa je najugodnejša varianta.

Faza izdelave sekancev predstavlja 30-35% vseh proizvodnih stroškov. Povprečna prostorninska masa svežih bukovih sekancev je 0,425 t/m<sup>3</sup> (nasuto), smrekovih pa 0,336 t/m<sup>3</sup>.



Velikost, oblika, čistost (celulose in mineralne primesi) in vlažnost sekancev so osnovni parametri njihove uporabnosti in vrednosti. V proizvodnem procesu lahko večino teh lastnosti spreminjamo in prilagajamo zahtvam različnih porabnikov. Poznani so tudi različni postopki izločanja primesi in ločevanja sekancev po velikosti.

Brez opaznih vplivov je dopustna primes 20% zelenih sekancev v srednji plasti ivernih in vlaknenih plošč. Vešja primes poslabša mehanske, fizikalne lastnosti, elasti upogibno in razlojno trdnost, prostorninsko maso ter obdelovalne lastnosti plošč. Za proizvodnjo beljene sulfitne in sulfatne celuloze zeleni sekanci niso uporabni. Primerni pa so za proizvodnjo sulfatne nebeljene celuloze in polceluloze.

1. BAUES, H.: Umwandlungsverfahren von Holzbiomasse in Energie. Allgemeine Forstzeitung 7, Wien, 1981.
2. BELIRAM, V.: Celulozni in jamski les - zadeva nega sestojev. GV, 1956, Ljubljana.
3. BERNARD, H.: Energie aus Holz. Allgemeine Forstzeitung 7, Wien, 1981.
4. BLOSSFELD, D., KEMM, E.: Grüne Hackschitzel-Eigenschaften und Verwertungs-möglichkeiten in der Plattenindustrie. Holzindustrie 6 (1980).
5. ČOKI, M.: Količina in struktura lesnih odpadkov v gozdni proizvodnji. Zbornik 2, Ljubljana, 1957.
6. ČOKI, M.: Gozdarski in lesnoindustrijski priročnik. IGLG, Ljubljana, 1975.
7. DANIELSEN, G.: Chip harvesting of whole trees - An analysis of methods, equipment, output and economy. Report on Forest Operations Research No.21. Norwegian Forest Research Institute, Rapport 3/82.
8. DITRICH, B., KERVINA, L.: Iskoriščanje stranskih gozdnih proizvodov. IGLG, Ljubljana, 1966.
9. DITRICH, B.: Iskoriščanje vejic iglavcev. IGLG, Ljubljana, 1958.
10. DJOKOVIĆ, P.: Istraživanje parametra za preračunavanje prostorne u kubnu meru celuloznog drveta i ivera. Šumarstvo, 1980.
11. DJOKOVIĆ, P.: Mogućnosti unapredjenja procesa iskoriščavanja drveta u zasadima topola i vrba. Institut za topolarstvo, Novi Sad, 1987.
12. FISCHER, F.: Die Bedeutung der Biologie und Chemie fuer die rationelle Verwertung von Holzrohstoffen. Holzindustrie 6, (1980).
13. FLURY, O.: Holzenergie und Holzfeuerungsanlagen aus schweizerischer Sicht. Allgemeine Forstzeitung Wien, 7 (1981).
14. HALL, D.O., OVEREND, R.P.: Biomass Renewable Energy. National Research Council, Ottawa, 1987.
15. HAKKILA, P., KALAJA, H.: Harvesting fuel chips with the Pallari swath harvester. Folia forestalia 418, 1980.
16. HAKKILA, P., KALAJA, H., SALAKARI, M., VALOVEN, P.: Whole-tree Harvesting in the early thinning of Pine. Folia forestalia 333, 1977.
17. HAMILTON, H.: Energie dem Wald - Moeglichkeiten und Probleme in Schweden. Allgemeine Forstzeitung, Wien, 7 (1981).
18. HEJMA, J.: Nove' odlučovače pro dřevni odpad. Dřevo 38 (1983), Praha.
19. JELIČIĆ, V.: Obziranje šuma kao preduslov za transport i iskorišćenje šumske biomase. Inforamcija za tehniku i tehnologiju u šumarstvu br.1/1, Beograd, 1987.
20. JERMAN, I.: Eriketiranje lesnih in drugih odpadkov, IGLG, Ljubljana, 1963.

21. FERMAN, S.: Tehnika prerezalnega sistema. Neodni lesniti za energijske. Ljubljana, 1988.
22. JONAS, G., MELLER, G.: Heizen mit Holz. Holz mit Schwefelholz. Verlag, 1965.
23. JONAS, G.: Bedeutung von Holz als Energieträger im häuslichen Bereich. Allgemeine Forstzeitung, 7 (1981), Wien.
24. FUHR, E.: Die Veränderung des Rohstoffverhaltens bei der Herstellung von Fasern und Spanplatten. Holzindustrie, 3 (1980).
25. KOŠIR, B., MEDVED, M., ŽGAJNAR, L.: Ekologija energija rvarčevanja. Raziskovalna in operativna demonstracija tehnike in tehnologij pridobivanja in uporabe gozdnih lesnih sekancev. Postojna, oktober, 1988.
26. KOŠIR, B.: Dobre tehnološke možnosti izkoriščanja nadzemne biomase drevoja iz prvih redčenj smrekovih goščtev za pridobivanje celuloze in papirja. IGLG, Ljubljana, 1990.
27. KOTAR, M., GAŠPERŠIČ, S.: Zaključno poročilo o območnih gozdno-gospodarskih merilih v Sloveniji. Škopskovna in znanstvena dela 25, Ljubljana 1986.
28. KUDER, M., ŽGAJNAR, L.: Les kot vir energije. GV 10/84, Ljubljana, 1984.
29. LIPOGLAVČEK, M.: Vpliv časovnega spreminjanja vlažnosti drobnega bučovega lesa na merjenje po teži. GV 1/87, Ljubljana, 1987.
30. LIPOGLAVČEK, M.: Gozdni proizvodi. Učbenik za študij gozdarstva. SFT, VIOZD za gozdarstvo, Ljubljana, 1980.
31. LISS, J.E.: Power requirement and energy consumption in fuelchip production using a tractor-mounted chipper. Report No. 173. Garpenberg, 1987.
32. MATTSON, J.E.: Handling Characteristics of Wood fuels-friction between surfaces and fuel assortiments. Report No. 180. - Angle of repose for different assortimentes Report No. 179. - tendency to bridge for different assortiments. Report No.181. The Swedish University Agricultural Sciences. Department of Operational Efficiency, Garpenberg, 1989.
33. MEDVED, M.: Proučevanje različnih organizacijskih oblik načinov dela pri sečnji bukve v procesu pridobivanja gozdnih lesnih sekancev. IGLG, Ljubljana, 1989.
34. MLINŠEK, D.: Surovinska in energijska vloga lesa v svetu in pri nas. GV 5/81, Ljubljana
35. MUSZYNSKI, Z.: Die nutzbarmachung von Rinde ein wichtiges Problem in verlauf der Mechanisierung der Baumentrinolung. Zagreb - Krakow, 1983.
36. NEUSER, H.: Wieviel Energie liefert Holz? Allgemeine Forstzeitung 7/81, Wien, 1981.
37. NOSSEK, E.; HRAST, V.: Avstrijska prizadevanja za pridobivanje energije iz lesa. GV 2/81, Ljubljana, 1981.
38. NOSSEK, E.: Energie aus Holz-Wunshdenken oder Alternatiwe? Allgemeine Forstzeitung 7, Wien, 1981.
39. NURMI, J.: Chunking and chipping wit conescrew chipper. Folia forestalia 659, 1986.

40. QUINN, J.: Drying of fuel chips and slunks in wooden kilns. *Folia Forestalia* 687, Helsinki, 1987.
41. QUINN, J.: Zelene celulozi in možnost uporabe v proizvodnji celuloze. Referat na posvetovanju IGLG, Ljubljana, 1988.
42. QUINN, J.: Kako gospodariti z nekorisnimi gozdovi. GV 1/10, 1988.
43. RAJCH, W.: Hackschnitzelverwertung - Organization. *Allgemeine Forstzeitung*, 7 (1981), Wien.
44. RAVNIKAR, M.: Zgodovinski odpadki in njihova uporaba. *Šuma* 30, Praha, 1985.
45. RAVNIKAR, M.: Odpaci u iskorišćavanju šuma kao izvor energije. *Šumaštvo i prerada drveta* 7-9, Sarajevo, 1984.
46. RICHMETER, S.: Biomasa - dopolnilna surovina v proizvodnji iverčnih plošč, razpoložljivost in možnosti uporabe doma ter izkušnje v svetu. Referat na posvetovanju, Ljubljana, 1988.
47. PLIŠČEK, A.: Metode za odstranjevanje nečistoč iz gozdnih lesnih ostankov. Referat na posvetovanju, Ljubljana, 1988.
48. ROVŠIČ, R.: Bukovi zeleni celulozni material za vlakneno ploščo in gumi za kurjavo. Referat. IGLG, Ljubljana, 1989.
49. PRAČEK, A.: Uporaba lesnih odpadkov v MERLO, TOZD Iverka in možnosti uporabe v prihodnosti. Referat na posvetovanju IGLG, 1988.
50. RANK, G.: Uporaba lesnih ostankov in nadomestkov za lesno surovino v proizvodnji iverčnih plošč.
51. RICHARDSON, R.: Evolution of chippers off - road chippers. *Technical Report No. TR-71*. Canada, 1986.
52. ROBERT, P.: De la foret aux chaufferies a bois. Institut pour le developpement forestier. Paris, 1988.
53. STURICH, J.: Waerme-Kraft-Kupplung mit Holzgas in Rohmaterialkommander Versorgungsanlagen. *Allgemeine Forstzeitung* 7 (1981), Wien.
54. SVETIČIČ, A.: Industrijski lesni ostanki v Sloveniji, nastanek in poraba v letu 1977. IGLG, Ljubljana, 1977.
55. SARCHAC, M.: Prilog racionalnoj proizvodnji i potrošnji toplotne energije u industriji za preradu drveta. *Šumaštvo i prerada drveta*, 7-8 (1964), Sarajevo.
56. ŠIPIČ, M.: Rezultati gospodarjenja z gozdovi v SF Sloveniji v dosežljivih letih srednjeročnega obdobja 1986-1990. GV 1/90, Ljubljana.
57. TURK, Z.: Kaj odkrivajo sodobne raziskave evropskih dežel o nadomeščanju nafte z gozdnimi viri. GV 10/82, Ljubljana, 1982.
58. TURK, Z.: Uporaba in uporabnost smrekovega lubja. GV 7 6/76, Ljubljana, 1976.
59. UUSVAARA, O.: Decreasing the moisture content of chipwood before chipping; harvesting and storage measures. *Folia Forestalia* 599, Helsinki, 1984.
60. ZUPANČIČ, M.: Načelo trajnosti in sečni ostanki. GV 5/81, Ljubljana.
61. ZUPANČIČ, M.: Kaj moramo vedeti pri uporabi lesa za kurjavo. *Kmečki glas* št. 5/86, Ljubljana, 1986.

62. ŽGAJNAR, L.: ŽELIŠ, B.: Sekanje, boterjenje in j. les in topola s sekalnimi strojem RIKO. PG 40. Lesni ostanki in lesnedejalskih sekancev. GV št. 1/85. Ljubljana, 1985.
63. ŽGAJNAR, L.: Wood vs on energy source in Slovenia. Informacija za vključevanje TUFPO Longwood. Politopija, Ljubljana, 1986.
64. ŽGAJNAR, L.: Sekanci - nova obdelovaliva iz lesnih in drugih lesnih ostankov. Poljudna knjižnica, 1. zvezek, 1986, Ljubljana, 1986.
65. ŽGAJNAR, L.: Priključanje in posvetilanje - možnost gospodarnih predelav in uporabe biomase za energijske namene. GV št. 2/86. Ljubljana, 1986.
66. ŽGAJNAR, L.: Glavni viri sečnih in drugih ostankov za predelavo v sekance. Kmečki glas 13/86. Ljubljana, 1986.
67. ŽGAJNAR, L.: Biomasa - domača, obnovljiva in čist vir energije. Nova proizvodnja št. 1-2, Ljubljana, 1986.
68. ŽGAJNAR, L.: Helatore novosti v agrarni tehniki na domačem tržišču. GV št. 3/87. Ljubljana, 1987.
69. ŽGAJNAR, L.: Energijski pomen lesne biomase in racionalizacija njene uporabe. Vloga gozda pri skladnejšem razvoju manj razvitih območjih Slovenije. Urbanistični inštitut Slovenije, Ljubljana, 1987.
70. ŽGAJNAR, L.: Les - vir energije. Kmečki glas št. 51/87. Ljubljana, 1987.
71. ŽGAJNAR, L.: Ra.poreditev drevne mase pri gozdnem drevju. Kmečki glas št. 10/88. Ljubljana, 1988.
72. ŽGAJNAR, L.: Biomasa - ne več energija revešev in naših babic, ampak energija prihodnosti. GV št. 2/88, Ljubljana, 1988.
73. ŽGAJNAR, L.: Poznane tehnološke rešitve pri proizvodnji sekancev. Referat. Postojna, 1988.
74. ŽGAJNAR, L.: Možnosti uporabe sekancev. Referat, Postojna, 1988.
75. ŽGAJNAR, L.: Lastnosti in uporabnost gozdnih lesnih sekancev za energijo in tehnološke namene. Referat, Postojna, 1988.
76. ŽGAJNAR, L.: Možnosti organiziranja proizvodnje gozdnih lesnih sekancev pri nas. Referat, Postojna, 1988.
77. ŽGAJNAR, L.: Sečni ostanki so uporabni kot masut. OFLO, 16.nov.1988, Ljubljana.
78. ŽGAJNAR, L.: Les kot vir energije v Sloveniji in njegov pomen v gospodarstvih. GV 1/89.
79. ŽGAJNAR, L.: Stroji za cepljenje lesa - uporabni pripomočki za pripravo drv. Sodobno kmetijstvo, št. 11. Ljubljana, 1989.
80. ŽGAJNAR, L.: Vrste in uporabnost strojev za cepljenje lesa. GV št. 6/89, Ljubljana, 1989.
81. ŽGAJNAR, L.: Uporaba sečnih in lesnoindr. ostankov v avtomatiziranih kuriščih. Referat, Dobova, 1989.
82. ŽGAJNAR, L.: Potencialni viri lesne surovine in prve domače izkušnje pridobivanja gozdnih lesnih sekancev iz biomase prvih redčenj. Material za posvetovanje. IGLG, april 1989.

83. \* : Potencialni viri in tehnično tehnologija obnovljivi ekonomski vidiki pridobivanja in uporabe dravnih odpadkov iz prvih redčenj. Možnosti in problemi izdelanja celulozne industrije s surovino iz doma in tujine. Ekoperiliza za Videm - Kofa, 1989, Ljubljana, 1989.
84. \* : Sekanci - svetloba in gospodarna dila. Ekoperiliza za Videm - Kofa, 1989, Ljubljana, 1989.
85. \* : Kolikšen delež biomasne mase smejo države vzemati iz naših gozdov. Ekoperiliza, Ljubljana, 1989.
86. \* : Ekonomske možnosti nadaljnje industrijske predelave drvnega lesa v SR Sloveniji. IGTA, Ljubljana, 1980.
87. \* : Energetska bilanca SRS za obdobje 1986-1990. Gradivo SES, SIS energetike SRS, Ljubljana, 1986.
88. \* : Ekologija-energija varčevanja. Aktualna tema 31-34, Ljubljana, 1987.
89. \* : Ekperimentalna proizvodnja ivera za pohlebljenje v grana pri seči topolovih plantaza. Topola 131-170, Novi Sad, 1981.
90. \* : Korišćenje šumske biomase za energetiku. Mogućnosti proizvodnje i korišćenja u SFR Jugoslaviji. JPŠC. Informacije za tehniku i tehnologiju u šumarstvu 1/87, Beograd, 1987.
91. \* : Šumarska enciklopedija. Drugo izdanje. Jugoslovenski leksiografski zavod, Zagreb, 1980, 1983, 1987.
92. \* : Moderne Holzfeuerungsanlagen. Centrale Marketinggesellschaft der deutschen Agrarwirtschaft mbH, Bonn, 1983.
93. \* : Weniger Heizkosten. Informationen und Tipps fuer eine bessere Brennstoffnutzung bei Heizungsanlagen. Bundesministerium fuer Wirtschaft, Bonn, 1983.
94. \* : Richtig heizen mit Holz und Stroh. Beratungsschrift 34, Wien, 1983.
95. \* : Le bois: une source d'energie pour la commune, l'interieur de l'interieur. Paris, 1986.
96. \* : Wood fuel. Heat from the forest. National Board of Energy Production Research, Stockholm, 1983.
97. \* : Forest Operations in Sweden, Skogsarbeten. Gidlunds, 1985.
98. \* : Bruks Newel Bruks chip-waerter IF 300, Bruks - mekaniska AB, Sweden, 1982.
99. \* : Biomass for energy and industry. Abstracts of the 4th European Conference. Orleans, 1987.
100. \* : Bioenergy 84. Edited by H.ägneus and Å. Ellegård. Department of Plant Physiology, University of Goeteborg, Sweden. Elsevier - applied science Publishers LTD, London, 1985.
101. \* : Izkorišćenje šumske biomase za energetiku. JPŠC. Informacije 2/1982, Beograd, 1982.
102. \* : Zorišćenje šumske biomase za energetiku. Inostrana iskustva. JPŠC. Informacije 2/87, Beograd, 1987.

103. \* : Energy from biomass. 3 rd E.C.Conferance. Edited by W.Palz, I.Commbs. and D.O.Hall. Elsevier applied science publishers, London and New York, 1985.
104. \* : Zrebowanie drewna w Lesie. Matorialy z krajowej Konferancji Naukowo-Technicznej. Ozial Informacyjny 259. Krakow, 1986.
105. \* : Prospekti, tehnična poročila in drugi propagandni materiali proizvajalcev in trgovcev tehnike za pridobivanje, predelavo in uporabo biomase.
106. \* : Posebne zahteve za posamezne vire onesnaževanja. U.I.SRS št. 19, Ljubljana, 1988.
107. POŽAR,E.: Učinki sekanja in uporaba bukovih lesnih sekancev glede na debelinsko strukturo. Diplomsko delo, Ljubljana, 1989.
108. \* : Smotrna raba energije in varstvo okolja v Sloveniji. Materiali s seminara: čenške in obnovljivi viri energije. Ljubljana, september, 1990.

GOZDARSKA KNJIŽNICA

K E

397



22006000248

COBISS

UNIVERZA V LJUBLJANI