

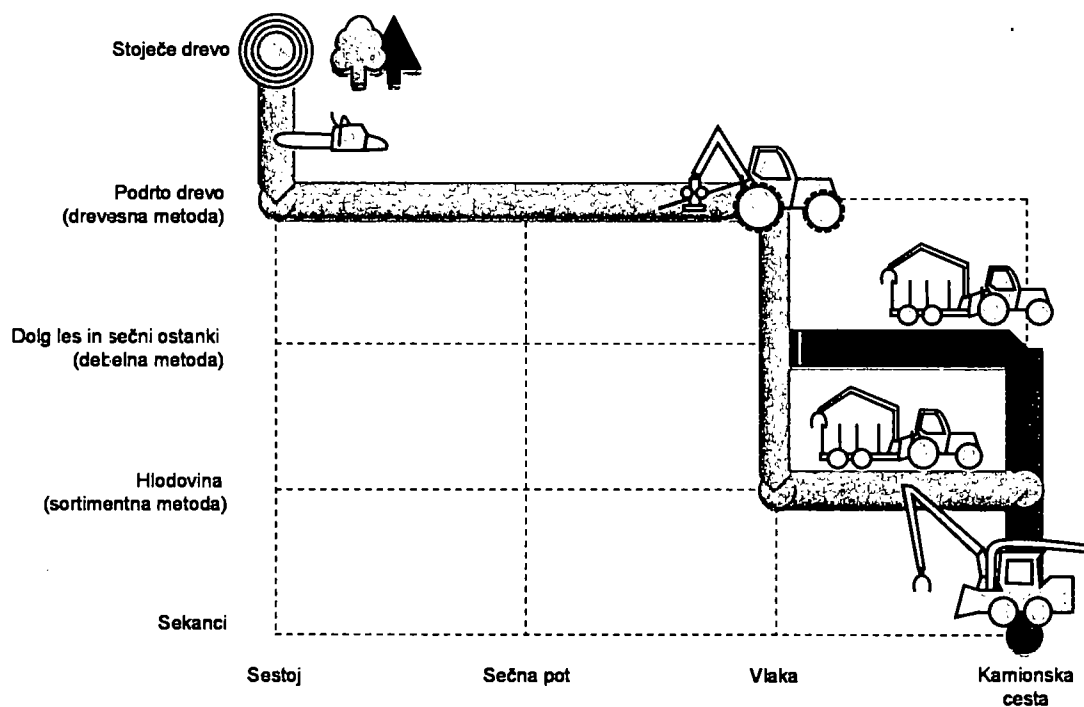
GOZDARSKI INŠTITUT SLOVENIJE
SLOVENIAN FORESTRY INSTITUTE

»CRP: Možnosti in omejitve pridobivanja biomase iz gozdov«

Študija

Izbira tehnološkega modela pri proizvodnji zelenih sekancev

Matevž Triplat, Nike Krajnc, Robert Robek



Ljubljana, 2013 OKTOBER

KAZALO VSEBINE

1.	Uvod v tehnološke modele	4
1.1	Opis tehnoloških modelov	5
1.2	Osnovna klasifikacija prometnic	6
1.3	Opredelitev sečnih metod	7
2.	Opisi predlaganih tehnoloških modelov	8
2.1.	Model 1 – Spravilo z žičnim žerjavom - drevesna metoda	8
2.2.	Model 2 - Motorna žaga - drevesna metoda.....	8
2.3.	Model 3 - Motorna žaga - drevesna metoda do vlake.....	9
2.4.	Model 4 - Motorna žaga - sortimentna metoda	11
2.5.	Model 5- Strojna sečnja.....	13
2.6.	Model 6 – Spravilo po zraku (drevesna metoda).....	19
3.	Delež motene površine.....	20
4.	Odločitvena matrika ("Decision-making tool")	24
5.	Razprava	26
6.	Zaključki.....	27
7.	Viri	28
8.	Priloge.....	30

KAZALO SLIK

Slika 1: Primer gozdarskih členov 'gozdno-lesne verige' (vir: 2012: http://www.forestenergy.org/pages/images/)	4
Slika 2: Osnovna matrika za pripravo tehnoloških modelov.....	6
Slika 3: Shema modela 1 – spravilo z žičnim žerjavom (drevesna metoda).....	8
Slika 4: Shema modela 2 – motorna žaga (drevesna metoda)	9
Slika 5: Shema modela 3/različica 1 – drevesna metoda do vlake, nato debelna	10
Slika 6: Shema modela 3/različica 2 – drevesna metoda do vlake, nato sortimentna	11
Slika 7: Shema modela 4/različica 1 – zbiranje sečnih ostankov z manjšim goseničarjem opremljenim s teleskopsko roko.....	12
Slika 8: Shema modela 4/različica 2 – usmerjeno podiranje in izvoz sečnih ostankov z zgibnim prikoličarjem	13
Slika 9: Shema modela 5/različica A – strojna sečnja (veliki stroji).....	14
Slika 10: Shema modela 5/različica B – strojna sečnja (veliki stroji z nameščenimi verigami)	15
Slika 11: Shema modela 5/različica C – strojna sečnja (srednje veliki stroji).....	16
Slika 12: Shema modela 5/različica D – strojna sečnja (majhni stroji).....	16
Slika 13: Shema modela 5/različica E – strojna sečnja (najmanjši stroji).....	17
Slika 14: Shema modela 5/različica F – kombinacija strojne in klasične tehnologije	18
Slika 16: Shema modela 5/različica G – strojna sečnja (sekalnik na sečnih poteh)	19
Slika 17: Shema modela 6 – spravilo po zraku (drevesna metoda).....	19
Slika 18: Odločitvena matrika za izbor primerne tehnološkega modela	24

GOZDARSKA KNJIŽNICA



GIS K E
647



12014000031

COBISS

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Pregled tehnoloških sistemov, tehnologij in metod (povzeto po Košir, 2010)	7
Preglednica 2: Razdelitev sečnih strojev (vir: FHP 2010)	13
Preglednica 3: Razdelitev spravilnih zgibnikov (vir: FHP 2010)	13
Preglednica 4: Obseg in jakost dopustnih motenj tal pri strojni sečnji (vir: Košir 2010 po Wästerlund 2002)	22
Preglednica 5: Delež dopustne motene površine tal zaradi proizvodnih procesov	23

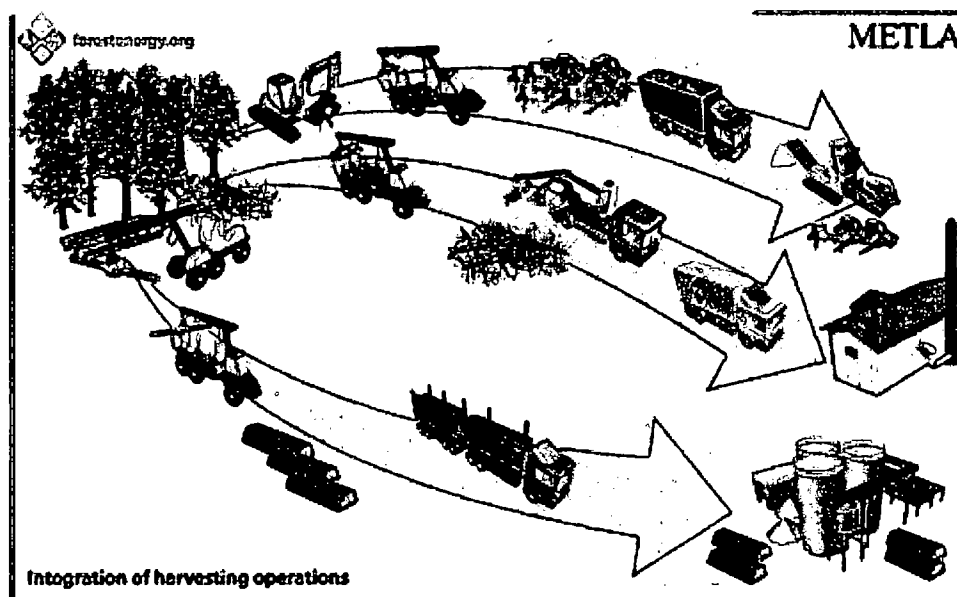
1. Uvod v tehnološke modele

Pridobivanje lesne biomase iz gozdov v Sloveniji vztrajno pridobiva na pomenu (Čebul, Krajnc 2012; Krajnc, Piškur 2011). Poleg klasičnih oblik lesnih goriv (polena, butare), so v porastu tudi nove, zlasti zeleni sekanci in lesni peleti (Krajnc, Piškur 2009). Za razliko od pelet, so zeleni lesni sekanci pravi gozdni lesni proizvod, s katerim povečujemo delež gospodarsko izkoristljive biomase. Skladno z EU standardom SIST EN 14588:2010 so zeleni sekanci lesni sekanci izdelani iz svežega lesa in svežih sečnih ostankov (sečni ostanki vključujejo veje in vrhače).

Proizvodnja zelenih sekancev v gozdu je vezana na sečnjo in spravilo okroglega lesa. Sprejet akcijski načrt za povečanje konkurenčnosti gozdno-lesne verige v Sloveniji (MKO in MGRT 2012) predvideva povečevanje količin poseka lesa in s tem se povečujejo tudi potenciali za proizvodnjo sekancev. Pri tem se poleg vprašanj iznosa hranil pojavlja tudi vrsto vprašanj glede tehnoloških možnosti pri proizvodnji zelenih sekancev iz gozdov.

Gozdarstvo kot gospodarska panoga ni namenjena sama sebi. Predstavlja več členov v kompleksni gozdno-lesni verigi (GLV). Tehnološko gledano, gozdarske člene GLV tvori niz proizvodnih procesov, s katerimi naravne vire iz gozdov pretvarjamo v proizvode in storitve (2013). Proizvodnja okroglega lesa in proizvodnja zelenih sekancev sta dva primera soodvisnih proizvodnih procesov, zato jih pogosto imenujemo proizvodne verige.

Proizvodne verige se v različnih okoljih razlikujejo. Primer skandinavske gozdarske proizvodne verige (slika 1), kaže, da jih sestavljajo tehnologije (izkoriščanje panjev), ki v naših okoljih niso sprejemljive.



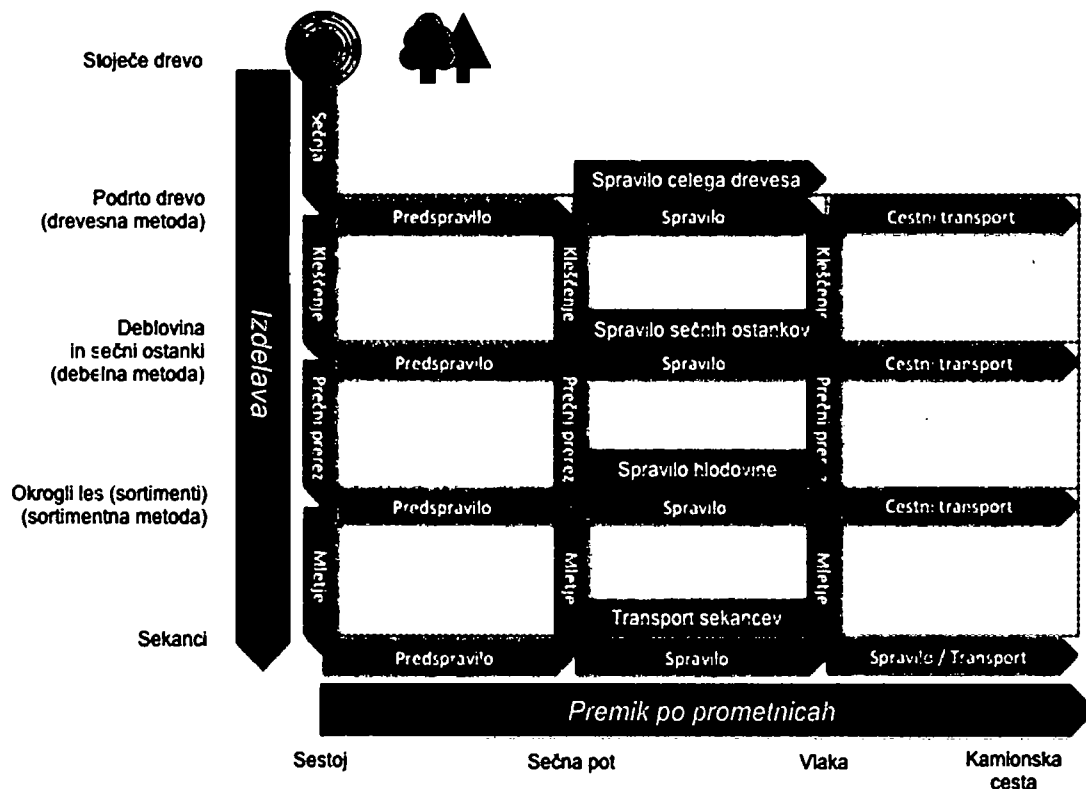
Slika 1: Primer gozdarskih členov 'gozdno-lesne verige' (vir: 2012: <http://www.forestenergy.org/pages/images/>)

Za kakovostno izbiro tehnološkega modela izdelave lesnih sekancev potrebujemo nazorne in primerljive opise možnih tehnologij. Večino prikazanih tehnoloških modelov predstavlja kombinacijo pridobivanja okroglega lesa in zelenih sekancev. Z uvajanjem strojne sečnje se je razvoj tehnologij precej pospešil, s tem se tudi pri nas pri proizvodnji lesnih sekancev pojavljajo nove tehnološke rešitve. Podrobnost tehnološkega modela mora omogočiti prikaz njegovih posebnosti, prav tako mora zajeti tehnologije, ki so relevantne za naš prostor v obdobju naslednjih 5-7 let.

Namen prispevka je predstaviti nov pripomoček za praktično odločanje pri izbiri najustreznejše tehnologije pridobivanja zelenih sekancev v Sloveniji, ki v največji možni meri upošteva splošne danosti (geologija, relief) in tudi pričakovane delovne razmere (vlažnost, infrastruktura) v delovišču.

1.1 Opis tehnoloških modelov

Osnovno orodje za opise tehnoloških modelov je matrika (tipa 5x4). Matrika, ki simbolizira sečnjo in spravilo od stoječega drevesa v sestoju do izdelanih sekancev na gozdni (kamionski) cesti. Na ordinatni osi so tako nanizane spremembe v stanju predelave drevesa (stoječe drevje, deblovina in sečni ostanki, okrogli les (sortimenti), sekanci). Na abscisni osi pa je opredeljen potek spravila oz. transporta od stoječega drevesa preko različnih tipov gozdnih prometnic do skladišča na gozdni (kamionski) cesti. Zavedamo se, da se gozdno lesna veriga ne zaključi na gozdni cesti, tako moramo za popoln prikaz na absciso dodati še končnega uporabnika (kurilnica, biomasni logistični center, žagarski obrat...). Za potrebe te študije se z končnim uporabnikom ne bomo ukvarjali in bomo predvidevali, da so cilj izdelani sortimenti in zeleni sekanci na gozdni (kamionski cesti).



Slika 2: Osnovna matrika za pripravo tehnoloških modelov

Presečišča v matriki nakazujejo mesto kjer se izvrši določen proces oziroma se stanje v predelavi drevesa/sortimenta spremeni (npr. kleščenje ali prežagovanje lahko opravimo v sestoju na vlaki ali celo na kamionski cesti). S piko v presečišču označimo mesto, kjer v tehnološki verigi pride do spremembe stroja, tehnologije dela ali oblike gozdnega proizvoda. Pri uporabi tehnoloških modelov se velikokrat srečujemo z različnimi tehnološkimi rešitvami za izdelava oziroma spravilo okroglega lesa ter sečnih ostankov, zato svetlo zelena barva simbolizira sečnjo in spravilo okroglega lesa, medtem ko temno zelena barva simbolizira spravilo in predelavo sečnih ostankov.

Ideja vizualizacije tehnološkega modela ni nova. V zadnjem času jo je uporabil prof. Joern Erler (Erler, Weiß 2003; Erler, Dög 2009) za potrebe medsebojne primerjave pravih metod. Osnovna predloga matrike za tehnološke modele v tem prispevku temelji na prej omenjeni.

1.2 Osnovna klasifikacija prometnic

Pri opisovanju tehnoloških modelov bomo uporabljali v Sloveniji uveljavljeno izrazje na področju gozdnih prometnic. Gozdne prometnice so poleg strojev in opreme osnovna infrastruktura za izvajanje proizvodnih procesov pridobivanja lesa in lesne biomase. To velja v celoti za tehnološke modele pri katerih poteka faza spravila po tleh in delno za tiste, pri katerih poteka spravilo iz sestoja do kamionske ceste po zraku.

Razlikujemo grajene in negrajene gozdne prometnice. Posamezni izrazi, uporabljeni v tem besedilu se nanašajo na "Pravilnik o gozdnih prometnicah (2009)" in imajo naslednji pomen:

- Gozdna cesta (Kamionska cesta) je grajena gozdna prometnica, ki je namenjena predvsem gospodarjenju z gozdom, je nekategorizirana v skladu s predpisi, ki urejajo javne ceste, omogoča racionalen prevoz gozdnih lesnih sortimentov, je javnega značaja, in je vodena v evidenci gozdnih cest;
- Vlaka (gozdna vlaka) je grajena ali negrajena gozdna prometnica, namenjena spravilu lesa s pravih sredstvi;

Pojem vlaka se nanaša na prometnico po kateri s pravih sredstvom obli les vlačimo po tleh. Z vidika tehnoloških modelov pri proizvodnji zelenih sekancev so poleg navedenih prometnic zelo pomembne tudi prometnice, pri katerih sečne ostanke naložimo na prikolico/polprikolico in jih vozimo do kamionske ceste. Temu lahko služi večina grajenih vlak, kjer pa terenske razmere to omogočajo se stroji gibljejo po terenu in zbirajo (kupajo) oziroma vozijo praviloma do vlake in po njej do ceste. Ker so sečni ostanki razprostrti po sestoju, nastajajo zaradi vožnje pravih sredstva po terenu posledice, podobne sečnim potem pri strojni sečnji.

Izraz »Sečna pot« v omenjenem pravilniku ni definiran. O sečnih poteh smo pri nas začeli govoriti pri uvajanju strojne sečnje ob prelomu stoletja. Sprva smo jih v Sloveniji imenovali vlake za sečnjo (Košir, Robek 2000) in so pomenile »krajše in manj obremenjene odcepe sekundarnih vlak« nastale predvsem zaradi

premikanja stroja za sečnjo po sestoji. S povečevanjem obsega strojne sečnje pri nas se je izkazalo, da je obseg vlak za sečnjo lahko zelo velik in kot tak lahko predstavlja tudi znatno ekološko breme tehnologije strojne sečnje. Ob pripravah različnih strokovnih podlag za izvajanje strojne sečnje pri nas je bil izraz vlake za sečnjo preimenovan v sečne poti oziroma sečno-spravilne poti. V delovnem gradivu za vodila dobrega ravnanja pri izvajanju strojne sečnje (Mihelič in sod 2013) so sečne poti definirane kot:

- trasa v gozdu, po kateri se gibljeta stroj za sečnjo in zgibni polprikoličar. Za sečnjo in spravilo uporabljamo sečne poti in obstoječe ali na novo pripravljene/zgrajene gozdne vlake. Gozdna vlaka je lahko sečna pot, sečna pot pa ne more biti gozdna vlaka.

Poudariti je potrebno, da v nadaljevanju predpostavljamo, da so sečne poti oz. sečno-spravilne poti namenjene vsem sečno-spravilnim tehnologijam v gozdu in niso namenjene zgolj gibanju stroja za sečnjo in zgibnega polprikoličarja, kot to predvideva delovno gradivo za vodila dobrega ravnanja pri izvajanju strojne sečnje. Omenili smo že, da je razvoj tehnologija danes precej hitrejši kot nekoč, tako so na trgu na voljo priključki za kmetijski traktor (gozdarska prikolica, procesor), ki pa že predstavljajo strojno sečnjo.

1.3 Opredelitev sečnih metod

Danes je poznanih več tehnologij pridobivanja okroglega lesa in lesnih sekancev. To pomeni, da nekatere tehnologije ali oblike strojev zahtevajo posebne kombinacije med oblikami sečnje in spravila. Tehnologije izdelave proizvodov pri panju, ob cesti, izven gozda najdemo v tehnoloških sistemih kratkega in dolgega lesa. Sisteme kratkega lesa razumemo kot tehnologije izdelave sortimentov v sečišču, sistemi dolgega lesa pa obsegajo tehnologije z drevesno ali debelno metodo (Košir, 2010). Predstavljeni tehnološki modeli temeljijo na različnih predpostavkah glede na metodo dela (sortimentna debelna, drevesna).

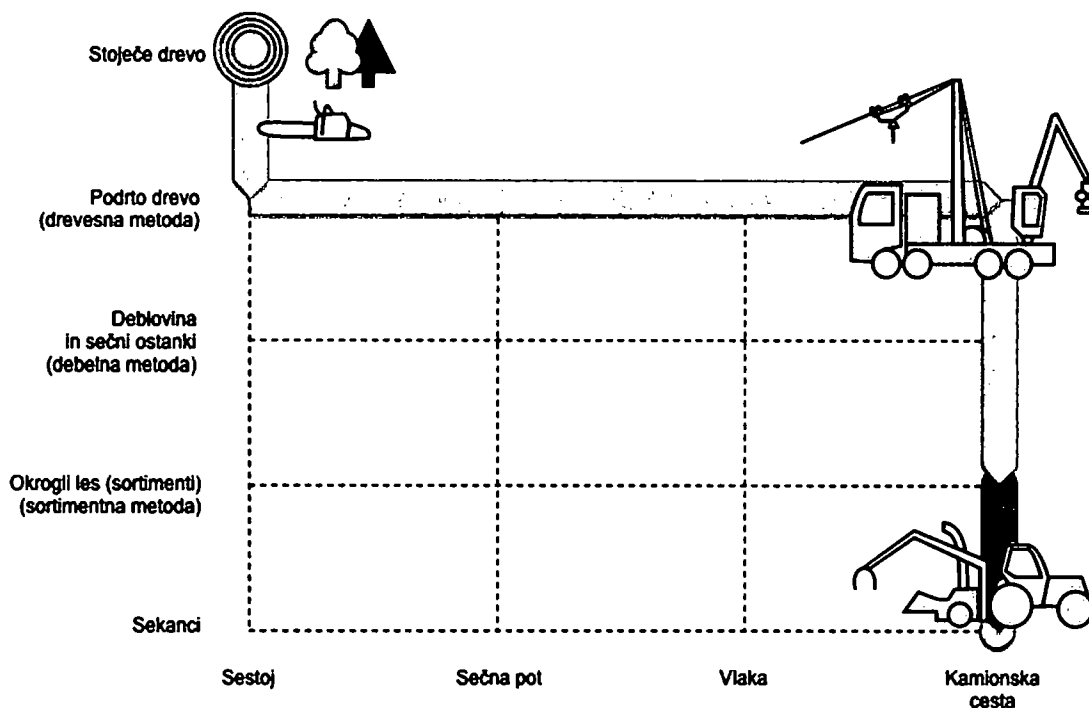
Preglednica 1: Pregled tehnoloških sistemov, tehnologij in metod (povzeto po Košir, 2010)

Sistem	Tehnologija	Metoda	Opomba
Kratek les	Izdelava sortimentov v sečišču	Sortimentna, klasična	Krojenje pri panju, izdelava lesnih proizvodov pri panju, prevzem lesa po fazah, pri panju in kamionski cesti, lupljenje iglavcev pri panju
Kratek les	Izdelava sortimentov v sečišču	Sortimentna, sodobna	Optimalno krojenje za znanega kupca, sortiranje ob cesti, nepoškodovan les, primerna za redčenja, sečni ostanki ostanejo v gozdu, tla varujemo s polaganjem vej in vrhov
Dolg les	Izdelava sortimentov na skladiščih v gozdu	Debelna	Kleščenje ob panju, neprimerna za redčenja, dolg les krojimo ob cesti ali transportiramo do porabnika
Dolg les	Izdelava sortimentov na skladiščih v gozdu	Drevesna	Kombinacija z ročno-strojno sečnjo, primerna za strma terene, primerna za velike površine naravnega mladja

2. Opisi predlaganih tehnoloških modelov

2.1. Model 1 – Spravilo z žičnim žerjavom - drevesna metoda

Model št. 1 (slika 3) predstavlja sodoben način pridobivanja lesa z drevesno metodo in žičničnim spravilom. Drevesa gozdni delavec z motorno žago podre in ne izdela v celoti (drevesna metoda). Sledi spravilo z žičnim žerjavom, kar pomeni, da je na kamionsko šasijo vgrajena žična naprava z zložljivim, vrtljivim in nagibnim stolpom, namenjena za spravilo po žični liniji na gozdno prometnico v smeri navgor, navzdol ali po ravnem. Takšne naprave se ponašajo z nosilnostjo 30 – 40 kN in so primerne za spravilne razdalje do 800 m. Zaradi potreb po nadaljni obdelavi dreves je dodana nakladalna naprava opremljena s procesorskim agregatom za sečnjo, izdelavo in sortiranje. Pri omenjeni procesorski glavi se del glave s podajalnimi valji prepogne nazaj, tako da ne ovira prijemanja hlodovine (Klun in sod., 2009). Po samem spravilu je tako vsa drevnina (hlodovina, sečni ostanki) ustrezno razporejena tik ob kamionski cesti. Nadaljni transport hlodovine iz gozdne ceste do končnega porabnika poteka klasično z različnimi različicami gozdarskih transportnih kompozicij. Po končanem spravilu in transportu hlodovine sečne ostanke, ki so shranjeni tik ob cesti, v sekance predela ustrezen sekalnik. Ustreznost sekalnika je opredeljena z ekonomsko upravičenostjo, ta pa je odvisna od več dejavnikov (npr. količina, dimenzija sekalnika in drugih stroškov povezanih s proizvodnjo).

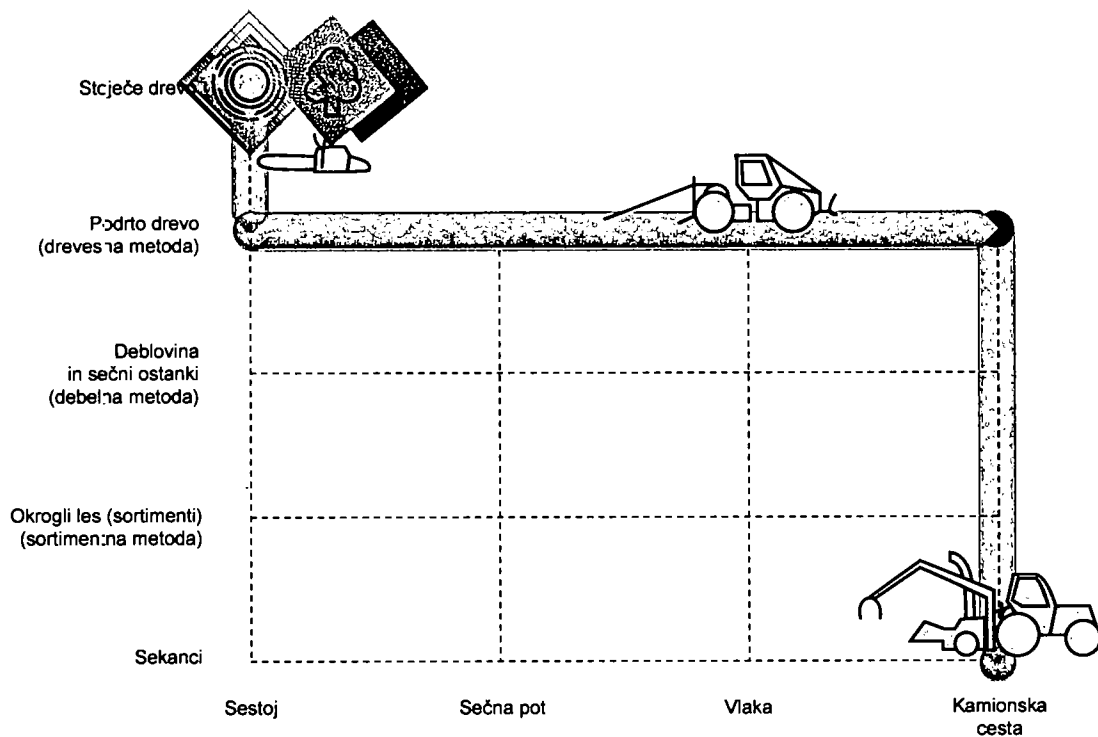


Slika 3: Shema modela 1 – spravilo z žičnim žerjavom (drevesna metoda)

2.2. Model 2 - Motorna žaga - drevesna metoda

Model 2 (slika 4) prikazuje sečnjo po drevesni metodi (sekač drevo samo podre in ga ne izdela do konca). Sečnji sledi spravilo z večjim zgibnim traktorjem namenjenim za gozdarsko proizvodnjo in je kot takšen opremljen z (dvobobenskim) vitlom in stalnim štirikolesnim pogonom. Spravilo celih dreves

(vključno s krošnjo) iz sestoja poteka po gozdni vlaki do kamionske ceste, kjer se nadaljno izdelava drevesa v sortimente in sečne ostanke. Sečni ostanki se v tem primeru, brez posebnih dodatnih postopkov, zbrani ob kamionski cesti in tako primerni za nadaljno obdelavo v sekance. V posebnih primerih, kjer to dovoljuje ekonomika, pa je priporočeno celotna drevesa predelati v sekance (npr. panjevski sestoji, napad borove ogorčice, zgodnja 1. redčenja...).



Slika 4: Shema modela 2 - motorna žaga (drevesna metoda)

Primer izdelave lesnih sekancev iz celih dreves je predstavljen kot eden izmed testnih primerov in sicer primer 3: Vremščica-črni gaber (glej podroben opis rezultatov iz testnih primerov). Najpomembnejši rezultat študije porabe časa je, da je produktivni čas (preračunan na ekvivalent okroglega lesa) tako pri sečni kot tudi pri spravilu za skoraj polovico nižji na ploskvi 1, kjer je bila uporabljena drevesna metoda (opisana v tehnološkem modelu) kot na ploskvi 2 kjer je bila uporabljena sortimentna metoda.

2.3. Model 3 - Motorna žaga - drevesna metoda do vlake

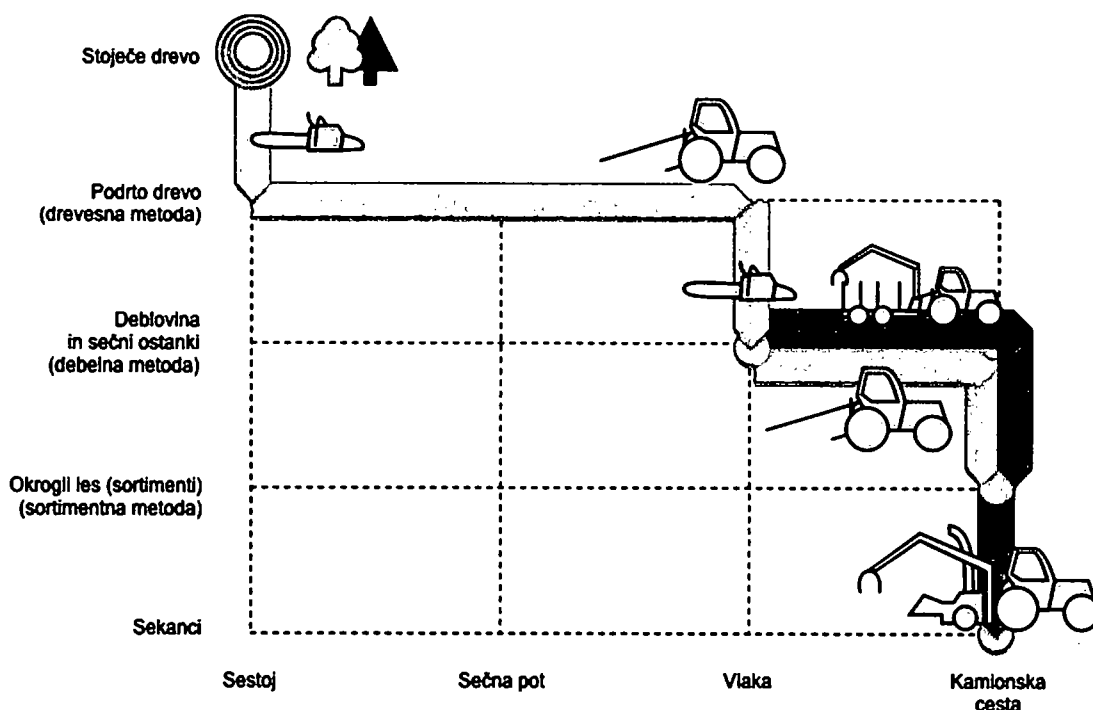
Model št. 3 smo razdelili na dve različici:

- Različica 1: drevesna metoda do vlake, nato debelna
- Različica 2: drevesna metoda do vlake, nato sortimentna

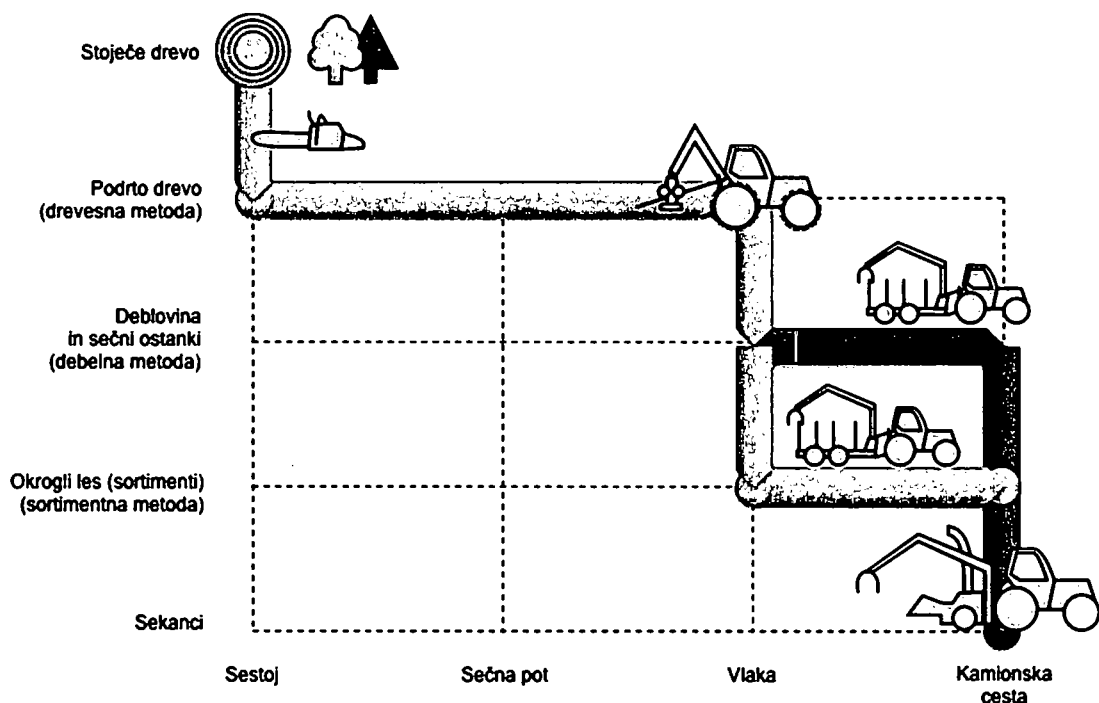
Prva različica (slika 5) predstavlja vsem dobro poznano kombinacijo klasičnega poseka z motorno žago in spravilom s prilagojenim kmetijskim traktorjem. Gre za skupinsko delo, kjer sekač podira drevesa po drevesni metodi, medtem ko jih traktorist z gozdarskim vitlom povleče do roba vlake in oklesti (sečni ostanki torej ležijo neposredno ob vlaki). Traktorist na takšen način zbira tovor dokler

ne zapolni vseh vrstnih zank. Sledi spravilo hlodovine do kamionske ceste. Sečni ostanki v tem primeru ostanejo neposredno ob vlaki in so v dosegu nakladalne naprave nameščene na traktorski prikolici ali zgibnem prikoličarju. Izdelava sekancev se izvrši na kamionski cesti.

Druga različica (slika 6) nakazuje kombinacijo klasične sečnje in strojne sečnje. Sekač drevo podre po drevesni metodi. Sledi predspravo (zbiranje) z vitlom do vlake, nato pa z uporabo procesorske glave (nameščene na traktorskem dvigalu) drevesa izdela ob vlaki. Sečni ostanki in hlodovina so skoncentrirani neposredno ob vlaki. Take procesorske glave kot traktorski priključek še niso uveljavljene v Sloveniji, vendar pa se v zadnjih letih povečuje povpraševanje tudi po tej tehnologiji. Za spravilo do kamionske ceste lahko nato uporabimo traktorsko prikolico ali manjši zgibni prikoličar. Sekance se izdelava na kamionski cesti šele potem, ko so na skladišču v kupih zbrani vsi sečni ostanki.



Slika 5: Shema modela 3/različica 1 – drevesna metoda do vlake, nato debelna



Slika 6: Shema modela 3/različica 2 – drevesna metoda do vlake, nato sortimentna

2.4. Model 4 - Motorna žaga - sortimentna metoda

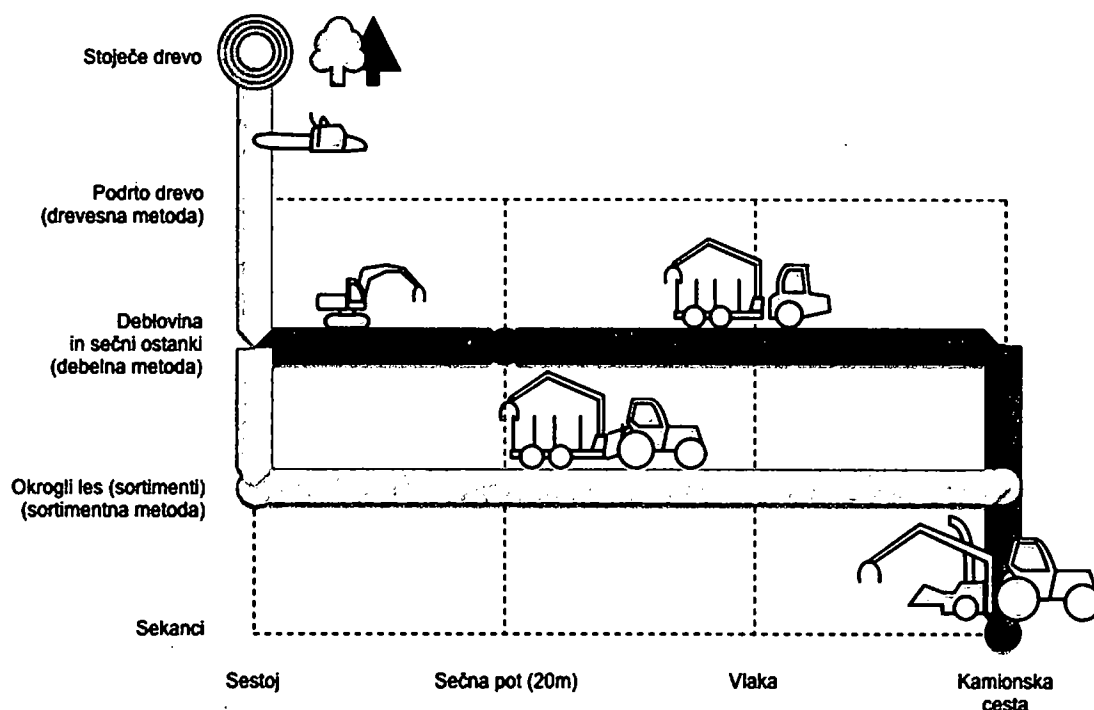
Tudi model št. 4 smo razdelili na dve različici:

- Različica 1: zbiranje sečnih ostankov z manjšim goseničarjem opremljen s teleskopsko roko
- Različica 2: usmerjeno podiranje in izvoz sečnih ostankov z zgibnim prikoličarjem

Prva različica modela 4 (slika 7) predstavlja v zadnjem času vse pogosteje uporabljeno proizvodno verigo za spravilo sečnih ostankov. V tem tehnološkem modelu gre za sistem kratkega lesa, kjer izdelava sortimentov poteka v sečišču (sortimentna metoda) s sečnjo z motorno žago. Sekač drevo podre in oklesti, zadnji prečni prerez opravi pri nekoliko višjem premeru kot običajno in tako maksimira količino sečnih ostankov na račun celuloznega oziroma manj kakovostnega lesa. S tem povečuje učinke celotne verige in hkrati povečuje količino sečnih ostankov, ki bodo ekonomsko upravičili samo proizvodnjo sekancev. Po sečnji tako sledi spravilo hlodovine po sečni poti in vlaki z manjšim zgibnim prikoličarjem ali traktorsko prikolico z dvigalom. Za sečne ostanke, ki so v tem primeru razprostrti širom sestoja, je predvideno zbiranje z manjšim goseničarjem opremljen s teleskopsko roko. Goseničar sečne ostanke zbira v kupe ob sečnih poteh, pri tem se giblje po terenu izven utrjenih prometnic. Spravilo sečnih ostankov od sečnih poti do kamionske ceste poteka z uporabo zgibnega prikoličarja ali s traktorsko prikolico z dvigalom. Izdelava sekancev je predvidena na kamionski cesti, kjer se na skladišču v kupih koncentrira sečne ostanke.

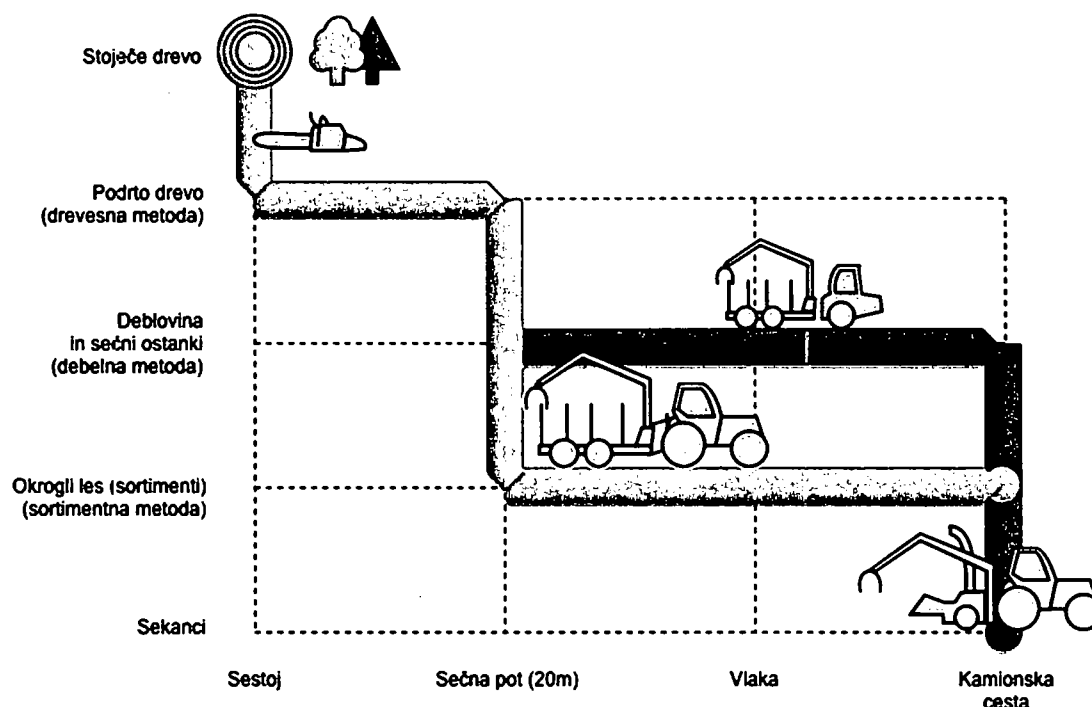
Glede na to, da model predvideva vožnjo po brezpotju, v primeru zbiranja sečnih ostankov, je potrebno upoštevati tudi omejitve glede na maksimalno dovoljeno

gostoto premikanja po brezpotju (glej poglavje 3). Časovna študija in izračun neposrednih stroškov za ta tehnološki model so predstavljeni v dveh testnih primerih in sicer: Nanos – smreka in Vremščiva – črni bor.



Slika 7: Shema modela 4/različica 1 – zbiranje sečnih ostankov z manjšim goseničarjem opremljenim s teleskopsko roko

V drugi različici modela 4 (slika 8) se izognemo vožnji po sestoju kar pomeni, da ostane vsa mehanizacija na sečno spravih poteh. Model je tako primernejši za bolj občutljive terene, kjer bi vožnja po brezpotju predstavlja nepovratne poškodbe tal in zato ni dopustna. Sečnja dreves se torej izvede z motorno žago z usmerjenim podiranjem proti sečnim potem. Potek sečnje spremlja traktor z nakladalnim žerjavom, ki drevesa potegne na sečno pot in jih obdela z motorno žago ali procesorskim agregatom. Ob takšnem modelu gospodarjenja so sečni ostanki in hlodovina zbrani tik ob sečni poti, tako da predspravilo ni potrebno. Spravilo sečnih ostankov in hlodovine iz sečne poti do kamionske ceste se izvede z manjšim zgibnim prikoličarjem ali traktorsko prikolico z nakladalno napravo. Izdelava sekancev je predvidena na kamionski cesti potem, ko so na skladišču v kupih zbrani vsi sečni ostanki.



Slika 8: Shema modela 4/različica 2 – usmerjeno podiranje in izvoz sečnih ostankov z zgibnim prikoličarjem

2.5. Model 5- Strojna sečnja

Model 5 predstavlja danes že uveljavljene oblike strojne sečnje. Strojno sečnjo zato predstavljamo glede na različne možne tehnološke rešitve, kjer obravnavamo stroje za sečnjo, sečno-spravilne zgibnike in kombinacije strojnega in klasičnega gospodarjenja z gozdovi. Delitev strojev za sečnjo glede na dimenzije smo povzeli po literaturi (FHP 2010) z nekaj popravki pri masah strojev.

Preglednica 2: Delitev sečnih strojev (vir: FHP 2010)

		Najmanjši stroji	Majhni stroji	Srednji stroji	Veliki stroji
Masa vczila	t	4 - 8	9 - 15	15 - 21	21 - 50
Moč motorja	kW	< 70	71 - 140	141 - 175	175 - 300
Doseg dvigala	m	5 - 8	8,1 - 11,6	8,3 - 10,7	8,3 - 15,5

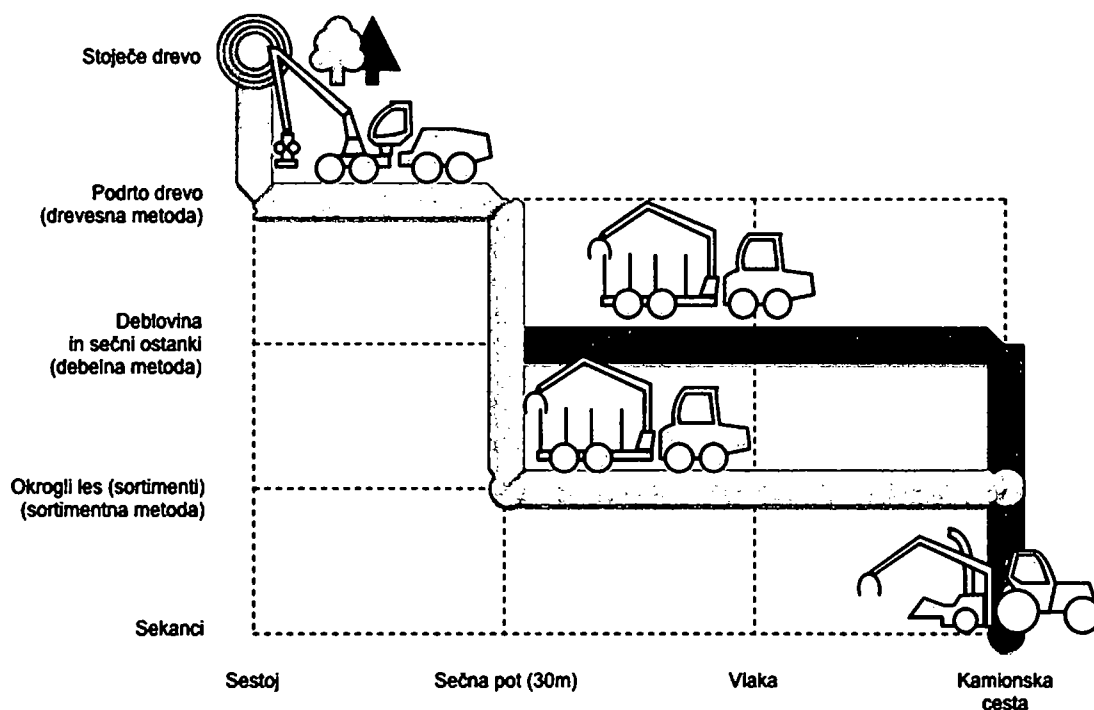
Preglednica 3: Razdelitev spravnih zgibnikov (vir: FHP 2010)

		Najmanjši stroji	Majhni stroji	Srednji stroji	Veliki stroji
Masa tovora	t	1 - 7	8 - 10	11 - 14	> 14
Masa vozila	t	1 - 9	9 - 15	12 - 18	15 - 23
Moč mctorja	kW	10 - 50	50 - 140	80 - 175	140 - 220

Tehnologija dela se spreminja glede na velikostni razred strojev, delež največje dopustne motene površine in previdene uporabe »tandemskih verig«, ki precej zmanjšajo obremenitev tal.

A. Model 5.A – Strojna sečnja (veliki stroji)

Različica A strojne sečnje (slika 9) predstavlja razred največjih sečno spravilnih strojev, ki so po nazivni moči močnejši od 175 kW in njihova teža presega 21 ton in hkrati ne presega 50 ton.



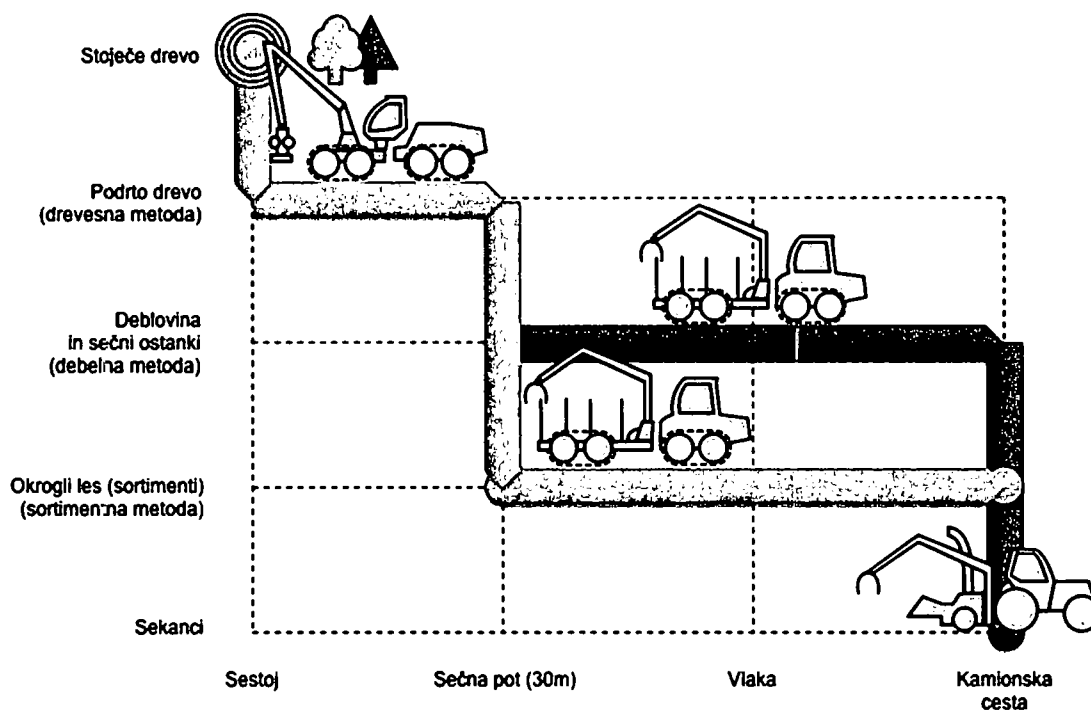
Slika 9: Shema modela 5/različica A – strojna sečnja (veliki stroji)

Dvigala strojev z nameščeno procesorsko glavo imajo v tem razredu največji doseg in lahko pričakujemo tudi najnižji delež motene površine zaradi nižje gostote prometnic. V modelu 5.A lahko torej predvidimo sečne poti v razmaku 30 metrov. V primeru debelega drevja v vmesnem pasu, ki je nedostopen za dvigalo stroja (med sečnimi potmi), je potrebna kombinacija s sekačem kateri drevesa usmerjeno podira proti sečnim potem. Sečnja in izdelava sortimentov poteka na sečni poti in jo izvede sečni stroj (»harvester«). Sečnji sledi spravilo sortimentov in sečnih ostankov do kamionske ceste s sečno spravilnim strojem. Izdelava sekancev je po končanem spravilu predvidena na kamionski cesti.

Največji problem pri tem tehnološkem modelu je teža stroja in s tem povezana možnost poškodbe tal. Ta tehnologija je omejena predvsem na dobro nosilna in manj vlažna tla.

B. Model 5.B – Strojna sečnja (veliki stroji z nameščenimi verigami)

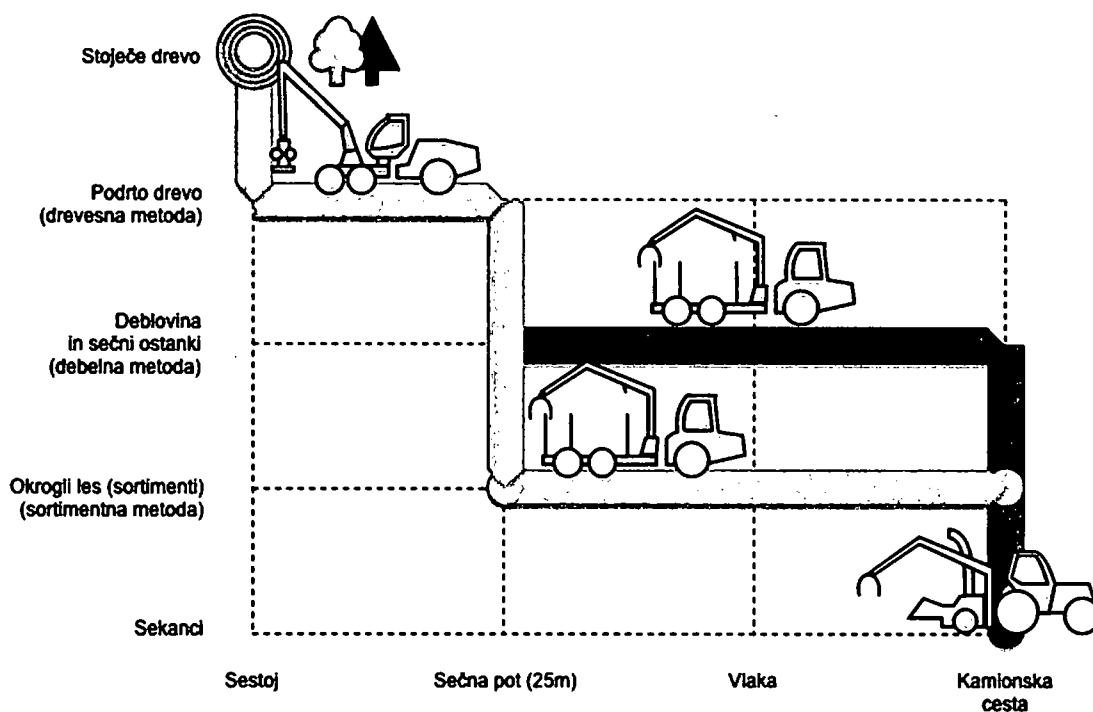
Različica 5.B (slika 10) se po samem tehnološkem poteku ne razlikuje od svoje predhodnice (5.A). Gre za nadgradnjo različice 5.A, kadar le-ta nastopi na razmočenih terenih z zmanjšano nosilnostjo tal. Z namestitvijo gosenic na tandemske osi se precej poveča naležna površina med strojem in tlemi. S tem ukrepom se občutno zmanjša nominalni tlak stroja na tla (glej prilogo 1), saj se masa stroja razporedi na večji dotični površini. Poudariti je potrebno, da namestitev gosenic ni ustrezen rešitev v primeru vožnje na velikih naklonih. Kajti obremenitev tal na osi je odvisna od razporeda mase na vozilu, ta pa je v ravnini povsem drugačen kot na velikih naklonih. Rezultati raziskav (Marenče 2000, 2005) kažejo zakonitosti prenašanja teže na zadnjo os pri spravi navzgor ter prenašanje obremenitev na sprednjo os pri spravi navzdol.



Slika 10: Shema modela 5/različica B – strojna sečnja (veliki stroji z nameščenimi verigami)

C. Model 5.C – Strojna sečnja (srednje veliki stroji)

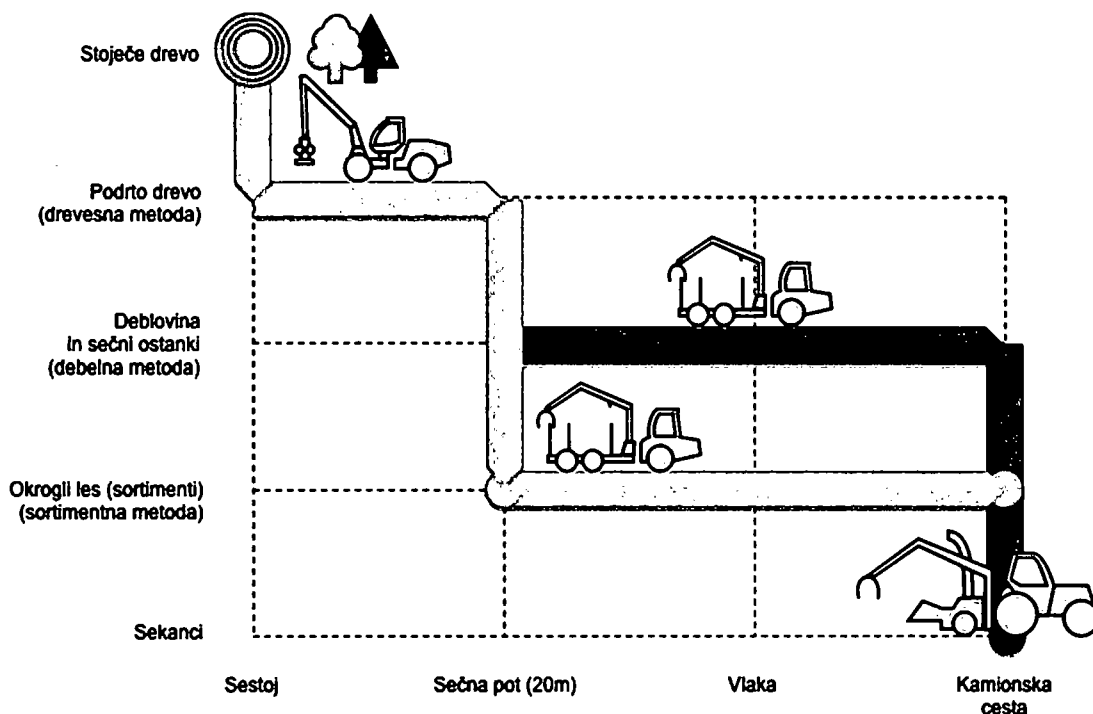
Model 5.C obravnava sečno spravilne stroje srednjega velikostnega razreda, ki po nazivni moči ne presegajo 175 kW in njihova masa ne presega 21 ton. Doseg dvigala pri teh strojih je nekoliko manjši, zato mora biti predvidena gostejša mreža sečno spravilnih poti. V modelu 5.C lahko predvidimo sečne poti v razmaku 25 metrov. V primeru debelega drevja v pasu nedostopnem za dvigalo stroja (med sečnimi potmi) je potrebna kombinacija s sekačem, ki drevesa usmerjeno podira proti sečnim potem. Sečnja in izdelava sortimentov poteka na sečni poti in jo izvede sečni stroj (»harvester«). Sečnji sledi spravilo sortimentov in sečnih ostankov s sečno spravilnim strojem do kamionske ceste, kjer je po končanem spravilu predvidena izdelava sekancev.



Slika 11: Shema modela 5/različica C – strojna sečnja (srednje veliki stroji)

D. Model 5.D – Strojna sečnja (majhni stroji)

Model 5.D (slika 12) obravnava majhne sečno-spravlilne stroje, katerih pogonski agregat ni močnejši od 140 kW in njihova masa ne presega 15 ton. Doseg dvigala v tem velikostnem razredu se ne razlikuje bistveno od strojev uporabljenih v modelu 5.C, ampak je glede na literaturo še celo nekoliko večji.

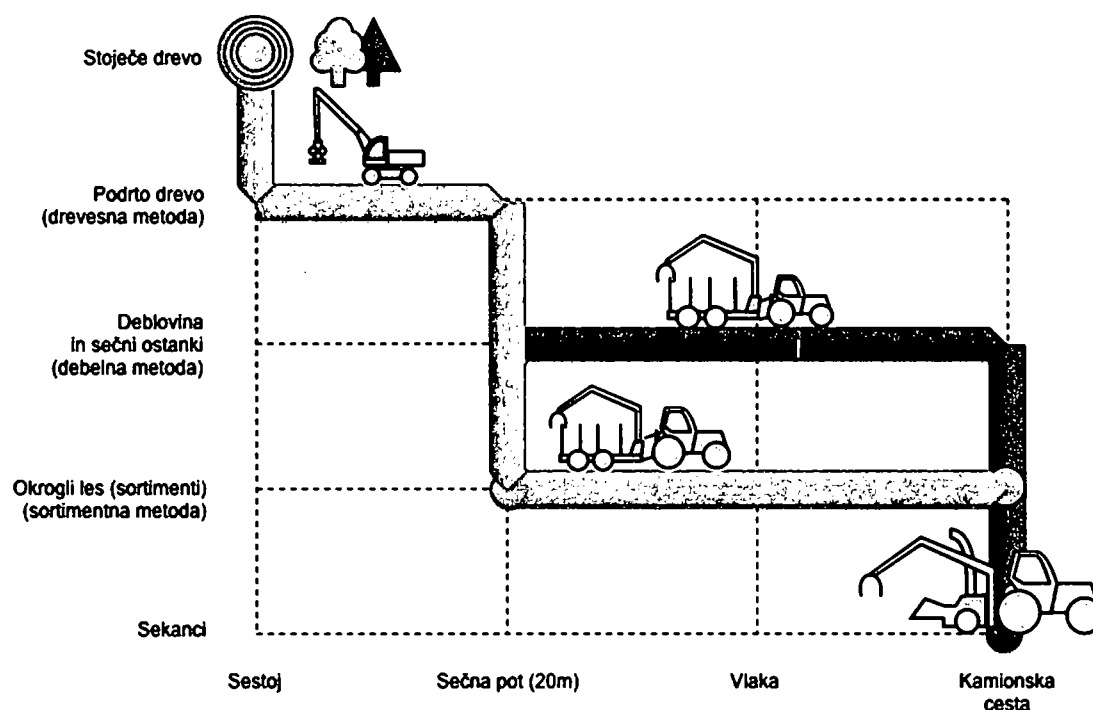


Slika 12: Shema modela 5/različica D – strojna sečnja (majhni stroji)

Glavna razlika je pri največji dovoljeni masi vozil kar pomeni, da model 5.D obravnava precej lažje stroje, ki so primerni za bolj občutljive terene. V modelu 5.D tako predvidevamo sečne poti v razmaku 20 metrov. V primeru debelega drevja v pasu nedostopnem za dvigalo stroja (med sečnimi potmi) je potrebna kombinacija s sekačem, ki drevesa usmerjeno podira proti sečnim potem. Sečnja in izdelava sortimentov poteka na sečni poti in jo izvede sečni stroj (»harvester«). Sečnji sledi spravilo sortimentov in sečnih ostankov s pravilnim zgibnikom do kamionske ceste, kjer je po končanem spravilu predvidena izdelava sekancev.

E. Model 5.E - Strojna sečnja (najmanjši stroji)

Model 5.E (slika 13) obravnava najmanjše sečno pravilne stroje, katerih pogonski agregat ni močnejši od 70 kW in njihova masa ne presega 9 ton.

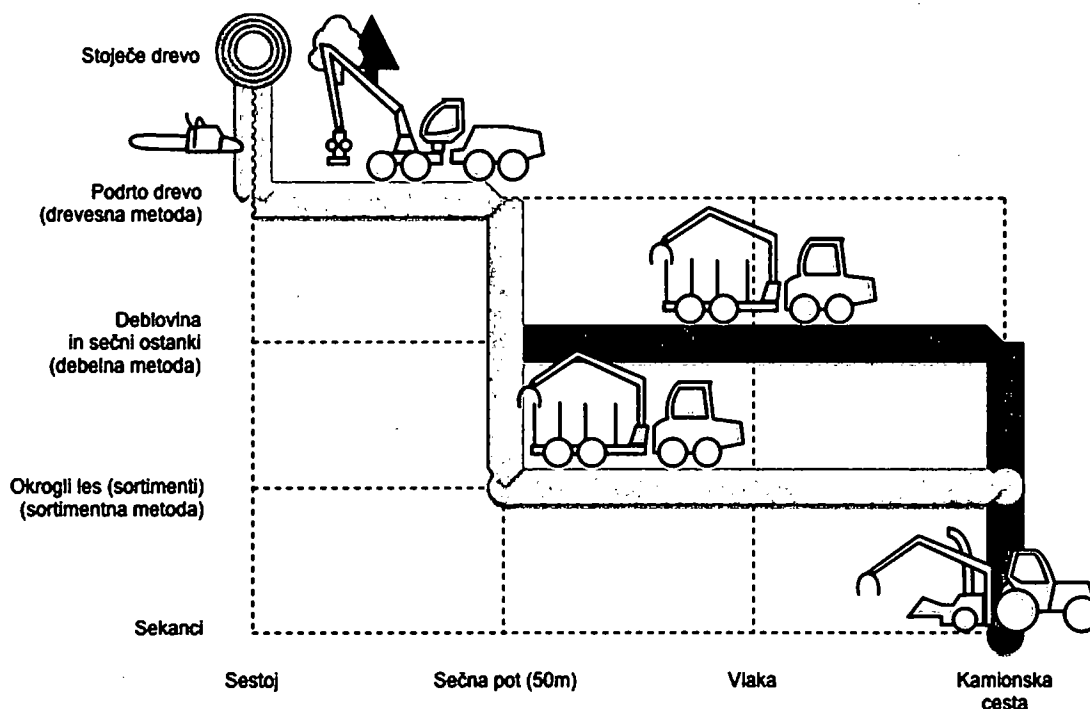


Slika 13: Shema modela 5/različica E – strojna sečnja (najmanjši stroji)

Ob današnji ponudbi na trgu se v tem razredu lahko znajdejo tudi traktorji s procesorsko glavo nameščeno na hidravličnem dvigalu. V primeru spravila pa traktorji z gozdarsko prikolico in dvigalom. Problem tega velikostnega razreda so prav dvigala, kajti dvigala teh strojev imajo majhen doseg (do 8m) in je zato motena površina tu največja. V modelu 5.E tako predvidevamo sečne poti v razmaku 20 metrov. V primeru debelega drevja v pasu nedostopnem za dvigalo stroja (med sečnimi potmi) je potrebna kombinacija s sekačem, ki drevesa usmerjeno podira proti sečnim potem. Sečnja in izdelava sortimentov poteka na sečni poti in jo izvede sečni stroj (»harvester« ali traktor prilagojen za strojno sečnjo). Sečnji sledi spravilo sortimentov in sečnih ostankov s pravilnim zgibnikom ali traktorjem z gozdarsko prikolico do kamionske ceste, kjer je po končanem spravilu predvidena izdelava sekancev.

F. Model 5.F – Kombinacija strojne in klasične tehnologije

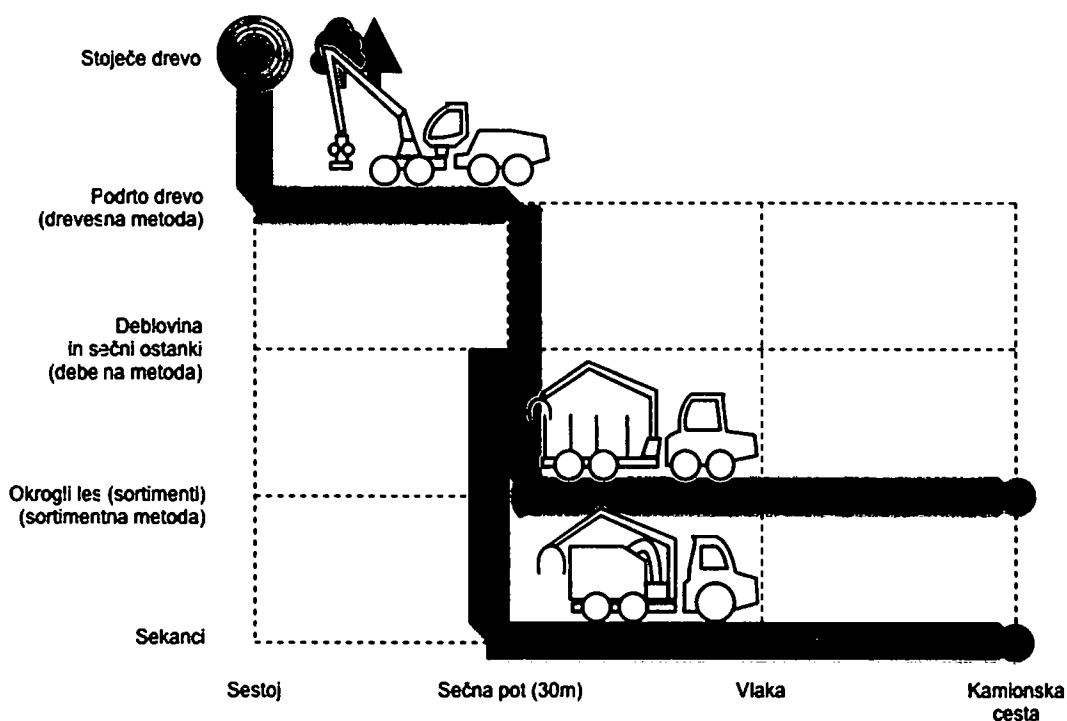
Model 5F (slika 14) je po samem sistemu dela zelo podoben ostalim modelom strojne sečnje. Gre za kombinacijo klasične sečnje in strojne sečnje z namenom, da je dosežena manjša gostota vlak oz. manjša motena površina. V vmesnem pasu tako drevesa usmerjeno podira sekač z motorno žago, sečne poti pa so tako lahko predvidene v razmaku 50m. Metoda je primerna za visoko produktivne sestoje za odrasle sestoje z visokim drevjem (> 30 m), kjer bi se strošek dodatne operacije (na račun ohranjenosti sestojev) hitro povrnil.



Slika 14: Shema modela 5/različica F – kombinacija strojne in klasične tehnologije

G. Model 5.G - Strojna sečnja (sekalnik na sečnih poteh)

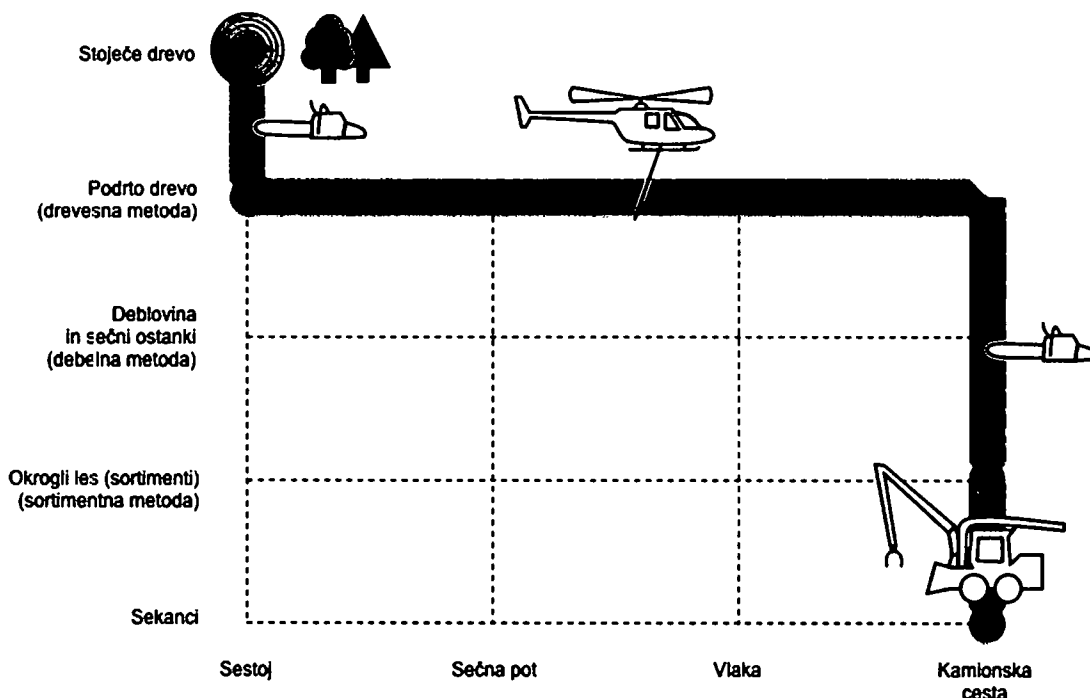
V različici 5.H (slika 16) izdelava sekancev poteka neposredno v sestoju. Sekalnik je tako, nameščen neposredno na spravilno zgibni stroj. Glede na izkušnje iz skandinavskih držav lahko povzamemo, da takšna oblika spravila sečnih ostankov ekonomsko ni upravičena. Kritična točka je sekalnik nameščen na spravnem zgibnem stroju, ki ima precej majhen zalogovnik in s tem veliko neproduktivnih časov na račun spravila sekancev. Sekalnik mora za optimalno delovanje obratovati brez nepotrebnih zastojev v sklopu prehodov stroja do surovine oz. do skladišča.



Slika 16: Shema modela 5/različica G – strojna sečnja (sekalnik na sečnih poteh)

2.6. Model 6 – Spravilo po zraku (drevesna metoda)

Zračno spravilo (slika 17) je primerno na nedostopnih terenih, kjer se nahajajo večje koncentracije kakovostnega lesa.



Slika 17: Shema modela 6 – spravilo po zraku (drevesna metoda)

Tovrstna oblika spravila za seboj prinese visoke stroške in ni primerna zgolj za pridobivanje lesnih goriv lahko pa so ti dodana vrednost k proizvodnji visoko

kakovostne hlodovine. Da je spravilo s helikoperji učinkovito, je v največji možni meri odvisno od organizacije del, ki se v marsičem razlikuje od klasičnih oblik spravila (Adamič, 2007). V Sloveniji največji problem omenjenega tehnološkega modela poleg visokih stroškov in zahtevne organizacije predstavlja pomanjkanje primernih terenov. Adamič (2007) ugotavlja, da je z upoštevanjem kriterijev naklona terena (nad 50%) in razdalje do prve prometnice (nad 1000m) potencialno primernih območij za helikoptersko spravilo v Sloveniji 20.872 ha kar znaša 1,87% celotne gozdne površine v Sloveniji.

3. Odstotek motene površine

V poglavju 2 je bilo predstavljenih 14 tehnoloških modelov, kjer ob sečnji in izdelavi okroglega lesa vzporedno ali neposredno po tem izdelujemo lesne sekance. Od predstavljenih modelov le dva (model 1 in model 6) ne zajemata gibanja strojev izven ceste. Vsi ostali modeli zahtevajo najmanj izgradnjo vlak.

Modeli 2, 3 koristijo samo stalne vlake, ki so v tem primeru načrtovane vnaprej v tehnološkem delu gozdnogojitvenega načrta. Pri načrtovanju omrežja grajenih in pripravljenih vlak je potrebno upoštevati tako splošne usmeritve za gradnjo vlak (2009a; 2009b), kot tudi podrobne usmeritve glede širine planuma vlake (do 3,5m v premii) in največje dovoljene gostote. Slednja se v odvisnosti od vrste terenov giblje med 130 m/ha in 180m/ha (2009a).

Grajene gozdne prometnice niso izločene iz gozdnih površin. Z njihovo izgradnjo načrtno spreminjamo naravne lastnosti gozdnih tal v smeri večje nosilnosti in varnejše vožnje namenskih vozil. Pri tem ne gre le za cestišče gozdne ceste in planum vlake, ampak za tlorisno površino celotne prometnice. V slovenskih gozdovih prevladujejo grajene prometnice z mešanim profilom, kjer je praviloma prisotna tako odkopna, kot tudi nasipna brežina.

Povprečna odprtost slovenskih gozdov s cestami je okoli 20 m/ha. Povprečna odprtost traktorskih terenov z grajenimi/stalnimi vlakami v slovenskih gozdovih je okoli 80 m/ha. Za praktične potrebe lahko ocenimo povprečno tlorisno širino celotne gozdne ceste na 7 metrov in stalne vlake na 5 metrov. Ob takih predpostavkah znaša povprečna obremenitev traktorskih terenov s trajno infrastrukturo 540 m/ha, kar je 5,40 % površine gozda. To je t.i. trajno žrtvovana površina gozda za potrebe pridobivanja lesa. Od tega je vpliv cest do 1 % (pri gostoti cest 20 m/ha in ob upoštevanju polovične dolžine ceste ob delovišču).

Tehnološki modeli izdelave sekancev, pri katerih sodelujejo stroji za sečnjo (modeli 5.A. – 5.G.) ter model 4 zajemajo poleg vožnje strojev po vlakih tudi vožnjo strojev po naravnih gozdnih tleh oziroma po brezpotju. Do uvajanja strojne sečnje v Sloveniji smo zakonsko v celoti prepovedovali vožnjo gozdarske mehanizacije izven gozdnih prometnic. Vzrok temu je velika občutljivost naravnih gozdnih tal na statične, še bolj pa na dinamične obremenitve, ki nastajajo pri vožnji po brezpotju. Neposredno ob vožnji prihaja do zbijanja tal in mešanja talnih horizontov, kasneje pa pod vplivom meteoroloških dejavnikov še do premeščanja tal (izpiranje, odlaganje). Zbijanje tal je ob gradbenih posegih zaželen postopek povečevanja nosilnosti in trdnosti tal, v pogojih koreninjenja in

rasti gozdne vegetacije pa zelo neneželen pojav, ki spremlja božno po brezpotju. Govorimo o poškodbah tal. Študije o negativnih vplivih kolesa na gozdna tla spremljajo gozdarsko stroko praktično od druge svetovne vojne dalje, od pojava prvega traktorja v gozdu. Kljub obsežnemu strokovnemu delu na tem področju, modeli za napovedovanje deformacij in fizioloških poledic le teh ostajajo relativno nezanesljivi.

Na poškodbe tal pri vožnji po brezpotju vplivajo lastnosti in stanje tal v trenutku obremenitve ter lastnosti stroja in način njegovega obremenjevanja talnega profila. Zadnje ugotovitve novjših tujih (Labelle, Jaeger 2012; Majnounian, Jourgholami 2013) in domačih (Mali, Košir 2007; Cerjak 2011) študij potrjujejo pretekle raziskave na tem področju, ki so:

- Stroji za sečnjo in traktorji z dvakratno vožnjo po naravnih tleh (to odgovarja prazni vožnji do sortimentov in polni vožnji nazaj po istih kolesnicah) povzročijo med 50 in 70 % vseh deformacij v tistih okoliščinah (vlažnost, obtežba).
- Vplivno območje deformacij sega pod tloris kolesnic in tudi preko njega (Bousienesq-ov diagram deformacij), vendar se v praksi za deformirano območje šteje celoten pas znotraj zunanjih robov kolesnic.
- Pri danem tipu tal so poškodbe bolj izrazite pri večji vlažnosti tal in večjem naklonu terena.
- V danih naravnih pogojih so poškodbe tal istega stroja z manjšim statičnim pritiskom (širše pnevmatike, nižji tlaki v pnevmatiki, tandemske osi) manjše.
- Aktivno zmanjševanje negativnih posledic gozdarske mehanizacije je mogoče dosežati s skrbno izbiro stroja, strojnika, vremenskih/vlažnostnih razmer ter s polaganjem sečnih ostankov pod kolesa.

Z vidika pridobivanja drobne biomase v sestoji za izdelavo zelenih sekancev se pri aktivnem zmanjševanju negativnih posledic gozdarske mehanizacije na tla srečamo s konkurenčno rabo sečnih ostankov. Košir in Robek (2000) sta na primeru študije 'Žekanec' ugotovila, da je za dokazljivo zmanjšanje zbitosti v kolesnicah potrebno vsaj 10-15 cm potlačene debeline sečnih ostankov. Labelle in Jaeger (2012) v raziskavi, ki je podrobno preučevala učinke sečnih ostankov na zbitost, ugotavljata:

- Količina sečnih ostankov, potrebnih za učinkovito zaščito tal pred zbijanem, je močno odvisna od vrste tal.
- Poleg debeline odeje sečnih ostankov je zelo pomembna tudi enakomerna razporeditev debelin vej, pri čemer maksimalne debeline naj ne bi presegle 7,5 cm.
- V razmerah, ko imamo pri danem poseku na voljo 130 m³/ha etatne mase, je mogoče pričakovati do 50 ton/ha sveže drobne biomase. Kar 70 % te drobne biomase je potrebno uporabiti na vlaki, za preprečitev deformacij, le 30 % jo je komercialno izkoristljive za izdelavo sekancev.
- Učinek preproge sečnih ostankov se z večanjem števila prehodov zmanjšuje, prav tako pa teh sečnih ostankov po koncu ni več mogoče pobrati in uporabiti za izdelavo zelenih sekancev (umazani, zdrobljeni in vtisnjeni v podlago).

V primerih izkoriščanja drobne biomase na delovišču je v realnih sečiščih v Sloveniji premalo sečnih ostankov za oba namena, kar pomeni, da je se je

potrebno z izvedbo prilagoditi sušnim razmeram, izbrati velikost in opremljenost strojev za določene vrste tal ter večino sečnih ostankov predelati v sekance.

V zadnjih 13 letih je bilo v Sloveniji opravljenih več meritev obsega poškodovanih površin zaradi vlak in sečni poti. Košir in Robek (2000) sta ugotovila na kraškem terenu širino stalnih negrajenih vlak pri strojni sečnji 3,60 metra in sečnih poti 3,50 metra ter skupno gostoto vseh sečnih poti in vlak v višini 485 m/ha. Če predpostavimo, da je vsaka sečna pot trajna deformacija in upoštevamo povprečno vrednost širin prometnic ter njihovo skupno gostoto, dobimo 17,2 % motenih površin. Žlogar (2007) je za 77 ha veliko delovišče na območju Unca ugotovil povprečne širine sečnih poti pri traktorskem spraviu 2,90 m in pri strojni sečnji 3,50 m ter gostoto vseh vlak pri traktorskem spraviu 147 m/ha in gostoto vseh poti pri strojnih sečnji 359 m/ha. Izračunani odstotki motene površine so za traktorsko spraviu 4,30 %, za strojno sečnjo pa 12,6 %. Zadnje meritve motenih površin pri redčenjih in strojni sečnji na Pohorju in Goričkem je objavil Cerjak (2011). Njegove povprečne izmerjene širine sečnih poti so bile med 3,70 m in 4,20 m. Gostote sečnih poti so bile preko 500 m/ha, odstotki motene površine tal pa 19,4 % oziroma 21,9 %. Vse navedene raziskave so predpostavljale, da je vsaka vidna sečna pot (meritve opravljene neposredno po izvedbi del) trajna motnja in da so na deloviščih prisotne samo negrajene vlake oziroma vlake brez brežin. Deleža motenih površin cest, niso upoštevali. Razlike v vseh izmerjenih parametrih so relativno velike, največje seveda med traktorskim spraviu in strojno sečnjo.

Za ugotavljanje obsega po strojni sečnji poškodovanih tal je Wästerlund (2002) razvil, Košir (2010) pa poslovenil preglednico 4, v kateri je ustreznost poškodb tal prikazana v odvisnosti od obsega in jakosti poškodb tal. Kazalnik jakosti poškodb tal je povprečna globina kolesnic, kazalnik obsega poškodb tal pa delež motene površine (izražen v odstotku površine delovišča).

Preglednica 4: Obseg in jakost dopustnih motenj tal pri strojni sečnji (vir: Košir 2010 po Wästerlund 2002)

Globina kolesnic (cm)	Delež motene površine (%)			
	< 10	10 - 19,9	20 - 29,9	30 <
< 5	NE	NE	Zmerno	Veliko
5 - 9,9	NE	Zmerno	Veliko	Resno
10 - 14,9	Zmerno	Veliko	Resno	Resno
15 - 19,9	Veliko	Resno	Resno	Nesprejemljivo
20 <	Nesprejemljivo	Nesprejemljivo	Nesprejemljivo	Nesprejemljivo

Preglednico 4, ki se je v zadnjem času precej uveljavila v našem okolju, je po našem težko uporabiti za praktično rabo, saj za določitev povprečne vrednosti zahteva velik vložek v objektivno določanje povprečne globine kolesnic.

Ker za vsakodnevno izvajanje del potrebujemo mejne vrednosti poškodb tal, predlagamo za delovišča, kjer se poleg izdelave oblovine zbirajo tudi sečni ostanki za proizvodnjo zelenih sekancev, poenostavljeno preglednico mejnih

vrednosti dopustnih odstotkov motene površine tal (preglednica 5), ki upošteva naslednje podmene:

- obstoječe gozdne in lokalne ceste v povprečju prispevajo k obsegu površin motenih tal v gozdu 1%;
- traktorski tereni v Sloveniji imajo danes v poprečju 80 m/ha (povprečni razmik 125 m) trajnih/grajenih vlak s povprečno širino 5 m, kar prispeva 4 % k obsegu površin motenih tal v gozdu;
- nadaljnja gostitev 'omrežja' poteka po ravnejših terenih bodisi z vožnjo po brezpotju ali s t.i. pripravo vlak (odstranitev večjih ovir), kjer privzamemo povprečno širino kolesnice oziroma planuma 3,50 m;
- posamezna vožnja stroja (kolesnik ali goseničar) po sečne ostanke je sestavljena iz prazne vožnje (brez tovara) do mesta pobiranja ter iz polne vožnje (s tovorom) praviloma po isti poti nazaj do vlake ali ceste;
- posamezna vožnja pri izvozu sečnih ostankov ne predstavlja dolgoročnega ekološkega tveganja, če je bila opravljena izven obdobja nasičenosti tal z vodo;
- ponavljajoče vožnje po istih koridorjih oblikujejo površine motenih tal zaradi gibanja strojev po brezpotju;
- pri izračunavanju površin motenih tal izven grajenih prometnic empirično upoštevamo 70 % delež sečnih poti, na katerih prihaja do ponavljajočih voženj po brezpotju in to ne glede na globino kolesnic.

Preglednica 5: Odstotek dopustne motene površine tal zaradi proizvodnih procesov

Razmik sečnih poti (m)	Površina sečnih poti* (m ² /ha)	Delež motene površine** (%)
20	1029	15
40	417	10
60	213	8
80	110	6

* upošteva 3,50 m za povprečno širino sečne poti, 70 % delež sečnih poti, na katerih prihaja do ponavljajočih voženj ter ne upošteva delež grajenih prometnic

** zaokroženo, vključno s 5 % povprečnim deležem motene površine zaradi grajenih prometnic

Praktična uporaba preglednice 5 je predvidena v primeru dvoma v primernost obsega poškodb tal tekom izvajanja del, neposredno po končanih delih oziroma najkasneje v roku 3 mesecev po koncu del. V takem primeru je potrebno ugotoviti tlorisno površino delovišča ter skupno dolžino vseh trajnih prometnic in sečnih poti ter izračunati dejanski obseg motenih površin za vse grajene prometnice in 70% motenih površin za sečne poti. Za povprečne širine posameznih skupin prometnic privzamemo zgoraj podane vrednosti. Globine kolesnic ne ugotavljamo. Rezultate je potrebno primerjati za dejanski tehnološki model in njemu pripadajoči nazivni razmik sečnih poti.

4. Odločitvena matrika ("Decision-making tool")

Tekom študije smo že spoznali, da na poškodbe tal pri vožnji po brezpotju najbolj vplivajo lastnosti in stanje tal v trenutku obremenitve ter lastnosti izbrane mehnizacije in način njegovega obremenjevanja talnega profila. Pri načrtovanju gozdno-lesnih verig gre torej za odločanje o tehnologijah po ustreznosti glede na dane terenske in vremenske razmere. Omenjeni vidiki so bili naše glavno vodilo pri oblikovanju odločitvene matrike (slika 18). Ta obravnava predlagane tehnološke modele razdeljene po primernosti glede na tip tal, vremenske razmere in naklon terena.

	do 35%		35% - 60%		nad 60 %	
Šota	6	6				
Globoka silikatna tla	2, 3	2, 3, 5.B, 5.F	1, 2, 3	1, 2, 3	1	1
Globoka karbonatna tla	2, 3, 5.B, 5.F	2, 3, 4, 5.A, 5.B, 5.C, 5.D, 5.E, 5.F, 5.G	1, 2, 3	1, 2, 3, 5.B*, 5.F*, (5.E??)	1	1
Plitva tla	2, 3, 4, 5.A, 5.B, 5.C, 5.D, 5.E, 5.F, 5.G	2, 3, 4, 5.A, 5.B, 5.C, 5.D, 5.E, 5.F, 5.G	2, 3, 4, 5.B, 5.C, 5.D, 5.F	2, 3, 4, 5.A, 5.B, 5.C, 5.D, 5.F	1	1
	vlažna tla	suha tla	vlažna tla	suha tla	vlažna tla	suha tla

* Tehnologije primerne samo na naklonih od 35 % - 40 %

Slika 18: Odločitvena matrika za izbor primernega tehnološkega modela

Ob pripravi matrike smo v prvi fazi razvrstili tla glede na nosilnost tal (sposobnost tal, da podprejo breme, ki pritiska na tla), tako obravnavamo štiri povsem različne tipe tal. Za potrebe tega projekta nosilnih kapacitet tal v Sloveniji nismo proučevali, temveč smo jih povzeli po literaturi (Owende 2009) in jih na podlagi dosedanjih spoznanj prilagodili našim razmeram. Za potrebe odločitvene matrike tako obravnavamo naslednja tla (od mehkih tal do trdnih tal):

- Šotna tla (zelo mehka tla),
- Globoka silikatna tla (mehka tla),
- Globoka karbonatna tla (povprečna tla) in
- Plitva tla (trda tla).

Zavedati se moramo, da se z vremenskimi pogoji (daljša deževna obdobja, suše...) precej spreminjajo tudi lastnosti tal. Predvsem trdnost tal se ob nasičenosti tal z vodo precej zmanjša in s tem tudi nosilna kapaciteta tal, zato obravnavane talne tipe obravnavamo tako v suhih kot v vlažnih razmerah (suha tla, vlažna tla).

V tej študiji smo že omenili, da so obremenitve tal na osi stroja močno odvisne tudi od naklona terena. Razporeditev mase na vozilu je v ravnini povsem drugačena kot na velikih naklonih. Rezultati raziskav (Marenče, 2000, 2005) kažejo zakonitosti prenašanja teže na zadnjo os pri spravi navzgor ter prenašanje obremenitev na sprednjo os pri spravi navzdol. Spremembe tehničnih lastnosti izbrane tehnologije so tako ključnega pomena pri odločanju o tehnološkem modelu in smo jih zato vključili tudi v odločitveno matriko.

Odločitvena matrika je torej pripomoček, s katerimi pristopimo k izvedbenemu načrtovanju oziroma kot jo v praksi imenujemo, k pripravi dela. Sodobna priprava dela ni le orodje za racionalizacijo proizvodnje (Košir 2004) in za povečevanje gospodarskih vidikov proizvodnje, pač pa tudi za obvladovanje okoljskih vidikov pridobivanja lesa in lesne biomase. V Sloveniji je v državnih gozdovih izvedbeno načrtovanje deljeno med naloge javne gozdarske službe ter med koncesionarje.

Javna gozdarska služba s pomočjo tehnološkega dela gozdnogojitvenega načrta opredeljuje robne pogoje za izbor tehnološkega modela. Razpolagajo z reliefnimi, geološkimi in pedološkimi podatki ter s količino in strukturo grajenih (načrtovanih) gozdnih prometnic. Glede na predvidene količine in vrste gozdnih lesnih sortimentov je mogoče uporabiti odločitveno matriko za **okvirni izbor dovoljenih tehnoloških modelov**.

Izvedbeno načrtovanje je na strani izvajalcev del v državnih gozdovih (koncesionarjev) predpisano. Odločitveno matriko izvajalci del lahko uporabijo v fazi sečnospravnega načrtovanja, pri katerem je že znan rok izvedbe del in tekom samega izvajanja del. V obeh primerih je spremenljivka vlažnost tal, ki se krajevno in časovno zelo spreminja. Dodatni vplivni dejavnik je še vrsta ter opremljenost stoja. Slednja dva sta odvisna tudi od operativnega poteka del (kvart, dobavni roki), zato izvajalci del uporabljajo odločitveno matriko za **dejanski izbor tehnoloških modelov**.

5. Razprava

Naraščajoče cene fosilnih goriv so pripeljale do vse večje zahteve javnosti po izrabi naravnih potencialov. K temu z izvajanjem akcijskega načrta »Les je lep« (MKO in MGRT 2012) strmi tudi država, ki se je zavezala do leta 2020 povečati delež obnovljivih virov v energetske bilanci. Lastnikom gozdov se tako ponuja nova tržna niša s »postranskimi« gozdnimi proizvodi in se tako vse pogosteje odločajo tudi za gospodarjenje s sečnimi ostanki. Pojavljajo se nove tehnologije in z vsakim novim strojem v gozdu se odpira veliko vprašanj predvsem glede obremenitev okoljskih oz. ekoloških dejavnikov.

S spremenjenimi tehnologijami pridobivanja lesa, se je spremenila proizvodnost in ekonomičnost pridobivanja lesa, vendar so se spremenili tudi negativni vplivi teh tehnologij na gozd. Žal je trenutno gospodarska situacija takšna, da si konkurenčnost na trgu tehnologij in dela lahko posamezniki zagotavljajo le z zanemarjanjem kakšne od okolju prijaznih zahtev. Dragi sodobni stroji zahtevajo ustrezno usposabljanje ne le strojnikov, temveč tudi vodstvenega in drugega tehničnega osebja (Košir, 2010). Ustrezna usposobljenost strojnika je v primeru strojne sečnje izjemno pomembna na stališča poškodovanosti sestojev (Pezdevšek Malovrh Š., Košir B., Krč J. 2004). Poškodbe sestojev pa niso edini tip poškodb. V gozdnem ekosistemu so lahko problematične tudi poškodbe tal. Za izločitev slednjih je včasih dovolj že enostaven ukrep, kot je zmanjšanje pritiska v pnevmatikah. Košir v študiji »Gozdna tla kot usmerjevalec tehnologij pridobivanja lesa« ugotavlja, da pri zmanjšanju tlaka v kolesih iz 3,5 bar na 1,5 bar se zmanjša tlak na podlago za 35 %. Ta podatek sicer velja le za pnevmatike brez goseničnih verig, saj te zahtevajo bistveno višji tlak v pnevmatikah. Celostno pa je problem poškodb tal potrebno gledati širše in razumeti, da težki stroji niso primerni za vse tipe gozdnih tal.

Gozdarstvo je od nekdaj vpeto v na lesu temelječo lesno predelovalno industrijo, ki se danes globalizira. Tudi na področju lesne biomase gozdarstvo postaja del trajnostne energetike. Celostna optimizacija oskrbovalnih verig z obeh sektorjev sega tako precej nazaj in že dalj časa trka na vrata gozdarstva (Carlsson, Rönkvist 2004). Vse bolj se pojavljajo orodja, ki enakovredno vključujejo presojo trajnostnih vidikov gozdne proizvodnje. Ta za svoj okvir uporabljajo celoten sektor gozdarstva (npr. 2013) ali pa regijo (Sacchelli in sod. 2013), ki pa za odločitve na ravni delovišč niso neposredno uporabne.

Odločitvena matrika, skupaj s tehnološkimi modeli predstavlja pripomoček za izvedbeno načrtovanje pridobivanja lesa in lesne biomase v konkretnih deloviščih. Z njeno uporabo ne dosegamo neposredne racionalizacije proizvodnje ampak artikuliramo okoljske vidike proizvodnih verig v gozdu, zlasti tistih, ki vsebujejo tako pridobivanje lesa, kot tudi pridobivanje zelenih sekancev. Odločitvena matrika je prvenstveno namenjena pripravi dela, a jo je mogoče s pridom uporabiti tudi tekom izvajanja del, ko se spremenijo pogoji dela:

- spremenijo se vlažnostne razmere v delovišču,
- pokvaril se je stroj in je potrebno izbrati nadomestno mehanizacijo
- zaradi zapolnitve kapacitet se uporabi drug/nepredviden stroj.

Predstavljena odločitvena matrika neposredno ne vključuje odstotka motenih površin, posredno pa ga vključuje v tehnološkemu modelu s pripadajočim povprečnim razmikom sečnih poti. Dejanski obseg gibanja strojev po naravnih gozdnih tleh je znotraj tehnološkega modela v veliki meri odvisen tudi od ozaveščenosti izvajalcev del in kakovosti nadzora sečišč. Na področju ozaveščenosti poklicnih izvajalcev del je bilo narejeno nekaj korakov v pravo smer (izobraževanja, kontrole), a je cilj še daleč. Slabše razmere so pri ozaveščenosti izvajalcev del v zasebnih gozdovih, zlasti tam, kjer dela ne izvaja lastnik sam. Pogodbeni izvajalci del zlasti v razmerah odkupa lesa na panju pogosto zanemarjajo okoljske vidike. V takih primeri in tudi sicer, je izvedbeni nadzor ključnega pomena za poškodbe tal in preostalega drevja v sestoji.

Pri izvedbenem nadzoru je potrebno odločitveno matriko kombinirati z izmero poškodb tal (vzorčno ali polni popis) in v primeru večjih odstopanj od mejnih vrednosti v (preglednica 5) dela ustaviti. Odločitvena matrika je tako tudi pripomoček za arbitražo izvedenih del.

6. Zaključki

1. Uporabnost tehnoloških modelov, skupaj z odločitveno matriko in preglednico deležev dopustne motene površine smo razvili na podlagi tujih izkušenj in lastnih študij proizvodnih verig proizvodnje zelenih sekancev.
2. Predstavljena orodja so pripomoček za praktično odločanje pri izbiri najustreznejše tehnologije pridobivanja lesa in zelenih sekancev na delovišču tako v fazi gozdnogojitvenega načrtovanja, kot tudi v fazi sečnospravnega načrtovanja in operativnega vodenja del.
3. Ne smemo dovoliti, da nas zanese v enostransko - okoljsko naravnano presojo proizvodnih verig. Za celovito presojo pri izbiri tehnološkega modela je potrebno v konkretnih pogojih upoštevati tudi ekonomske kazalce, ki jih v tej študiji nismo obravnavali.
4. Razvita orodja in postavljene empirične mejne vrednosti je sedaj potrebno v praksi preveriti in dopolniti v smislu praktične uporabnosti ne le za proizvodne verige povezane izdelavo zelenih sekancev temveč celotnega izkoriščanja gozdov.

7. Viri

- Adamič T. 2007. Organizacijske posebnosti helikopteske izvedve spravila lesa. Biotehniška fakulteta. Univerza v Ljubljani, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive vire: 71 str.
- Carlsson D., Rönnqvist M. 2004. Supply chain management in forestry – case studies at Södra Cell AB. *European journal of operational research*, 163, p. 598-616.
- Cerjak B., 2011. Poškodbe tal po strojni sečni in spravilu lesa v redčenjih. Diplomsko delo, Ljubljana, UL BFG, 72 s.
- Čebul, T., Krajnc, N., 2012. Predelava lesa v energetske namene = Wood processing for energy purposes. *Gozd. vestn.*, 2012, letn. 70, št. 7/8, str. 317-321, ilustr.
- Erler, J. Weiß, M. 2003. Netz-Darstellung von Arbeitsverfahren. *Forsttechnische Informationen*, 54, 9, s. 103-107.
- Erler, J. Dög M. 2009: Funktiogramme für Holzernteverfahren, der Beitrag erschien in den FTI 9+10/2009.
- Forst Holz Papier, 2010, Harvester und Forwarder in der Holzernte, FHP Kooperationsplattform Forst Holz Papier, 168 str.
- Klun J., Sinjur, I., Medved M., 2009. Katalog stroškov Gozdarske mehanizacije. Gozdarski inštitut Slovenije, <http://www.gozdis.si/>, (30.9.2013)
- Košir, B., Robek, R. 2000. Značilnosti poškodb drevja in tal pri redčenju sestojev s tehnologijo strojne sečnje na primeru delovišča Žekanc. *Zb. gozd. lesar.* Št. 62, str. 87-115.
- Košir, B. 2004. Priprava dela za strojno sečnjo. *Gozd. vestn.*, 62, št. 1, str. 25-31.
- Košir B. 2010. Gozdna tla kot usmerjevale tehnologij pridobivanja lesa. (ur.) Ljubljana, Biotehniška fakulteta pri Univerzi v Ljubljani, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 80 str.
- Košir B., Mihelič M. 2011. Primerjava poškodb drevja v pretežno iglastih sestojih po strojni sortimentni metodi s poškodbami drevja po klasičnih oblikah sečnje in spravila lesa. *Gozd. vestn.*, letn. 69, št. 10, str. 447-458
- Krajnc N., Piškur M. 2009. Proizvodnja in raba lesne biomase v Sloveniji. *Gozd. vestn.*, letn. 67, št. 9, str. 399-403.
- Krajnc N., Piškur M. 2011. Potenciali in perspektive rabe lesne biomase v Sloveniji. *Gozd. vestn.*, letn. 69, št. 4, str. 239-243.
- Majnounian B., Jourgholami M. 2013. Effects of rubber-tired cable skidder on soil compaction in Hyrcanian forest. *Croat. J. for. Eng.*, 34, vol. 1. p. 249-274.
- Mali B., Košir B. 2007. Poškodbe tal po strojni sečnji in spravilu lesa z zgibnim polprikoličarjem. *Gozd. vestn.*, letn. 65, št. 3, str. 131-142.
- Marenče J. 2000. Ugotavljanje tehničnih parametrov traktorja Woodz 110 (metodologija in merilni instrumenti). *Zb. referatov.* Biotehniška fakulteta. Univerza v Ljubljani, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive vire. str. 208-228
- Marenče J. 2005. Spreminjanje tehničnih parametrov traktorja pri vlačanju lesa – kriterij pri izbiri delovnega sredstva. Biotehniška fakulteta. Univerza v Ljubljani, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive vire. 271 str.
- Mihelič M. (ured.). 2013a. Vodila dobrega ravnanja pri izvajanju strojne sečnje. Delovno gradivo.

- Mihelič M. (ured.). 2013b. Poročilo projekta CRP V4-1126 Možnosti in omejitve pridobivanja biomase iz gozdov, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Ljubljana. Delovno gradivo.
- Labelle E.R., 2012. Jaeger D. Quantifying the use of Brush mats in reducing Forwarder peak loads and surface contact pressures. *Croat. J. for. Eng.*, 33, vol. 2. p. 249-274.
- MKO in MGRT (RS Ministrstvo za kmetijstvo in okolje in RS Ministrstvo za gospodarski razvoj in tehnologijo). 2012. 'Les je lep' - Akcijski načrt za povečanje konkurenčnosti gozdno-lesne verige v Sloveniji do leta 2020. http://www.mgrrt.gov.si/fileadmin/mgrrt.gov.si/pageuploads/DPK/3_Les_je_lep_naslovnica_kazalo_novo.pdf.pdf
- Owende P.M.O., Lyons J., Ward S.M. 2009. Operations Protocol For Eco-Efficient Wood Harvesting On Sensitive Sites. V:(ur.) 74 str.
- Pezdevšek Malovrh Š., Košir B., Krč J. 2004. Analiza učinkovitosti učenja strojnika na stroju za sečnjo. *Zb. gozd. lesar.*, št. 75, str. 53-69.
- Sacchelli S., Zambelli P., Zattelli P., Ciolli M. 2013. Biomassfor: an open-source holistic model for the assessment of sustainable forest bioenergy. *Journal of Biogeosciences and Forestry*, vol. 6, pp. 285-293.
- Žlogar, J., 2007. Primernost traktorskih vlak za vožnjo z zgibnim polprikoličarjem. Diplomsko delo, Ljubljana, 68 s.
- Wästerlund, I., 2002. Soil disturbance in forestry: problems and perspectives. V: *Proceedings of the International Seminar on new Roles of Plantation Forestry Requiring Appropriate Tending and Harvesting Operations*, Sept 29th – Oct. 5th, 2002, Tokyo Japan, The Japan Forest Engineering Society and IUFRO W6 3.04/3: 312-315.
- 2009a. Pravilnik o gozdnih prometnicah. Uradni list RS št. 4/2009.
- 2009b. Pravilnik o varstvu gozdov. Uradni list RS, št. 114/2009.
2012. URL: <http://www.forestenergy.org/pages/images/>, dostop oktober 2013.
2013. ToSIA - Tool for Sustainability Impact Assessment. URL: <http://tosia.efi.int/>, dostop oktober 2013.

GIS K E
647

12014000031

COBISS e

0209 - JB 519

8. Priloge

Priloga 1: Nominalni tlak strojev na tla

Tehnologija	Stroj	Masa praznega vozila (bruto)	Masa tovora	Skupna masa	Skupna masa (kN)	Št. koles	Dimenzije pnevmatik	Radij prevmatik	Širina pnevmatik	Povprečen NGP	Povprečen NGP verigami
Sečno spravilni stroj (harvester)	Timberjack 1070	13500	0	13500	132.39	4	700/45-22.5	0.58	0.7	54	
Stroj za sečnjo (harvester)	John Deere 1470D EcoIII	19700	0	19700	193.19	8	700 650	0.66 0.71	0.65 0.65	49	
Sečno spravilni stroj (harvester)	John Deere 1470E	20700	0	20700	203.00	4	650/26.5-20	0.59	0.65	88	
Zgibni prikoličar (forwarder)	John Deere (Timberjack) 1010 D	12500	11000	23500	230.46	4	750/34-16 650/26.5-20	0.63 0.59	0.75 0.65	71 55	37
Zgibni prikoličar (forwarder)	John Deere 1410 EcoIII	16900	14000	30900	303.03	8	750/34-16 700x26.5, 20 PRELS NK	0.63 0.60	0.75 0.70	101 55	60 37
Adaptirani kmetijski traktor	Zetor Proxima Plus 105 41	4500		4500	44.13	4	12.4 - 24 16.9 - 34	0.33 0.47	0.32 0.42	81 66	
Prilagojen kmetijski kolesni traktor	John Deere 6220	6699		6699	65.69	4	320/70 - 24 16.9 - 30	0.33 0.47	0.32 0.42	151 82	
Prilagojen kmetijski kolesni traktor	John Deere 6230	6939		6939	68.05	4	320/70 - 24 16.9 - 30	0.33 0.47	0.32 0.42	156 85	
Prilagojen kmetijski kolesni traktor	Landini vision 105	6457		6457	63.32	4	12.4 - 24 18.4 - 30	0.34 0.47	0.32 0.42	146 79	
Prilagojen kmetijski kolesni traktor	Massey Ferguson 4245	6025		6025	59.09	4	320/70 - 24 480/70 - 30	0.34 0.47	0.32 0.42	136 74	
Traktorska prikolica	Palms 81 prikolica s Palms 625 dvigalom	1770	8000	9770	95.81	4	11.5/80-15.3	0.23	1	102	
Zgibnik	Woody 110	6500	0	6500	63.74	4	500/60-26.5	1.10	0.5	29	
Forwarder	Novotny LVS 5000	4475	5000	9475	92.92	8	500/45-25	0.89	0.5	26	
Mini bager	Yuchai YC35-8	3740	0	3740	36.68	2				175	
Spravilo s konjem	korij	550	0	550	5.39	4				170	
Traktorska prikolica	Palms 122 z dvigalom Palms 700	3072	12000	15072	147.81	4	500/50-17	0.23	1	158	