



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU - ŠUMARSKI FAKULTET
ZAVOD ZA ŠUMARSKE TEHNIKE I TEHNOLOGIJE



Projekt: Optimizacija sustava pridobivanja drva i šumske prometne infrastrukture na strateško-taktičkoj razini planiranja

Katalog sustava pridobivanja drva



Uvod

Izbor je metode pridobivanja drva prvenstveno rezultat sastojinskih, eksploatacijskih i organizacijskih čimbenika koji uvjetuju odabir sredstva primarnoga transporta drva. U Republici Hrvatskoj se u pravilu primjenjuju sortimentna (eng. *Cut-to-length, Shortwood*) metoda i deblovna (eng. *Tree-length*) metoda, najčešće u inačici poludeblovne (eng. *Half-tree-length*) metode. Stablovna se metoda koristi rjeđe i to isključivo u inačici pridobivanja samo nadzemne biomase (eng. *Full tree*). U primjeni sortimentne metode prikrajanje pri izradi tehničke oblovine obavlja se prvenstveno uvažavajući kakvoću (eng. *Buck-to-quality*), a izrada oblovine standardnih (utovarnih) duljina (eng. *Cut-to-length*) koristi se uglavnom samo pri proizvodnji višemetarskog prostornog drva s ciljem optimizacije daljinskoga transporta (Vusić 2013).

Tablica 1. Princip klasifikacije prikazanih sustava pridobivanja drva

STUPANJ MEHANIZIRANOSTI	METODA RADA	SREDSTVO RADA			PROIZVOD
		SJEČA	IZRADA	PRIMARNI TRANSPORT	
1. Djelomično mehaniziran	1. Sortimentna	Motorna pila	Motorna pila	1. Traktorska ekipaža	Oblo drvo
				2. Forvarder	
				3. Vučena žičara	
				4. Kamionska žičara	
	2. Poludeblovna	-	-	5. Poljoprivredni traktor	1-m ogrjevno drvo
				6. Adaptirani poljoprivredni traktor	Oblo drvo
				7. Skider mase < 5 t	
2. Visoko mehaniziran	3. Stablovna	Motorna pila	Procesorska glava	4. Kamionska žičara	Oblo drvo
	4. Polustablovna	-	Iverač	2. Forvarder	Drvena sječka
3. Potpuno mehaniziran	1. Sortimentna	Harvester		2. Forvarder	Oblo drvo
		Harvester s vitlom		9. Forvarder s vitlom	

Drvo se najčešće pridobiva djelomično mehaniziranim sustavima. Sječa i izrada se obavljaju ručno-strojno motornim pilama, a drvo se iz sječine do pomoćnoga stovarišta uglavnom transportira skiderima i forvarderima te raznim inačicama adaptiranih poljoprivrednih traktora. Iznošenje drva animalnom snagom i žičarama koristi se rijetko. Potpuno mehanizirani sustavi pridobivanja drva koriste se rjeđe, jer se strojna sječa koristi prvenstveno samo u šumskim kulturama i plantažama, a u svim prirodnim šumama motorna je pila i dalje glavno sredstvo rada pri sječi i izradi (Vusić i dr. 2012). Primjena harvestera u našim je šumama ograničena njihovim pretežno prirodnim podrijetlom, vrstom drveća i dimenzijama stabala, makro i mikroreljefom te metodama uzgajanja i uređivanja šuma (Krpan i Poršinsky 2001). No, u zadnje vrijeme učestale prirodne nepogode; ledolomi, vjetrolomi i vjetroizvale uzrokovale su intenzivniju primjenu visoko i potpuno mehaniziranih sustava pridobivanja drva u cilju što učinkovitije (brže) sanacije pogođenih (najčešće prebornih) sastojina. Danas primjetni, ali i u budućnosti očekivani sve veći nedostatak radne snage za izvođenje radova pridobivanja drva neminovno upućuje na zaključak da će visoko i potpuno mehanizirani sustavi pridobivanja drva zauzimati sve veću ulogu u našem šumarstvu.

Uporaba forvardera i traktorskih ekipaža uvjetuje izbor sortimentne metode pridobivanja drva. Drvni se sortimenti zbog ograničenih dimenzija tovarnoga prostora izrađuju u sječini, a sječa i primarni transport su u pravilu vremenski razdvojeni. Istom se metodom drvo može pridobivati i u slučaju primarnog transporta privlačenjem po tlu. No, tehnologiji rada skiderom primjerenija je uporaba poludeblovne metode pridobivanja drva u kojoj manji broj dulje oblovine u tovaru značajno utječe na povećanje proizvodnosti rada. U pravilu, poludeblovna metoda rada

uvjetuje prostornu i vremensku integraciju radova sječe, djelomične izrade, privlačenja i izrade drvnih sortimenata koja se postiže primjenom skupnoga rada.

S obzirom na eksploatacijske uvjete u prebornim se sječinama brdsko-planinskih šuma koriste isključivo skideri mase preko pet tona. No, zbog osjetljivosti prebornih sastojina na oštećivanje dubelih stabala i pomlatka maksimalne duljine komada u tovaru skidera ograničuju. Stoga se danas često pri sječi i izradi uz sortimentnu metodu izrade, u slučaju kraćih drvnih sortimenata izrađuju i kombinirani trupci kao kompromis između organizacijskih, ekonomskih i ekoloških zahtjeva pri izvođenju radova pridobivanja drva (Vusić i dr. 2012).

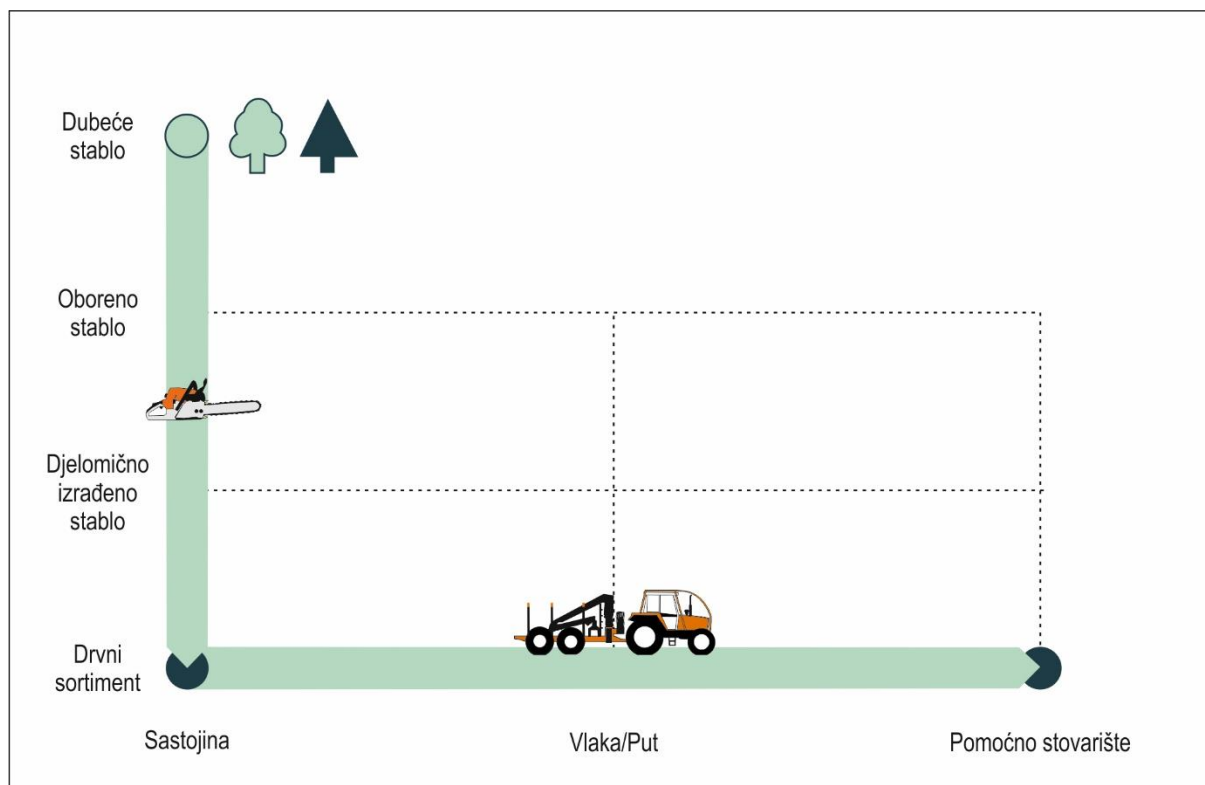
Pri korištenju skidera u prigrorskim šumama nastoji se prilagoditi veličinu stroja vrsti sječe na način da se skideri mase veće od pet tona koriste u oplodnim sječama, a skideri mase manje od pet tona u proredama. No, zbog sezonskog karaktera sječe u jednodobnim sastojinama, a s ciljem povećanja godišnjeg iskorištenja strojeva i jedni i drugi često rade i u eksploatacijskim uvjetima za koje konstrukcijski nisu namijenjeni. U navedenim se slučajevima modifikacijom ili promjenom metode pridobivanja drva, primjerice iz poludeblovne u sortimentnu, omogućuje učinkovit rad skidera mase manje od pet tona u oplodnim sječinama, dok pri radu skidera mase veće od pet tona, izuzevši zadnje prorede, nemogućnosti postizanja optimalnog tovara učinkovitost rada u proredama dovodi u pitanje (Vusić 2013). Osim toga, zbog navedenih, ali i ostalih organizacijskih uvjeta skideri se nerijetko koriste i u sječinama u kojima je moguć primarni transport drva izvoženjem.

Dok se oblo tehničko drvo u sječinama hrvatskih šuma pridobiva prethodno opisanim sustavima, metode i strojeve koji se koriste u pridobivanju prostornoga, posebice ogrjevnoga drva, teže je sistematizirati. Višemetarsko (oblo) prostorno drvo pridobiva se integrirano u sustavima pridobivanja oblog tehničkog drva, dok se jednometarsko prostorno (ogrjevno) drvo primjerice u državnim šumama danas još samo iznimno pridobiva u vlastitoj režiji, a češće privatnom uslugom ili samoizradom (uglavnom u sječinama glavnog prihoda) uporabom najčešće poljoprivrednih traktora opremljenih poluprikolicom i eventualno cjepačima raznih izvedbi. Navedena se sredstva rada najčešće koriste i prilikom pridobivanja jednometarskog ogrjevnog drva iz šuma šumoposjednika. Samoizrada u državnim šumama podrazumijeva rad lokalnog stanovništva na izradi ogrjevnog drva za potrebe vlastitog domaćinstva i uspostavi šumskog reda, koji je definiran bilo uhrpavanjem (regularne sastojine) neiskorištenog šumskog drvnog ostatka (uglavnom granjevine promjera ispod 7 (3) cm s korom) na panjeve oborenih stabala ili u redove bilo ravnomjernim razastiranjem (preborne satojine) istog materijala na tlo s ciljem osiguravanja povoljnijih uvjeta za razvoj pomlatka.

Zbog nedostatka interesa za samoizradu uslijed plinifikacije ruralnih područja i zbog njenog dvojbenog zakonskog statusa, koji je kulminirao sredinom prošlog desetljeća (Bosner i dr. 2008), posebice u hrastovim sječinama glavnog prihoda, a pritisnuti nužnošću uspostave šumskog reda nakon razdoblja zimske sječe, odnosno do početka vegetacije, hrvatski šumari rješenje pronalaze u izradi drvne sječke metodom iveranja. Ponovni početak (u hrvatskom šumarstvu metoda iveranja eksperimentalno je primijenjena početkom osamdesetih godina prošloga stoljeća (Slabak 1983, Slabak 1987, Šušnjar 1998), ali nije zaživjela) proizvodnje drvne sječke vezan je i za nedostatak energijskoga drva u susjednim zemljama. U Hrvatskoj se proizvodnja šumske drvne sječke za energiju danas odvija gotovo isključivo na pomoćnom stovarištu, i to iz prethodno izvezene, uhrpane i prosušene drvne biomase (pretežno iz krošnje uključujući i obujam granjevine ispod 7 cm s korom) pretežno iz oplodnih i sanitarnih sječina hrasta lužnjaka te crnogoričnih sječina u kojima se obavljaju prorede i čiste sječe, a iveranje se najčešće obavlja neposredno u poluprikolicu kamiona tegljača (zatvoreni proizvodni lanac).

1.1.1 Djelomično mehanizirani sustav pridobivanja oblog drva sortimentnom metodom (MOTORNA PILA – TRAKTORSKA EKIPAŽA)

Sustav se zasniva na sječi stabala i izradbi obloga drva ručno-strojnim radom primjenom motornih pila lančanica kojima se sjeku stabla, krešu grane i trupe debla te izvoženju izrađenih drvnih sortimenata (trupci i višemetarsko prostorno drvo) traktorskom ekipažom. Traktorske ekipaže često su opremljene vitlom za sakupljanje drva, a sakupljeno drvo utovaruje se hidrauličnom dizalicom. Optimalna organizacija sustava postiže se vremenskom i prostornom integracijom sječe i izradbe te izvoženja drva skupnim radom.



Ograničenja

Djelotvorna je primjenjivost sustava pridobivanja drva prvenstveno određena kretnošću traktorske ekipaže – uzdužnim nagibom terena od $\pm 10\%$ te njegovom izrazitom osjetljivošću na bočni nagib terena. Ovisno o stanju nosivosti podloge i prisutnošću površinskih prepreka (kamenitošću/stjenovitosti terena), moguća je njegova primjena i na manjim površinama radilišta uzdužnog nagiba $< 20\%$.

Zbog sječe i izradbe drva motornom pilom, sustav nije ograničen dimenzijama stabala, već dimenzijama izrađene oblovine u slučaju kada njihova masa nadilazi podizni moment hidraulične dizalice traktorske ekipaže. Sustav je vrlo prikladan za pridobivanje drva iz tanjih stabala te radilištima sa nižim sječnim gustoćama (prorede).

Zbog mogućnosti kretanja traktorske ekipaže po javnim cestama pri premještanju sa jednoga radilišta na drugo, sustav je prihvatljiv za površinski mala i negrupirana šumska radilišta.

Uslijed mogućnosti razvrstavanja oblovine (vrste drva, klase kakvoće) pri istovaru i njenog slaganja u složajeve, sustav nema posebnih zahtjeva za prostorom pomoćnoga stovarišta.

Sa stajališta obučenosti radnika, pored radnika sjekača, primjena traktorske ekipaže postavlja zahtjev za obučanim vozačem – dizaličarem. Primjenom skupnoga rada sustav ne zahtjeva pomoćnog radnika kopčaća (vezivanje tovara obavlja sjekač i/ili traktorist ovisno o odnosu normi vremena sječe i izvoženja drva u pojedinim sastojinskim i eksploatacijskim uvjetima). Prilikom izvođenja rada ovim sustavom pridobivanja drva, poželjna je rotacija radnih mjesta unutar skupine u cilju ostvarivanja povoljnih dugoročnih ergonomske efekata.

Mreža sekundarnih prometnica i udaljenost privlačenja drva

Prometne i nerazvedene terene uzdužnoga nagiba $< 10 \%$ bez prisustva kamenitosti, treba sekundarno otvarati pravilnom (paralelnom) mrežom negrađenih traktorskih vlaka međusobnoga razmaka 30 m, okomito na slojnice. Prostorni je raspored (razmak), traktorskih vlaka prvenstveno određen dosegom vučnog uža vitla traktorske ekipaže te položajem primarne šumske prometne infrastrukture i vodnih tijela u prostoru.

Zbog manjeg utjecaja udaljenosti privlačenja drva na djelotvornost izvoženja drva traktorskom ekipažom (uslijed mogućnosti ostvarivanja većih tovara) optimalna srednja udaljenost privlačenja iznosi do 400 m.

Okolišna pogodnost

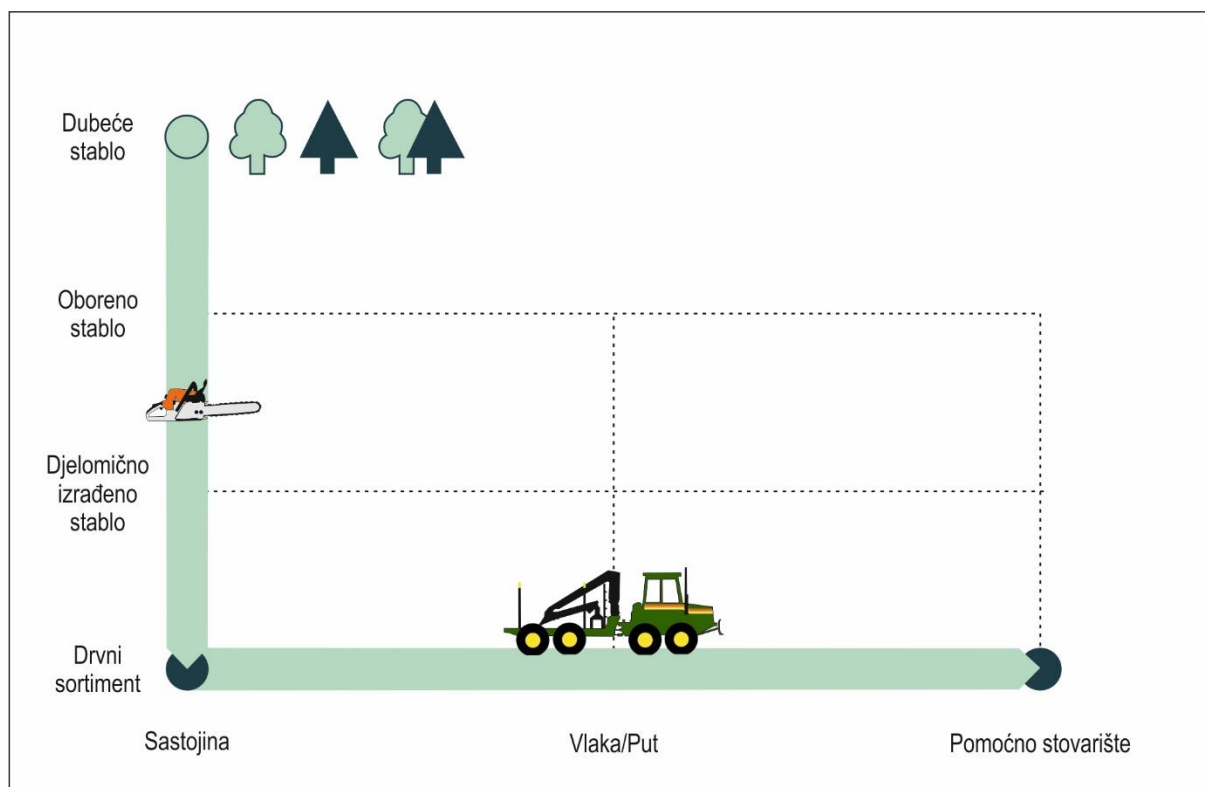
Izvoženje drva traktorskom ekipažom je okolišno prihvatljiviji način privlačenja drva u odnosu na vuču drva šumskim vozilima. Okolišna pogodnost ovog sustava pridobivanja drva, može se dosegnuti različitim mjerama: 1) zahtjevom za ograničenim kretanjem traktorske ekipaže po sekundarnim prometnicama u cilju smanjenja površine gaženja šumskog tla i oštećenja pomlatka, 2) izborom traktorske ekipaže sa opsijskim (širim) gumama, uz obavezno opremanje stražnjih kotača udvojene (bogi) osovine prikolice polugusjenicama i stražnjih kotača adaptiranoga poljoprivrednog traktora lancima pri povećanoj vlažnosti pogotovo hidromorfniha tala nizinskih šuma u cilju smanjenja sabijanja šumskoga tla, 4) slaganjem zastora granjevine na traktorskim vlakama, 5) usmjerenim rušenjem stabala uz prihvati izrađenih drvnih sortimenata vučnim užem vitla, osigurava se smanjenje oštećenja dubelih stabala te pomlatka.

Područje primjene

Prorede šuma nizinskoga i brežuljkastoga područja, sanacija požarišta na traktorskoj ekipaži kretnim terenima krškoga područja.

1.1.2 Djelomično mehanizirani sustav pridobivanja oblog drva sortimentnom metodom (MOTORNA PILA – FORWARDER)

Sustav se zasniva na sječi stabala i izradbi obloga drva ručno-strojnim radom primjenom motornih pila lančanica kojima se sjeku stabla, krešu grane i trupe debla te izvoženju izrađenih drvnih sortimenata (trupci i višemetarsko prostorno drvo) forwarderom. Sječa i izrada je vremenski i prostorno odvojena od izvoženja drva forwarderom, čime ovaj sustav nije prilagodljiv skupnome radu.



Ograničenja

Djelotvorna je primjenjivost sustava pridobivanja drva prvenstveno određena kretnošću forwardera – uzdužnim nagibom terena od $\pm 20\%$ te njegovom velikom osjetljivošću na bočni nagib terena. Ovisno o stanju nosivosti podloge i prisutnošću površinskih prepreka (kamenitošću/stjenovitosti terena), moguća je njegova primjena i na manjim površinama radilišta uzdužnog nagiba $< 33\%$.

Zbog sječe i izradbe drva motornom pilom, sustav nije ograničen dimenzijama stabala, već dimenzijama izrađene oblovine u slučaju kada njihova masa (veliki perci) nadilazi podizni moment hidraulične dizalice forwardera. Sustav je prikladan i za pridobivanje drva iz tanjih stabala te radilištima sa nižim sječnim gustoćama (prorede) uz prihvatljiv pad proizvodnosti forwardera, ali i radnika sjekača. Zbog potrebe za labudicom pri premještanju forwardera sa jednoga radilišta na drugo radilište, sustav je osrednje prihvatljiv za površinski mala i negrupirana šumska radilišta.

Uslijed mogućnosti razvrstavanja oblovine (vrste drva, klase kakvoće) pri istovaru i njenog slaganja u visoke složajeve, sustav nema posebnih zahtjeva za prostorom pomoćnoga stovarišta.

Sa stajališta djelotvornosti sustava, pored radnika sjekača, forvarder kao visokoproduktivno šumsko vozilo postavlja veliki zahtjev za posebno osposobljenim i iskusnim vozačem – dizaličarem. Sustav ne zahtjeva dodatnog pomoćnog radnika.

Mreža sekundarnih prometnica i udaljenost privlačenja drva

Prometne i nerazvedene terene uzdužnoga nagiba $< 20\%$ bez prisustva kamenitosti, treba sekundarno otvarati pravilnom (paralelnom) mrežom negrađenih traktorskih vlaka međusobnoga razmaka 25 (30) m, okomito na slojnice. Prostorni je raspored (razmak), traktorskih vlaka prvenstveno određen dosegom hidraulične dizalice forvardera te položajem primarne šumske prometne infrastrukture i vodnih tijela u prostoru.

Zbog manjeg utjecaja udaljenosti privlačenja drva na djelotvornost izvoženja drva forvarderom (uslijed mogućnosti ostvarivanja većih tovara – neto masa forvardera i njegova nosivost imaju odnos 1 : 1) optimalna srednja udaljenost privlačenja iznosi do 400 m. Najveća udaljenost privlačenja drva u ovome sustavu pridobivanja drva iznosi 1000 m i pod utjecajem je cijeloga niza utjecajnih čimbenika djelotvornosti.

Okolišna pogodnost

Izvoženje drva forvarderom je okolišno prihvatljiviji način privlačenja drva u odnosu na vuču drva šumskim vozilima. Okolišna pogodnost ovog sustava pridobivanja drva, može se dosegnuti različitim mjerama: 1) zahtjevom za ograničenim kretanjem forvardera po sekundarnim prometnicama u cilju smanjenja površine gaženja šumskog tla i oštećenja pomlatka, 2) izborom forvardera sa opcijskim gumama širine 710 mm, uz obavezno opremanje stražnjih kotača udvojene (bogi) osovine polugusjenicama i prednjih kotača lancima pri povećanoj vlažnosti pogotovo hidromorfni tala nizinskih šuma u cilju smanjenja sabijanja šumskoga tla, 4) slaganjem zastora granjevine na traktorskim vlakama, 5) usmjerenim rušenjem stabala uz prihvat izrađenih drvnih sortimenata hidrauličnom dizalicom osigurava se smanjenje oštećenja dubelih stabala te pomlatka.

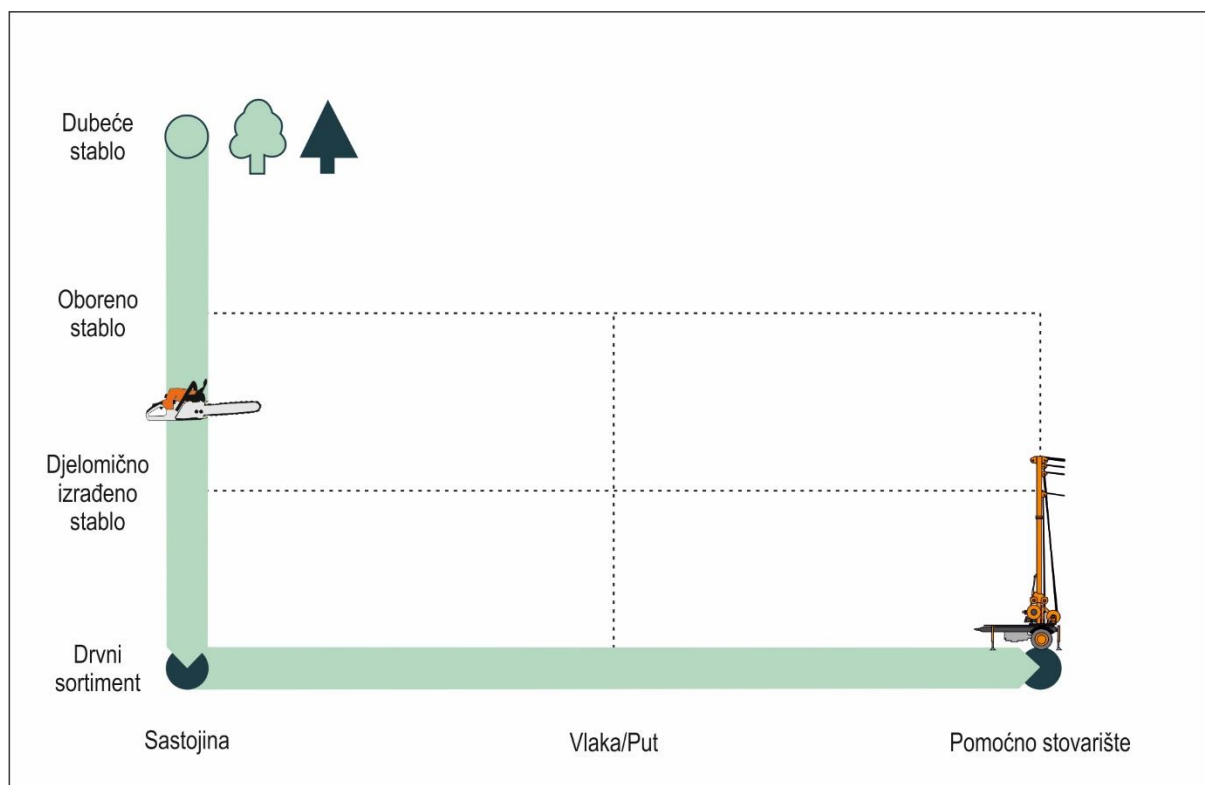
Područje primjene

Kasne prorede i oplodne sječe te slučajni prihodi unutar pomladnoga razdoblja šuma nizinskoga i brežuljkastoga područja, čiste sječe topola, čiste sječe poljskoga jasena na pruge, preborne sječe na forvarderu kretnim terenima.

1.1.3 Djelomično mehanizirani sustav pridobivanja oblog drva sortimentnom metodom (MOTORNA PILA – VUČENA ŽIČARA)

Sustav se zasniva na sječi stabala i izradbi obloga drva ručno-strojnim radom primjenom motornih pila lančanica kojima se sjeku stabla, krešu grane i trupe debla te iznošenju drva vučenom žičarom. Najčešće je sastavnica ovoga sustava i adaptirani poljoprivredni traktor, koji služi za: 1) premještanje vučene žičare s jedne na drugu trasu žičnih linija unutar istog šumskog radilišta, 2) premještanje vučene žičare s jednog na drugo šumsko radilište te 3) uhrpavanje iznešenoga drva uzduž šumskih cesta. Inačica ovog sustava su i nošene šumske žičare (sličnih značajki kao i vučene), kod kojih je poljoprivredni traktor njihov nosač (trozglobna poteznica) te izvor pogona (izlazno vratilo). Vučene i nošene šumske žičare najčešće se proizvode kao gravitacijske šumske žičare, tj. dvoužetni žični sustavi (nosivo i vučno uže) te nisu pogodne za rad na ravnome terenu. Ulogu postranoga sakupljanja drva vrši vučno uže.

Optimalna organizacija sustava postiže se vremenskom i prostornom integracijom sječe i izradbe te iznošenja drva skupnim radom.



Ograničenja

Djelotvorna je primjenjivost sustava pridobivanja drva prvenstveno određena, sječnom gustoćom (minimalno 0,5 m³/m' trase žične linije), uslijed značajnih utrošaka vremena (de)montiranja trase žične linije. Terenski čimbenici izvođenja šumskih radova (nagib terena, nosivost podloge, površinske prepreke) nemaju značajan utjecaj na djelotvornost iznošenja drva vučenim žičarama.

Zbog sječe i izradbe drva motornom pilom, sustav nije ograničen dimenzijama stabala, već dimenzijama izrađene oblovinine u slučaju kada njihova masa nadilazi prekidnu čvrstoću nosivog uža, odnosno nosivost kolica (< 1 t).

Zbog mogućnosti kretanja vučene žičare po javnim cestama pri premještanju sa jednoga radilišta na drugo, sustav je prihvatljiv za površinski mala i negrupirana šumska radilišta.

Uslijed nemogućnosti uhrpavanja oblovinine u složajevе te u cilju razvrstavanja oblovinine (vrste drva, klase kakvoće) adaptiranim poljoprivrednim traktorom sustav zahtjeva dulja (razvučena) pomoćna stovarišta uz rubove šumskih cesta brdskog/gorskog područja.

Sa stajališta obučenosti radnika, pored radnika sjekača, primjena vučene šumske žičare postavlja zahtjev za obučenim žičničarem, odnosno vozačem traktora. Primjenom skupnoga rada sustav ne zahtjeva dodatnog pomoćnog radnika kopčasa (vezivanje tovара obavlja sjekač, a odvezivanje operater na žičari). Prilikom izvođenja rada ovim sustavom pridobivanja drva, poželjna je rotacija radnih mjesta unutar skupine u cilju ostvarivanja povoljnih dugoročnih ergonomskih efekata.

Mreža sekundarnih prometnica i udaljenost privlačenja drva

Mrežu sekundarnih prometnica pri iznošenju drva šumskim žičarama predstavljaju žične linije, koje nisu građevinski objekti. Žične linije omogućuju nesmetano postavljanje šumske žičare, odnosno primarni transport drva, a nastaju prosijecanjem trase žičare (širine < 2 m). Na položaj i raspored (usporedni, lepezasti) žičnih linija pojedine sječne jedinice presudan utjecaj ima položaj šumske ceste, odnosno terenske i sastojinske prilike. Razmak između žičnih linija treba iznositi 30 – 40 m, a doznaku stabala provesti tek nakon određivanja položaja i rasporeda žičnih linija.

Najveća udaljenost privlačenja drva u ovome sustavu pridobivanja drva iznosi 400 m uslijed standardiziranih duljina nosivoga uža promjera 16 (18) mm.

Okolišna pogodnost

Iznošenje drva šumskim žičarama, predstavlja okolišno prihvatljiviji način privlačenja drva u odnosu na privlačenje drva šumskim vozilima, zbog potpune odignutosti privlačenoga drva od tla. Navedeno se osigurava zahtjevom da pri montiranju trase žičare visina nosivog uža u odnosu na tlo mora biti najmanje $\frac{2}{3}$ visine stabala u sječini, čime je osigurana zaštita tla od sabijanja te naknadnih erozivnih procesa na strmim terenima. Usmjerenim rušenjem stabala, ali i njihovim sakupljanjem do trase žične linije pod kutem $\sim 45^\circ$ (»riblja kost«) osigurava se smanjenje oštećivanja dubećih stabala.

Područje primjene

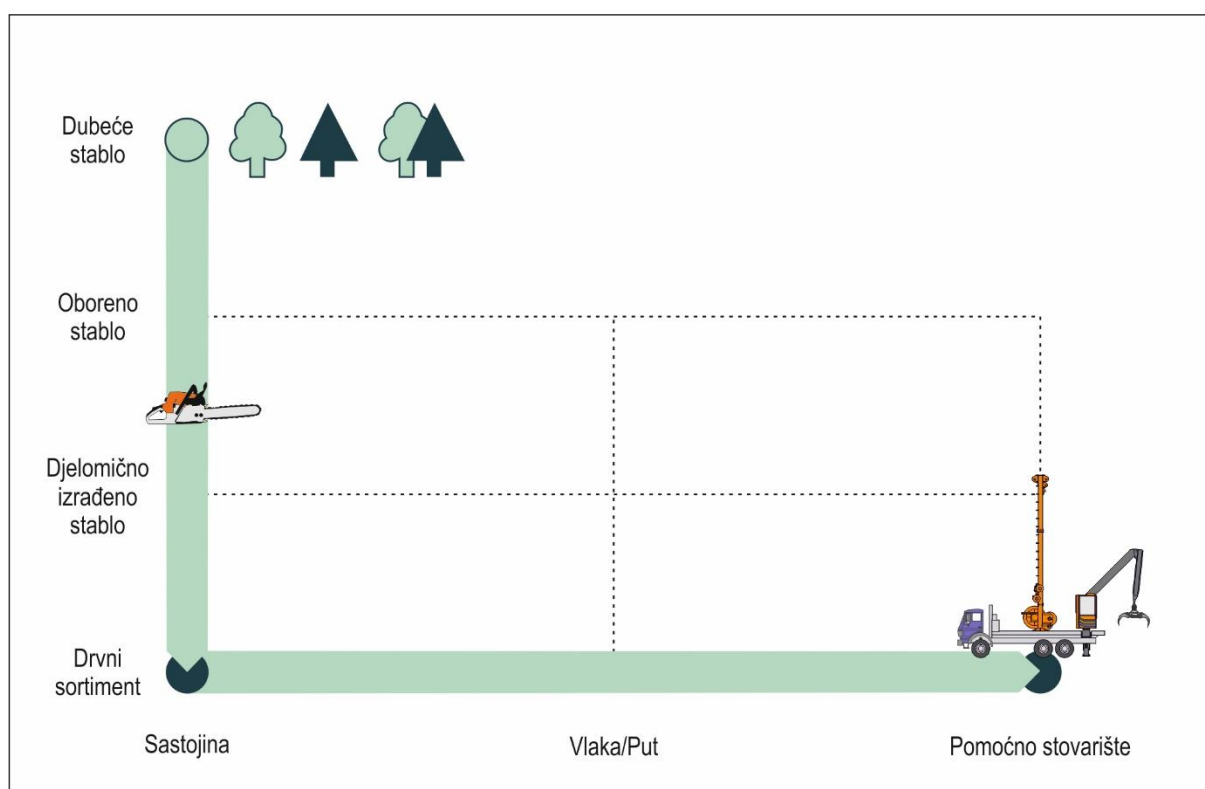
Prorede šuma brežuljkastoga, brdskog i gorskog područja, sanacija požarišta mediteranskog krša. Iako su tipično područje rada šumskih žičara tereni > 50 % nagiba, one se uspješno primjenjuju i na za šumska vozila neprometnim i sekundarno neotvorenim terenima nagiba > 33 %.

1.1.4 Djelomično mehanizirani sustav pridobivanja oblog drva sortimentnom metodom (MOTORNA PILA – KAMIONSKA ŽIČARA)

Sustav se zasniva na sječi stabala i izradbi obloga drva ručno-strojnim radom primjenom motornih pila lančanica kojima se sjeku stabla, krešu grane i trupe debla te iznošenju drva stupnom kamionskom žičarom sa dizalicom i hvatalom.

Stupne kamionske žičare najčešće se proizvode se četvero užetni žični sustavi (nosivo, vučno, povratno i podizno uže) te su pogodne za iznošenje drva bez obzira na smjer nagiba terena, ali i iznošenju drva na ravnome terenu. Ulogu postranoga sakupljanja drva vrši podizno uže.

Sječa i izrada je vremenski i prostorno odvojena od iznošenja drva kamionskom žičarom, čime ovaj sustav nije prilagodljiv skupnome radu.



Ograničenja

Djelotvorna je primjenjivost sustava pridobivanja drva prvenstveno određena, sječnom gustoćom (minimalno 1 m³/m' trase žične linije), uslijed izrazitih utrošaka vremena (de)montiranja trase žične linije. Terenski čimbenici izvođenja šumskih radova (nagib terena, nosivost podloge, površinske prepreke) nemaju značajan utjecaj na djelotvornost iznošenja drva.

Zbog sječe i izradbe drva motornom pilom, sustav nije ograničen dimenzijama stabala, već dimenzijama izrađene oblovine u slučaju kada njihova masa nadilazi prekidnu čvrstoću nosivog uža, odnosno nosivost kolica (< 3 t).

Opremanjem stupnih kamionskih žičara dizalicom sa hvatalom, omogućeno je u dosegu hidraulične dizalice slaganje drva u složajeve, čime je otklonjen problem brzog zatrpavanja istovarnih rampi pomoćnoga stovarišta privučenom oblovinom.

Iako kamionska žičara ima mogućnost kretanja po javnim cestama pri premještanju sa jednoga radilišta na drugo, sustav nije prihvatljiv za površinski mala i negrupirana šumska radilišta uslijed multipliciranja vremenski zahtjevoga montiranja i demontiranja trasa žičnih linija, što je i osnovno ograničenje ovoga sustava pridobivanja drva.

Sa stajališta djelotvornosti sustava, pored radnika kopčasa (oni su i sjekači koji su prethodno posjekli i izradili drvo), kamionska žičara kao visokoproduktivno sredstvo rada postavlja veliki zahtjev za posebno osposobljenim i iskusnim operaterom – žičničarem.

Mreža sekundarnih prometnica i udaljenost privlačenja drva

Mrežu sekundarnih prometnica pri iznošenju drva šumskim žičarama predstavljaju žične linije, koje nisu građevinski objekti. Žične linije omogućuju nesmetano postavljanje šumske žičare, odnosno primarni transport drva, a nastaju prosijecanjem trase žičare (širine < 2 m). Na položaj i raspored (usporedni, lepezasti) žičnih linija pojedine sječne jedinice presudan utjecaj ima položaj šumske ceste, odnosno terenske i sastojinske prilike. Razmak između žičnih linija treba iznositi 30 – 40 m, a doznaku stabala provesti tek nakon određivanja položaja i rasporeda žičnih linija.

Najveća udaljenost privlačenja drva u ovome sustavu pridobivanja drva iznosi 800 m uslijed standardiziranih duljina nosivoga uža promjera 20 (18) mm.

Okolišna pogodnost

Iznošenje drva šumskim žičarama, predstavlja okolišno prihvatljiviji način privlačenja drva u odnosu na privlačenje drva šumskim vozilima, zbog potpune odignutosti privlačenoga drva od tla. Navedeno se osigurava zahtjevom da pri montiranju trase žičare visina nosivog uža u odnosu na tlo mora biti najmanje 2/3 visine stabala u sječini, čime je osigurana zaštita tla od sabijanja te naknadnih erozivnih procesa na strmim terenima. Usmjerenim rušenjem stabala, ali i njihovim sakupljanjem do trase žične linije pod kutem $\sim 45^\circ$ (»riblja kost«) osigurava se smanjenje oštećivanja dubećih stabala.

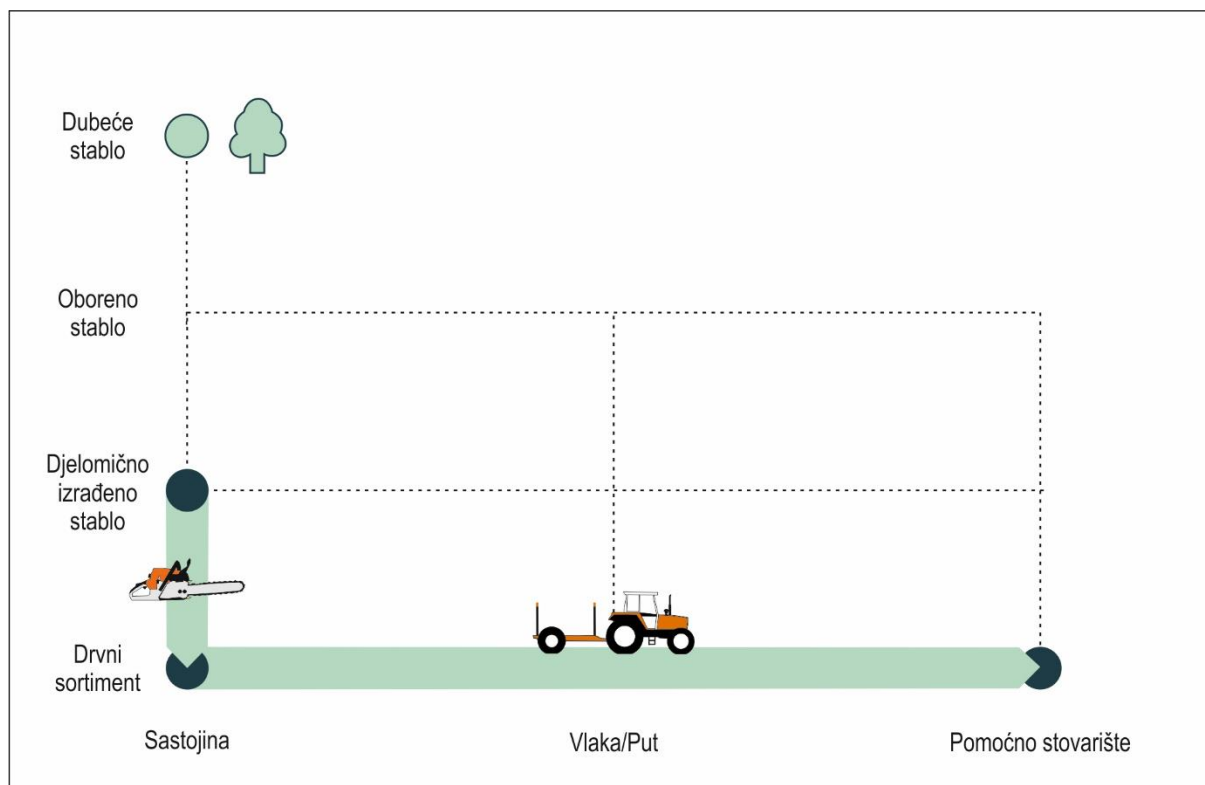
Područje primjene

Oplodne sječe šuma brežuljkastoga, brdskog i gorskog područja, preborne sječe, sanacija požarišta mediteranskog krša. Iako su tipično područje rada šumskih žičara tereni > 50 % nagiba, one se uspješno primjenjuju i na za šumska vozila neprometnim i sekundarno neotvorenim terenima nagiba > 33 %.

U uvjetima prekomjerne zasićenosti hidromorfniha tala nizinskog područja, sustav nalazi primjenu i u oplodnim sječama nizinskoga područja.

1.1.5 Djelomično mehanizirani sustav pridobivanja 1-metarskog ogrjevnog drva sortimentnom metodom (MOTORNA PILA – POLJOPRIVREDNI TRAKTOR)

Sustav se zasniva na izradi jednometarskog ogrjevnog drva iz neizrađenog krupnog drva (i granjevine do 3 cm s korom) preostalog nakon pridobivanja oblog drva te na izvoženju ogrjevnog drva poljoprivrednim traktorom s poluprikolicom. Izrada se obavlja ručno-strojno primjenom motornih pila lančanica, ručnih alata i traktorskih cjepača. S obzirom na korištene strojeve i veliko učešće ručnoga rada prilikom utovara i istovara ogrjevnoga drva (te uspostave šumskoga reda) sustav se može smatrati nisko mehaniziranim.



Ograničenja

Djelotvorna je primjenjivost sustava pridobivanja drva prvenstveno određena kretnošću poljoprivrednog traktora.

Uslijed uobičajene integracije primarnog i daljinskog transporta drva, sustav nema posebnih zahtjeva za prostorom pomoćnoga stovarišta.

S obzirom na izostanak obaranja stabala nužna je elementarna obučenost izvođača radova za rukovanje motornom pilom i poljoprivrednim traktorom.

Mreža sekundarnih prometnica i udaljenost privlačenja drva

Mreža sekundarnih prometnica i udaljenost privlačenja drva definirani su zahtjevima sustava pridobivanja oblog drva (1.1.2 i 3.1.2).

Okolišna pogodnost

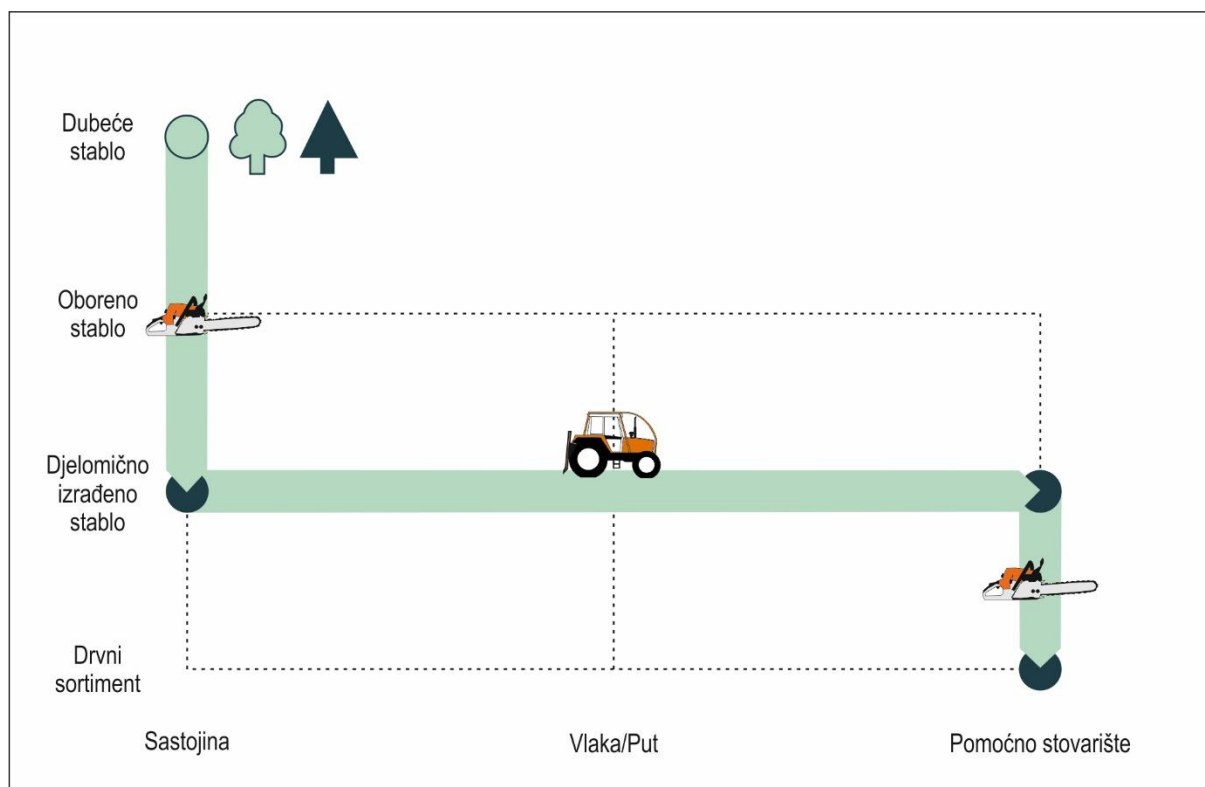
Okolišna pogodnost ovog sustava pridobivanja drva, može se dosegnuti različitim mjerama: 1) zahtjevom za ograničenim kretanjem traktora po sekundarnim prometnicama u cilju smanjenja površine gaženja šumskog tla i oštećenja pomlatka, 2) obustavom izvoženja drva u uvjetima slabe nosivosti šumskog tla.

Područje primjene

Prorede i oplodne sječe šuma nizinskoga i brežuljkastoga područja. Zbog mogućnosti kretanja poljoprivrednog traktora po javnim cestama pri premještanju sa jednoga radilišta na drugo, sustav je prihvatljiv za površinski mala i negrupirana šumska radilišta. Sustav je prvenstveno namijenjen malim šumoposjedincima i lokalnom stanovništvu pri izradi ogrjevnoga drva za potrebe vlastitoga kućanstva (samoizradba).

1.2.6 Djelomično mehanizirani sustav pridobivanja oblog drva poludeblovnom metodom (MOTORNA PILA – ADAPTIRANI POLJOPRIVREDNI TRAKTOR)

Sječa stabala i izradba obloga drva izvodi se ručno-strojnim radom primjenom motornih pila lančanica kojima se stabla sjeku, krešu se grane i trupe debla. Poludebla se privlače adaptiranim poljoprivrednim traktorom, a izrada drvnih sortimenata (trupci i višemetarsko prostorno drvo) se obavlja na pomoćnome stovarištu. Sječa i izrada su vremenski i prostorno integrirane s privlačenjem drva. Pridobivanje drva se obavlja skupnim radom.



Ograničenja

Primjenjivost je sustava pridobivanja drva prvenstveno određena kretnošću adaptiranog poljoprivrednog traktora – uzdužnim nagibom terena od ± 10 (20) % te njegovom vrlo izrazitom osjetljivošću na bočni nagib terena.

S obzirom na izvođenje sječe i izradbe drva motornom pilom, sustav nije ograničen dimenzijama stabala, već prvenstveno dimenzijama poludebala u slučaju kada njihova masa nadilazi vučnu silu adaptiranog poljoprivrednog traktora. Navedena se ograničenja prvenstveno manifestiraju pri korištenju sustava u za njega neprikladnim sječinama (oplodne sječe) u kojima je ipak moguć učinkovit rad sustava (pa i učinkovitiji negoli u proredama), ali uz promjenu metode pridobivanja drva u sortimentnu s ciljem prilagodbe mase tovara te uz rizik povećanih kvarova traktora. Sustav je vrlo prikladan za pridobivanje drva iz tanjih stabala te radilištima sa nižim sječnim gustoćama (prorede). Uslijed nemogućnosti uhrpavanja

oblovine u složajeve te u cilju razvrstavanja oblovine (vrste drva, klase kakvoće) sustav zahtjeva dulja pomoćna stovarišta.

Sa stajališta obučenosti radnika, pored radnika sjekača, primjena adaptiranog poljoprivrednog traktora ne postavlja preveliki zahtjev za posebno osposobljenim i iskusnim vozačem. Primjenom skupnoga rada sustav ne zahtjeva pomoćnog radnika kopčaća (vezivanje tovara obavlja sjekač i/ili traktorist ovisno o odnosu normi vremena sječe i privlačenja u pojedinim sastojinskim i eksploatacijskim uvjetima). Prilikom izvođenja rada ovim sustavom pridobivanja drva trebaju poželjna je rotacija radnih mjesta unutar skupine u cilju ostvarivanja povoljnih dugoročnih ergonomske efekata.

Mreža sekundarnih prometnica i udaljenost privlačenja drva

Prometne i nerazvedene terene uzdužnoga nagiba $< 20 \%$ bez prisustva kamenitosti, treba sekundarno otvarati mrežom negrađenih traktorskih vlaka međusobnoga razmaka do dvostruke duljine užeta vitla. Prostorni je raspored traktorskih vlaka prvenstveno određen konfiguracijom terena te položajem primarne šumske prometne infrastrukture i vodnih tijela u prostoru.

Zbog snažnoga utjecaja udaljenosti privlačenja drva na djelotvornost privlačenja drva adaptiranim poljoprivrednim traktorom (uslijed relativno malog tovara) optimalna srednja udaljenost privlačenja iznosi do 100 m.

Okolišna pogodnost

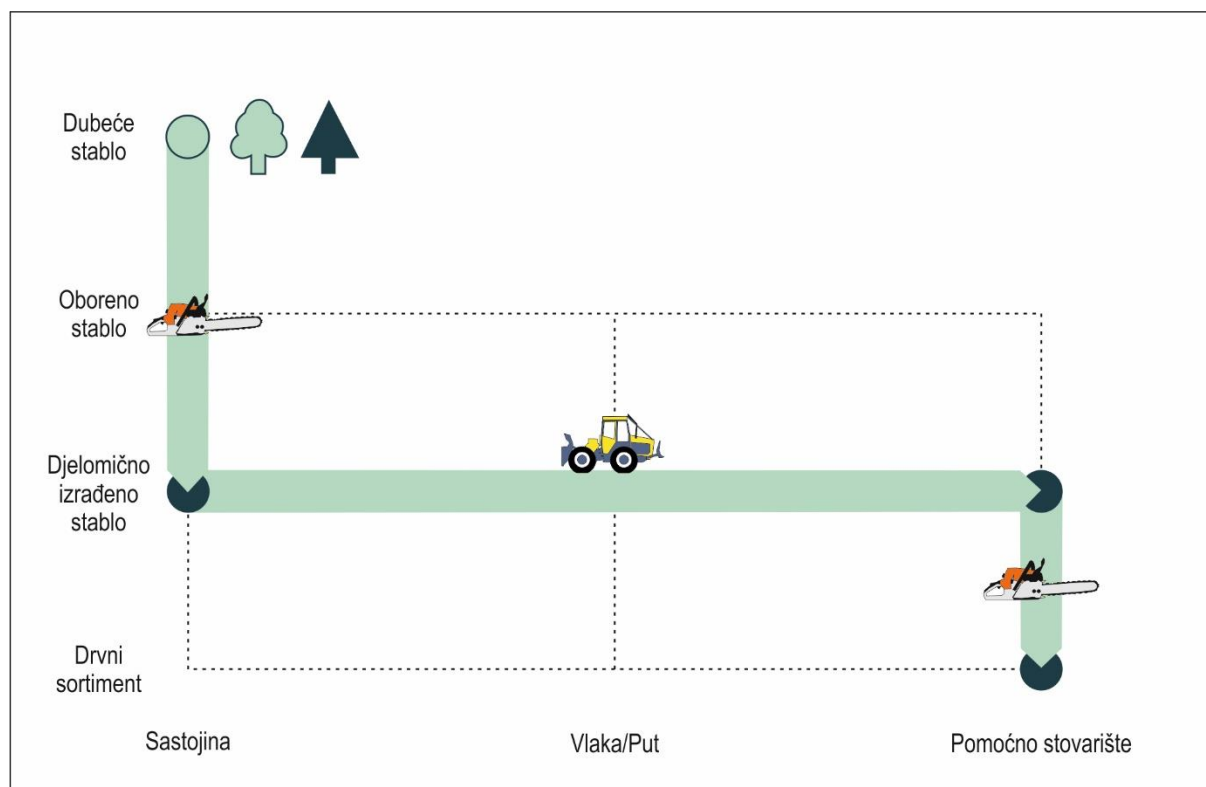
Pri korištenju adaptiranih poljoprivrednih traktora za privlačenje drva u uvjetima ograničene nosivosti tla vrlo je velika mogućnost oštećenja šumskog tla. Privlačenjem poludeblovnim metodom velika je i mogućnost oštećivanja preostalih dubećih stabala. Okolišna pogodnost ovog sustava pridobivanja drva, može se dosegnuti sljedećim mjerama: 1) zahtjevom za ograničenim kretanjem adaptiranog poljoprivrednog traktora po sekundarnim prometnicama u cilju smanjenja površine gaženja šumskog tla i oštećenja preostalih dubećih stabala, 2) usmjerenim rušenjem stabala i privitlavanjem poludebala bez silaska sa sekundarnih prometnica te 3) mehaničkom zaštitom stabala uz traktorske vlake u cilju smanjenja oštećenja dubećih stabala.

Područje primjene

Prorede šuma nizinskoga i brežuljkastoga područja. Zbog mogućnosti kretanja adaptiranog poljoprivrednog traktora po javnim cestama pri premještanju sa jednoga radilišta na drugo, sustav je prihvatljiv za površinski mala i negrupirana šumska radilišta. Sustav je prvenstveno namijenjen malim šumoposjedincima (koji ne posjeduju specijalna šumska vozila za primarni transport drva) te situacijama u kojima je nužno privremeno zamjeniti ili pomoći prikladnije sredstvo privlačenja, odnosno u kojima je korisno dodatnim angažmanom na radovima pridobivanja drva povećati godišnje iskorištenje uzgojnih traktora.

1.2.7 Djelomično mehanizirani sustav pridobivanja oblog drva poludeblovnom metodom (MOTORNA PILA – SKIDER MASE < 5 t)

Primjenom motornih pila lančanica ručno-strojnim radom stabala se sijeku i izrađuje se oblo drvo. Poludebla se privlače skiderom, a izrada drvnih sortimenata (trupci i višemetarsko prostorno drvo) se obavlja na pomoćnom stovarištu. S obzirom na nužnu vremensku i prostornu integraciju sječe privlačenja i izrade sustav se optimalno organizira u obliku skupnoga rada.



Ograničenja

S obzirom na značajke skidera kao specijalnog šumskog vozila primjenjivost je sustava limitirana kretnošću vozila, no tek na uzdužnim nagibima terena preko $\pm 33\%$ uz osrednju osjetljivost na bočni nagib terena.

S obzirom na primjenu motornih pila lančanica pri izvođenju sječe i izradbe drva, sustav nije ograničen dimenzijama stabala. Dimenzije stabala mogu predstavljati stanovito ograničenje sustava u slučaju primjene skidera mase < 5 t izvan optimalnog područja primjene (prorednih sječina), a u cilju povećanja godišnjeg iskorištenja strojeva (izvan perioda ljetne sječe). Stoga se u slučajevima kada dimenzije pojedinih poludebala rezultiraju masom tovara koja nadilazi vučnu silu skidera mora modificirati metoda izradbe drva u smjeru izrade sortimenata u sječini. No, u tehnološkom smislu pretpostavke učinkovitoga rada skidera nisu smanjene, jer se tovar skidera formira malim brojem komada u tovaru. Posebna se pažnja u navedenim situacijama mora posvetiti ograničavanju obujma (i mase) tovara u skladu s tehničkim specifikacijama

skidera, a u cilju izvođenja radova na siguran način i izbjegavanja kvarova skidera. Sustav je vrlo prikladan za pridobivanje drva iz tanjih stabala te radilištima sa nižim sječnim gustoćama. Uslijed nemogućnosti uhrpavanja oblovine u složajevе te u cilju razvrstavanja oblovine (vrste drva, klase kakvoće) sustav zahtjeva dulja i prostranija pomoćna stovarišta.

Obučenosti radnika u sustavu mora biti odgovarajuća s obzirom na mogućnosti rada u zahtjevnim eksploatacijskim uvjetima. Primjenom skupnoga rada sustav ne zahtjeva pomoćnog radnika kopčasa (vezivanje tovара obavlja sjekač i/ili traktorist ovisno o odnosu normi vremena sječe i privlačenja u pojedinim sastojinskim i eksploatacijskim uvjetima). Prilikom izvođenja rada ovim sustavom pridobivanja drva trebaju poželjna je rotacija radnih mjesta unutar skupine u cilju ostvarivanja povoljnih dugoročnih ergonomskih efekata.

Mreža sekundarnih prometnica i udaljenost privlačenja drva

Prometne terene za šumska vozila, brežuljkastoga područja, uzdužnoga nagiba $< 20\%$ bez prisustva kamenitosti, treba sekundarno otvarati mrežom negrađenih traktorskih vlaka međusobnoga razmaka do dvostruke duljine vučnoga uža vitla. Neprometne terene za šumska vozila, uslijed djelovanja nagiba ali i kamenitost/stjenovitosti terena, treba sekundarno otvarati perastom ili »riblja kost« mrežom građenih traktorskih putova uzdužnoga nagiba $< 20(25)\%$.

Prostorni je raspored sekundarnih šumskih prometnica prvenstveno određen konfiguracijom terena te položajem primarne šumske prometne infrastrukture i vodnih tijela u prostoru te dosegom vučnoga uža za sakupljanje drva.

Zbog snažnoga utjecaja udaljenosti privlačenja drva na djelotvornost privlačenja drva skiderima mase $< 5\text{ t}$ (uslijed relativno malog tovара) optimalna srednja udaljenost privlačenja iznosi do 150 m.

Okolišna pogodnost

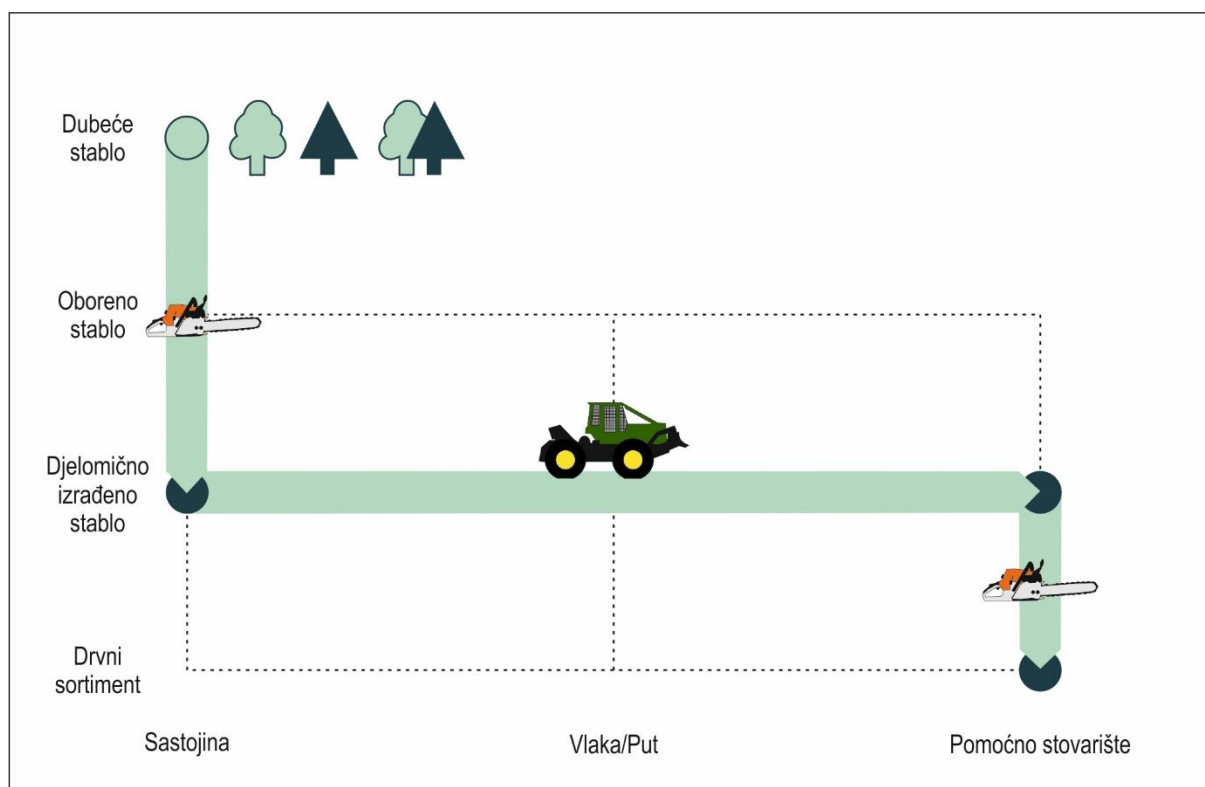
Pri korištenju skidera mase $< 5\text{ t}$ za privlačenje drva u uvjetima ograničene nosivosti tla vrlo je velika mogućnost oštećenja šumskog tla. Privlačenjem poludebala velika je i mogućnost oštećivanja preostalih dubećih stabala. Okolišna pogodnost ovog sustava pridobivanja drva, može se dosegnuti sljedećim mjerama: 1) zahtjevom za ograničenim kretanjem skiderom po sekundarnim prometnicama u cilju smanjenja površine gaženja šumskog tla i oštećenja preostalih dubećih stabala, 2) usmjerenim rušenjem stabala i privitlavanjem poludebala bez silaska sa sekundarnih prometnica te 3) mehaničkom zaštitom stabala uz traktorske vlake u cilju smanjenja oštećenja dubećih stabala.

Područje primjene

Prorede šuma nizinskoga i brežuljkastoga područja. Zbog mogućnosti kretanja skidera po javnim cestama pri premještanju sa jednoga radilišta na drugo, sustav je prihvatljiv za površinski mala i negrupirana šumska radilišta.

1.2.8 Djelomično mehanizirani sustav pridobivanja oblog drva poludeblovnom metodom (MOTORNA PILA – SKIDER MASE > 5 t)

Stabala se sijeku primjenom motornih pila lančanica ručno-strojnim radom. Na isti se način izrađuje oblo drvo. Poludebla se privlače skiderom, a izrada drvnih sortimenata (trupci i višemetarsko prostorno drvo) se obavlja na pomoćnom stovarištu. Optimalna organizacija sustava postiže se vremenskom i prostornom integracijom sječe privlačenja i izrade u obliku skupnoga rada.



Ograničenja

S obzirom na značajke skidera kao specijalnog šumskog vozila primjenjivost je sustava limitirana kretnošću vozila, no tek na uzdužnim nagibima terena preko $\pm 33\%$ uz osrednju osjetljivost na bočni nagib terena.

S obzrom na primjenu motornih pila lančanica pri izvođenju sječe i izradbe drva, te skidera mase > 5 t sustav nije ograničen dimenzijama stabala. Vučna sila skidera omogućuje privlačenje poludebala velike mase ostvarujući optimalan tovar sa malim brojem komada što sustav čini izrazito prikladnim za pridobivanje debelih stabala. Sječna gustoća nije limitirajući faktor u optimalnom području rada (oplodnim i prebornim sječinama) pa ni u slučajnom priходу sve dok su dimenzije posječenih stabala dovoljne za formiranje tovara s jednog mjesta sakupljanja drva vitlom. Tanka stabala zajedno sa niskom sječnom gustoćom mogu predstavljati ograničenje sustava u slučaju primjene (s ciljem povećanja godišnjeg iskorištenja skidera)

izvan optimalnog područja primjene (u ranim proredama) koje se reflektira smanjenjem proizvodnosti. U prebornim je sječinama moguća primjena sustava modificiranjem metode rada u sortimentnu (s ciljem smanjenja šteta i pojednostavljenja organizacije rada) u slučajevima kada pojedini drveni sortimenti i/ili kombinirani trupci izrađeni u sječini svojim dimenzijama zadržavaju prednosti primjene poludeblovne metode (smanjenje broja komada u optimalnom tovaru skidera). U cilju pojednostavljenja organizacije rada trupljenje drvnih sortimenata može se provesti i neposredno prije otpreme. Uslijed nemogućnosti uhrpavanja oblovine u složajeve te u cilju razvrstavanja oblovine (vrste drva, klase kakvoće) sustav zahtjeva dulja i prostranija pomoćna stovarišta.

Obučenosti radnika u sustavu mora biti odgovarajuća s obzirom na mogućnosti rada u zahtjevnim eksploatacijskim uvjetima. Primjenom skupnoga rada sustav u pravilu ne zahtjeva pomoćnog radnika kopčasa (vezivanje tovara obavlja sjekač i/ili traktorist ovisno o odnosu normi vremena sječe i privlačenja u pojedinim sastojinskim i eksploatacijskim uvjetima), osim u slučajevima izrazito zahtjevnih terenskih prilika ili pri primjeni sortimentne metode. Prilikom izvođenja rada ovim sustavom pridobivanja drva, poželjna je rotacija radnih mjesta unutar skupine u cilju ostvarivanja povoljnih dugoročnih ergonomske efekata.

Mreža sekundarnih prometnica i udaljenost privlačenja drva

Prometne terene za šumska vozila, brežuljkastoga područja, uzdužnoga nagiba $< 20\%$ bez prisustva kamenitosti, treba sekundarno otvarati mrežom negrađenih traktorskih vlaka međusobnoga razmaka do dvostruke duljine vučnoga uža vitla. Neprometne terene za šumska vozila, uslijed djelovanja nagiba ali i kamenitost/stjenovitosti terena brdskog/gorskog područja, treba sekundarno otvarati perastom ili »riblja kost« mrežom građenih traktorskih putova uzdužnoga nagiba $< 20(25)\%$.

Prostorni je raspored sekundarnih šumskih prometnica prvenstveno određen konfiguracijom terena te položajem primarne šumske prometne infrastrukture i vodnih tijela u prostoru te dosegom vučnoga uža za sakupljanje drva.

Zbog manjeg utjecaja udaljenosti privlačenja drva na djelotvornost privlačenja drva skiderima mase $> 5\text{ t}$ (uslijed mogućnosti ostvarivanja velikih tovara) optimalna srednja udaljenost privlačenja iznosi do 250 m.

Okolišna pogodnost

Pri korištenju skidera mase $> 5\text{ t}$ za privlačenje drva u uvjetima ograničene nosivosti tla vrlo je velika mogućnost oštećenja šumskog tla. Privitlavanjem i privlačenjem poludebala velika je i mogućnost oštećivanja preostalih dubećih stabala i pomladka. Okolišna pogodnost ovog sustava pridobivanja drva, može se dosegnuti sljedećim mjerama: 1) zahtjevom za ograničenim kretanjem skiderom po sekundarnim prometnicama u cilju smanjenja površine gaženja šumskog tla i oštećenja pomladka i preostalih dubećih stabala, 2) usmjerenim rušenjem stabala i privitlavanjem poludebala bez silaska sa sekundarnih prometnica te 3) mehaničkom zaštitom stabala uz traktorske vlake u cilju smanjenja oštećenja dubećih stabala.

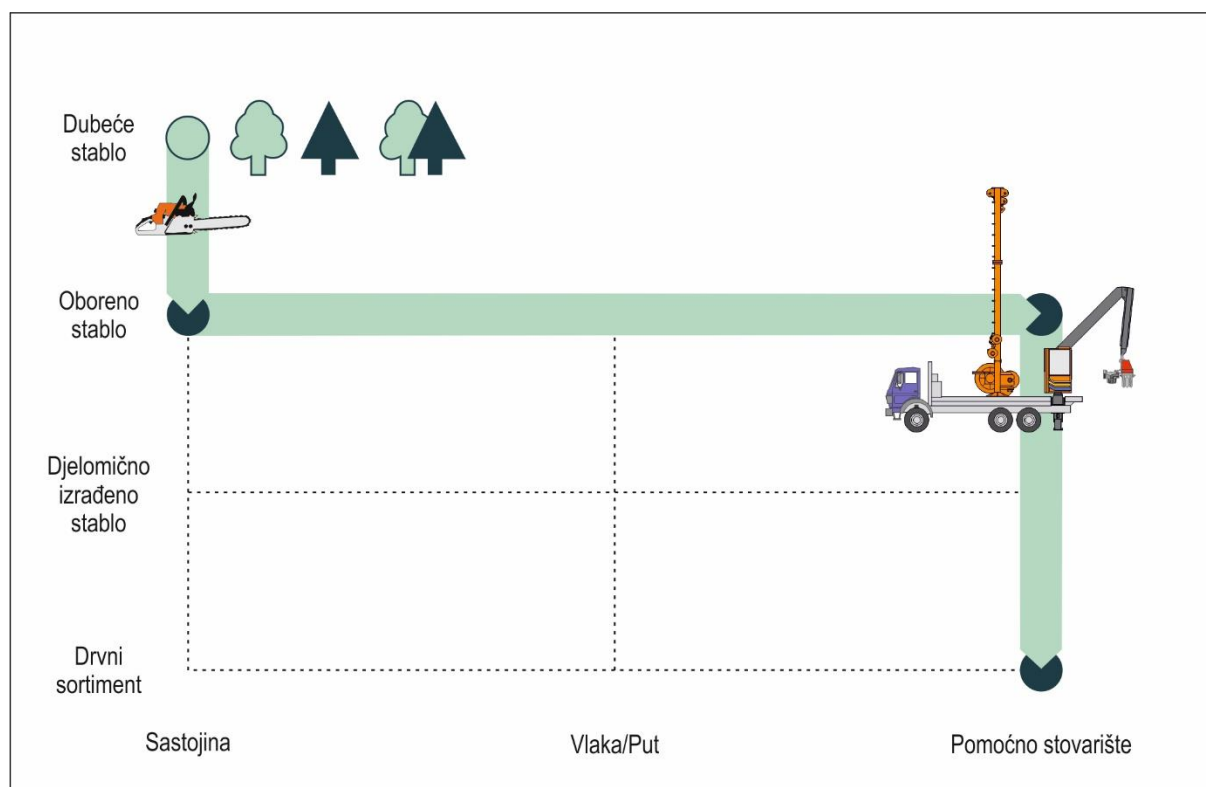
Područje primjene

Preborne sječe, kasne prorede i oplodne sječe jednodobnih šuma te slučajni prihodi. Zbog velike učinkovitosti i ograničene mogućnosti kretanja pojedinih tipova skidera mase $> 5\text{ t}$ po javnim cestama pri premještanju sa jednoga radilišta na drugo, sustav je prihvatljiv za velika i grupirana šumska radilišta.

2.3.4 Visoko mehanizirani sustav pridobivanja oblog drva stablovnom metodom (MOTORNA PILA – KAMIONSKA ŽIČARA)

Sustav se zasniva na sječi stabala ručno-strojnim radom primjenom motorne pila lančanice te iznošenju, ali i izradbi drvnih sortimenata (trupci i višemetarsko prostorno, celulozno drvo) stupnom kamionskom žičarom sa dizalicom i procesorskom glavom. Ovaj visokomehanizirani sustav pridobivanja drva, tipičan je primjer racionalizacije proizvodnje obloga drva prvenstveno četinjača, uslijed spajanja iznošenja i izradbe drva u jedan postupak, što u konačnici povećava proizvodnost cijeloga sustava pridobivanja drva. Optimalna organizacija sustava postiže se vremenskom i prostornom integracijom sječe i iznošenja te izradbe drva skupnim radom.

Stupne kamionske žičare najčešće se proizvode se četvero užetni žični sustavi (nosivo, vučno, povratno i podizno uže) te su pogodne za iznošenje drva bez obzira na smjer nagiba terena, ali i iznošenju drva na ravnome terenu. Ulogu postranoga sakupljanja drva vrši podizno uže.



Ograničenja

Djelotvorna je primjenjivost sustava pridobivanja drva prvenstveno određena, sječnom gustoćom (minimalno 1 m³/m' trase žične linije), uslijed izrazitih utrošaka vremena (de)montiranja trase žične linije. Terenski čimbenici izvođenja šumskih radova (nagib terena, nosivost podloge, površinske prepreke) nemaju značajniji utjecaj na djelotvornost iznošenja i izradbe drva stupnom kamionskom žičarom sa dizalicom i procesorskom glavom.

Sustav je ograničen dimenzijama stabala, ne zbog sječe stabala motornom pilom, već njihovom masom uslijed stablovne metode izradbe drva, kada ona nadilazi prekidnu čvrstoću nosivog uža, odnosno mogućnostima procesorske glave. Iako primarno razvijen za pridobivanje drva

četinjača, sustav sa zadovoljavajućom proizvodnošću nalazi primjenu i u mješovitim sastojinama te listačama.

Opremanjem stupnih kamionskih žičara dizalicom sa procesorskom glavom, omogućeno je u dosegu hidraulične dizalice slaganje drva u složajeve, čime je otklonjen problem brzog zatrpavanja istovarnih rampi pomoćnoga stovarišta privučenom oblovinom.

Uslijed primjene stablovne metode izradbe drva, šumski ostatak posječenih stabala ostaje uhrpan na mjestu izradbe drva na pomoćnome stovarištu, a nakon njegovog prosušivanja se usitnjava iveračem.

Iako kamionska žičara ima mogućnost kretanja po javnim cestama pri premještanju sa jednoga radilišta na drugo, sustav nije prihvatljiv za površinski mala i negrupirana šumska radilišta uslijed multipliciranja vremenski zahtjevoga montiranja i demontiranja trasa žičnih linija, što je i osnovno ograničenje ovoga sustava pridobivanja drva.

Sa stajališta djelotvornosti sustava, pored radnika sjekača koji isključivo ruši i kopča posječena stabla, kamionska žičara kao visokoproizvodno sredstvo rada postavlja veliki zahtjev za posebno osposobljenim i iskusnim operaterom – žičničarem. Žičničar osim upravljanja žičarom, odvezuje privučena stabla, upravlja i dizalicom sa procesorskom glavom, odnosno slaže i razvrstava izrađene drvene sortimente.

Mreža sekundarnih prometnica i udaljenost privlačenja drva

Mrežu sekundarnih prometnica pri iznošenju drva šumskim žičarama predstavljaju žične linije, koje nisu građevinski objekti. Žične linije omogućuju nesmetano postavljanje šumske žičare, odnosno primarni transport drva, a nastaju prosijecanjem trase žičare (širine < 2 m). Na položaj i raspored (usporedni, lepezasti) žičnih linija pojedine sječne jedinice presudan utjecaj ima položaj šumske ceste, odnosno terenske i sastojinske prilike. Razmak između žičnih linija treba iznositi 30 – 40 m, a doznaku stabala provesti tek nakon određivanja položaja i rasporeda žičnih linija.

Najveća udaljenost privlačenja drva u ovome sustavu pridobivanja drva iznosi 800 m uslijed standardiziranih duljina nosivoga uža promjera 20 (18) mm.

Okolišna pogodnost

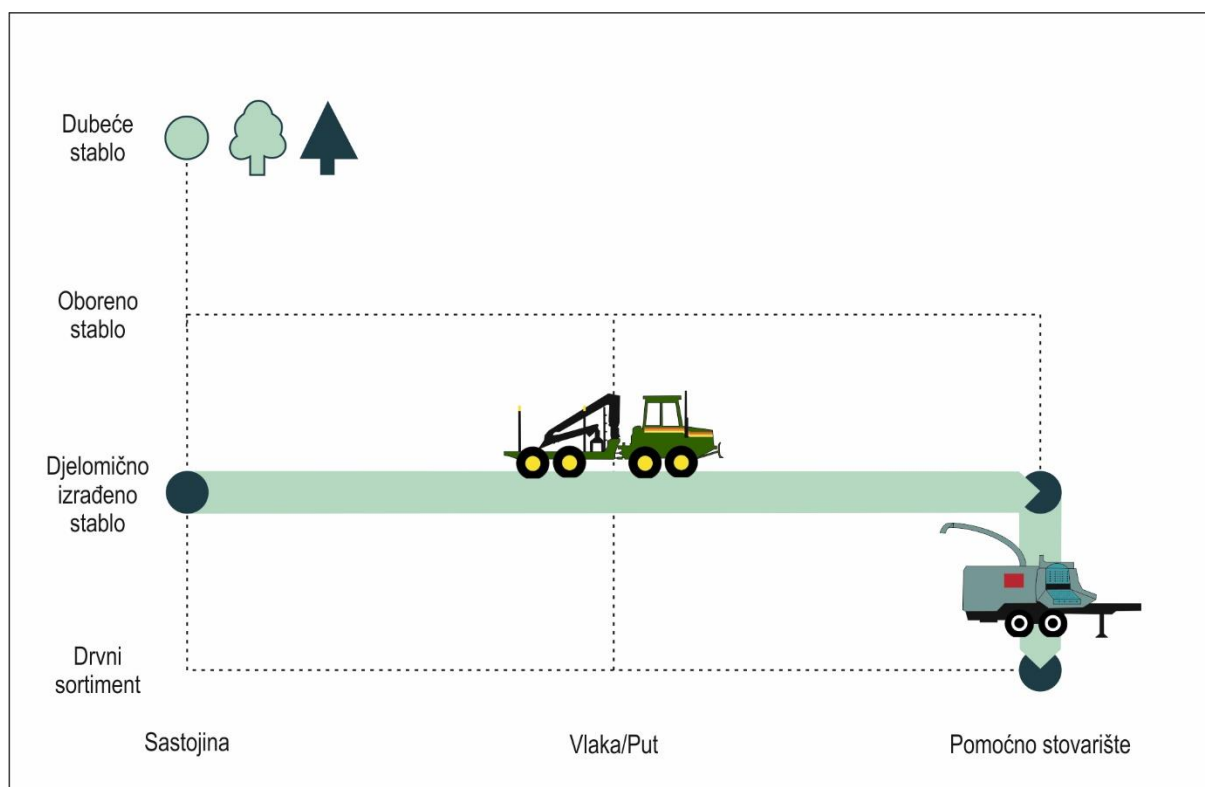
Iznošenje drva šumskim žičarama, predstavlja okolišno prihvatljiviji način privlačenja drva u odnosu na privlačenje drva šumskim vozilima, zbog potpune odignutosti privlačenoga drva od tla. Navedeno se osigurava zahtjevom da pri montiranju trase žičare visina nosivog uža u odnosu na tlo mora biti najmanje 2/3 visine stabala u sječini, čime je osigurana zaštita tla od sabijanja te naknadnih erozivnih procesa na strmim terenima. Usmjerenim rušenjem stabala, ali i njihovim sakupljanjem do trase žične linije pod kutem $\sim 45^\circ$ (»riblja kost«) osigurava se smanjenje oštećivanja dubećih stabala. Sa stajališta okolišne pogodnosti, najveći nedostatak ovog sustava pridobivanja drva je iznošenje hraniva iz sastojine koji su koncentrirani u folijarnome dijelu stabla, uslijed stablovne metode izradbe drva.

Područje primjene

Oplodne sječe šuma brdskog i gorskog područja, preborne sječe, sanacija požarišta mediteranskog krša. Iako su tipično područje rada šumskih žičara tereni > 50 % nagiba, one se uspješno primjenjuju i na za šumska vozila neprometnim i sekundarno neotvorenim terenima nagiba > 33 %.

2.4.2 Visoko mehanizirani sustav pridobivanja oblog drva polustablovnom metodom (FORVARDER – IVERAČ)

Sustav se zasniva na izvoženju neizrađenog krupnog drva i šumskog ostatka (najčešće u obliku ovršina) forvarderom i proizvodnje drvne sječke iveranjem prirodno prosušene uhrpane sirovine na pomoćnom stovarištu. U cilju omogućavanja dostatnog vremena prirodnog prosušivanja izrada (iveranje) nije vremenski integrirana s izvoženjem. Sustav se može smatrati i potpuno mehaniziranim pri radu u sječinama u kojima je provedena strojna sječa i izrada oblog drva harvesterom. U suprotnom, pravilnije ga je smatrati visoko mehaniziranim sustavom (posebice kada je prije izvoženja nužno ručno-strojno pripremiti krošnje motornim pilama s ciljem većeg iskorištenja tovarnoga prostora forvardera).



Ograničenja

Djelotvorna je primjenjivost sustava pridobivanja drva prvenstveno određena sječnom gustoćom; odnosno količinom neizrađenog krupnog drva i šumskog ostatka koji nakon pridobivanja oblog drva preostaje na površini sječine.

Zbog potrebe za labudicom pri premještanju forvardera sa jednoga radilišta na drugo radilište te potrebnu koncentraciju dovoljnje količine sirovine na pomoćnom stovarištu sustav nije prihvatljiv za površinski mala i negrupirana šumska radilišta.

Unatoč mogućnosti uhrpavanja izvezene sirovine u visoke složajeve sustav zahtjeva prostrana pomoćna stovarišta na kojima je moguće organizirati iveranje direktno u poluprikolicu tegljačkoga skupa bez većih zastoja pri iveranju (zatvoreni proizvodni lanac).

U cilju postizanja zadovoljavajuće učinkovitosti sustava (posebice pri iveranju) visokoproduktivna sredstva rada postavljaju veliki zahtjev za posebno osposobljenim i iskusnim dizaličarem. Sustav ne zahtjeva dodatnog pomoćnog radnika.

Mreža sekundarnih prometnica i udaljenost privlačenja drva

Mreža sekundarnih prometnica i udaljenost privlačenja drva definirani su zahtjevima sustava pridobivanja oblog drva (1.1.2 i 3.1.2).

Okolišna pogodnost

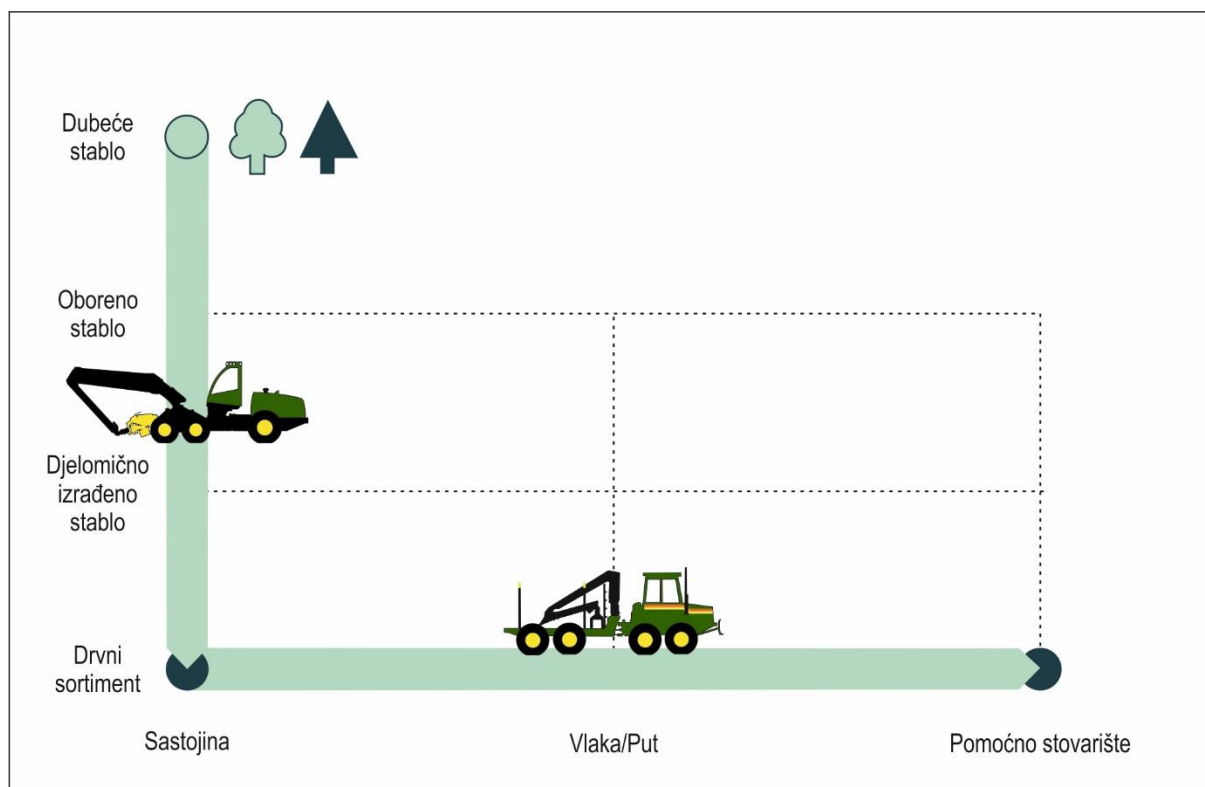
Okolišna pogodnost ovog sustava pridobivanja drva, može se dosegnuti: 1) zahtjevom za ograničenim kretanjem forvardera po sekundarnim prometnicama u cilju smanjenja površine gaženja šumskog tla i oštećenja pomlatka, 2) izborom forvardera sa opsijskim gumama širine 710 mm, uz obavezno opremanje stražnjih kotača udvojene (bogi) osovine polugusjenicama i prednjih kotača lancima pri povećanoj vlažnosti pogotovo hidromorfni tala nizinskih šuma u cilju smanjenja sabijanja šumskoga tla.

Područje primjene

Oploidne sječe šuma nizinskoga i brežuljkastoga područja te sječe šumskih kultura i plantaža.

3.1.2 Potpuno mehanizirani sustav pridobivanja oblog drva sortimentnom metodom (HARVESTER – FORVARDER)

Sustav se zasniva na skupnom radu harvestera na sječi i izradi stabala i forvardera na izvoženju oblog drva. Svi se radni zahvati obavljaju strojno. Sječa i izrada mogu biti vremenski i prostorno odvojeni od izvoženja drva forvarderom, ali i integrirani pri čemu je nužno voditi računa o usklađivanju proizvodnih mogućnosti strojeva u sustavu s obzirom na eksploatacijske uvjete.



Ograničenja

Primjenjivost je sustava pridobivanja drva prvenstveno određena mogućnostima harvesterske glave (sječni promjer i promjer kresanja grana) koje limitiraju primjenu u sječinama u kojima prevladavaju deblja stabla (promjera većeg od 50 cm). U slučaju pojedinačnih debljih stabala primjena je sustava moguća uz asistenciju sjekača. Kretnost forvardera limitirana je uzdužnim nagibom terena od $\pm 20\%$ te njegovom velikom osjetljivošću na bočni nagib terena.

Sustav je izrazito prikladan za pridobivanje drva iz tanjih stabala s obzirom na mogućnost uhrpavanja izrađenih sortimenata prilikom izrade. Radilištima sa nižim sječnim gustoćama te površinski mala i negrupirana šumska radilišta nisu pogodna za primjenu sustava jer je pri premještanju strojeva nužno angažirati labudicu.

Uslijed mogućnosti razvrstavanja oblovine (vrste drva, klase kakvoće) pri istovaru i njenog slaganja u visoke složajeve, sustav nema posebnih zahtjeva za prostorom pomoćnoga stovarišta.

Sofisticirana sredstva rada postavljaju veliki zahtjev za posebno osposobljenim i iskusnim operaterima strojeva (posebice harvester). Sustav ne zahtjeva dodatnog pomoćnog radnika, osim u slučaju nužnog angažmana radnika sjekača na obaranju stabala za harvester prevelikih dimenzija.

Mreža sekundarnih prometnica i udaljenost privlačenja drva

Prometne i nerazvedene terene uzdužnoga nagiba $< 20\%$ bez prisustva kamenitosti, treba sekundarno otvarati pravilnom (paralelnom) mrežom negrađenih traktorskih vlaka (»harvesterskih pruga«) međusobnoga razmaka 20 m, okomito na slojnice. Prostorni je raspored (razmak), traktorskih vlaka prvenstveno određen dosegom hidraulične dizalice harvestera te položajem primarne šumske prometne infrastrukture i vodnih tijela u prostoru.

Optimalna srednja udaljenost izvoženja drva iznosi do 400 m.

Okolišna pogodnost

Okolišna pogodnost ovog sustava pridobivanja drva, može se dosegnuti: 1) pravilnim odabirom prikladnih sječina i detaljnim pripremnim radovima u cilju smanjenja šteta na preostalim dubećim stablima 2) zahtjevom za ograničenim kretanjem forvardera po sekundarnim prometnicama u cilju smanjenja površine gaženja šumskog tla; 3) slaganjem zastora granjevine na traktorskim vlakama.

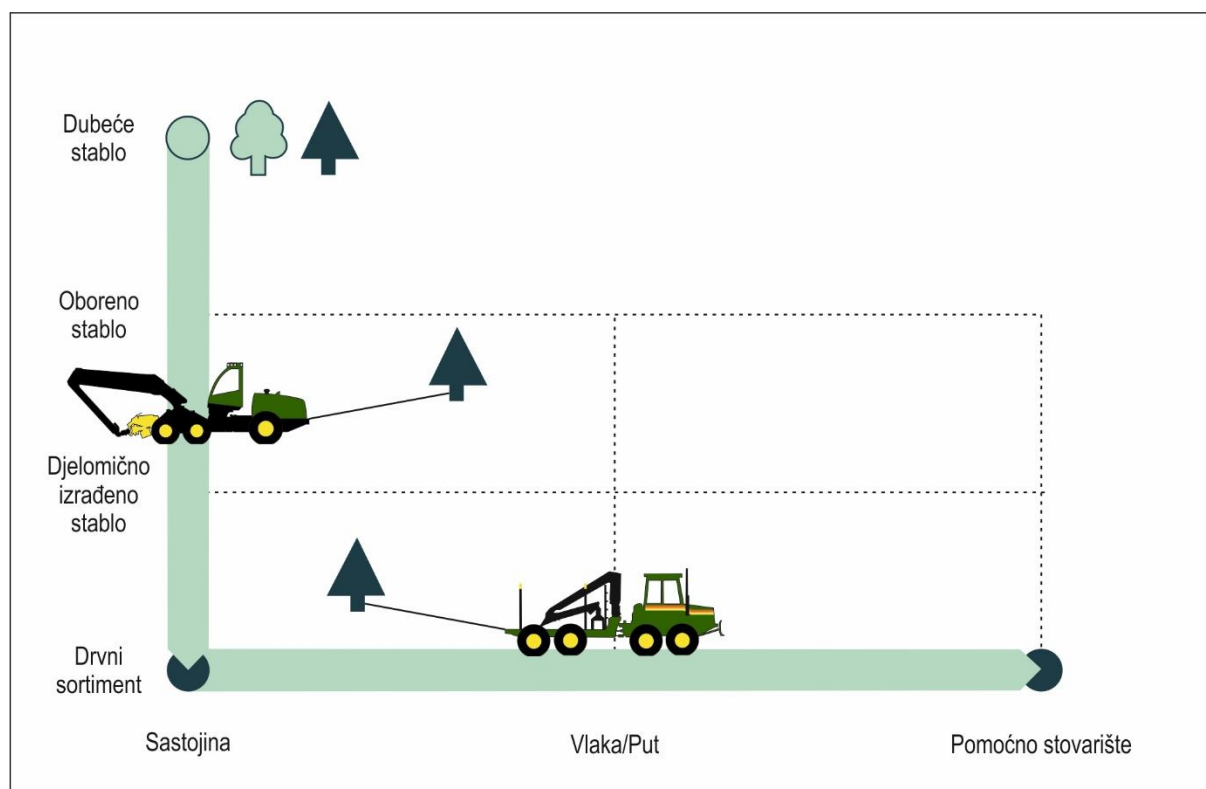
Područje primjene

Šumske kulture i plantaže te prorede i pripremni sijekovi šuma nizinskoga i brežuljkastoga područja.

3.1.9 Potpuno mehanizirani sustav pridobivanja oblog drva sortimentnom metodom (HARVESTER S VITLOM – FORVARDER S VITLOM)

Sustav se zasniva na skupnom radu harvestera na sječi i izradi stabala i forvardera na izvoženju oblog drva. Svi se radni zahvati obavljaju strojno. Sječa i izrada mogu biti vremenski i prostorno odvojeni od izvoženja drva forvarderom, ali i integrirani pri čemu je nužno voditi računa o usklađivanju proizvodnih mogućnosti strojeva u sustavu s obzirom na eksploatacijske uvjete.

Posebnost ovog sustava pridobivanja drva je opremanje harvestera i forvardera sidreno-trakcijskim vitlom u cilju proširivanja područja njihove kretnosti na terene uzdužnoga nagiba $< 50\%$. Sidreno-trakcijsko vitlo ugrađeno na stražnjem kraju forvardera i prednjem kraju harvestera, osim sidrenja šumskih vozila ima zadatak osiguranja njihove kretnosti na strmim terenima u trenucima kada oni ostaju bez potrebne vučne sile (trakcije). Posebnost harvestera i osam kotačnog forvardera koji se dodatno opremaju sidreno-trakcijskim vitlom za rad na strmim terenima je i žiroskopska-rotirajuća kabina te obavezna opremanje pneumatika polugusjenicama s ciljem povećanja kretnosti vozila, odnosno njihove bočne stabilnosti.



Ograničenja

Primjenjivost je sustava pridobivanja drva prvenstveno određena mogućnostima harvesterske glave (sječni promjer i promjer kresanja grana) koje limitiraju primjenu u sječinama u kojima prevladavaju deblja stabla (promjera većeg od 50 cm). U slučaju pojedinačnih debljih stabala primjena je sustava moguća uz asistenciju sjekača. Kretnost harvestera i forvardera sa sidreno trakcijskim užem, limitirana je uzdužnim nagibom terena od $< \pm 50\%$ te njegovom velikom

osjetljivošću na bočni nagib terena. Navedenim, sustav nije pogodan za terene sa izrazitom stjenovitošću/kamenitošću, odnosno razvedenošću terena.

Sustav je izrazito prikladan za pridobivanje drva iz tanjih stabala s obzirom na mogućnost uhrpavanja izrađenih sortimenata prilikom izrade. Radilištima sa nižim sječnim gustoćama te površinski mala i negrupirana šumska radilišta nisu pogodna za primjenu sustava jer je pri premještanju strojeva nužno angažirati labudicu.

Uslijed mogućnosti razvrstavanja oblovine (vrste drva, klase kakvoće) pri istovaru i njenog slaganja u visoke složajeve, sustav nema posebnih zahtjeva za prostorom pomoćnoga stovarišta.

Sofisticirana sredstva rada postavljaju veliki zahtjev za posebno osposobljenim i iskusnim operaterima strojeva (posebice harvester). Sustav ne zahtjeva dodatnog pomoćnog radnika, osim u slučaju nužnog angažmana radnika sjekača na obaranju stabala za harvester prevelikih dimenzija.

Mreža sekundarnih prometnica i udaljenost privlačenja drva

Sekundarno neotvorene, strme i nerazvedene terene bez izražene stjenovitosti i kamentosti, uzdužnoga nagiba od 33 do 50 %, treba otvarati paralelnom sekundarnom mrežom negrađenih traktorskih vlaka međusobnoga razmaka 20 (25) m.

Najveća udaljenost privlačenja drva u ovome sustavu pridobivanja drva iznosi 400 m uslijed standardiziranih duljina sidreno-trakcijskoga uža promjera 14 (16) mm, prekidne čvrstoće 200 kN (20 t).

Okolišna pogodnost

Okolišna pogodnost ovog sustava pridobivanja drva, može se dosegnuti: 1) pravilnim odabirom prikladnih sječina i detaljnim pripremnim radovima u cilju smanjenja šteta na preostalim dubecim stablima 2) zahtjevom za ograničenim kretanjem forvardera po sekundarnim prometnicama u cilju smanjenja površine gaženja šumskog tla; 3) slaganjem zastora granjevine na traktorskim vlakama.

Posebno valja istaknuti, smanjeno klizanje kotača šumskih vozila koja su opremljena sidreno-trakcijskim vitlom, što za posljedicu ima i smanjeno sabijanje šumskoga tla.

Područje primjene

Oploidne sječe i prorede brdskog i gorskog područja, preborne sječe, sanacije vjetroizvala na nagnutim sekundarno neotvorenim terenima.

Literatura:

Bosner, A., S. Nikolić, Z. Pandur, D., Benić, 2008: Razvoj i umjeravanje prijenosnoga sustava za mjerenje osovinskih opterećenja vozila – mjerenja na forvarderu. Nova mehanizacija šumarstva 29: 1–15.

Krpan, A. P. B., T. Poršinsky, 2001: Harvester Timberjack 1070 u Hrvatskoj. Šumarski list 125(11-12): 619–624.

Poršinsky, T., I. Stankić, 2005: Prilog poznavanju iznošenja drva šumskim žičarama (A contribution to understanding timber yarding by forest skylines). Nova mehanizacija šumarstva 26: 39–54.

Slabak, M., 1983: Tehnologija iveranja u svijetu i kod nas. Mehanizacija šumarstva 8(7-8): 193–204.

Slabak, M., 1987: Rezultati primjene iverača u nizinskoj proredi. Korišćenje šumske biomase za energetiku; Mogućnosti proizvodnje i korišćenja u SFR Jugoslaviji, D. Bura (ur.). Jugoslovenski poljoprivredno šumarski centar – Služba šumske proizvodnje, Beograd, 229–238.

Šušnjar, M., 1998: Istraživanje ovisnosti nekih tehničkih značajki iverača morfološkom raščlambom. Mehanizacija šumarstva 23(3-4): 139–150.

Vusić, D., Ž. Zečić, Z. Turk, 2012: Productivity of chainsaw felling and processing in selective forests of Croatia. Proceedings of the 45th International Symposium on Forestry Mechanization »Forest Engineering: Concern, Knowledge and Accountability in Today's Environment«, T. Pentek, T. Poršinsky, M. Šporčić, (ur.), Dubrovnik (Cavtat), Forestry Faculty of Zagreb University, 1–7.

Vusić, D., 2013: Pogodnost sustava pridobivanja drvne biomase u smrekovoj šumskoj kulturi. Disertacija. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–174.