

Sadašnje stanje i mogućnosti razvoja lanca dobave drvnoga iverja u Austriji

Karl Stampfer, Christian Kanzian

Nacrtak

Važnost će se šumskoga drvnoga iverja kao goriva za proizvodnju energije povećati u odnosu na sporedne proizvode piljenja. Dodatna proizvodnja nije pitanje mogućnosti (šumski ostaci, drvo iz proreda i panjača, šume kratkih ophodnji), već više pitanje ekonomske isplativosti. Raščlambe različitih sustava pridobivanja drvnoga iverja dovele su do utvrđivanja dva glavna izazova: oblikovanje povezivanja iveranja i prijevoza, te potrebe za smanjenjem troškova prijevoza.

Iveranje i prijevoz su ključni procesi za proizvodnju i mogu se obaviti u zatvorenim ili prekinutim proizvodnim lancima. Neposredno iveranje u vozila za prijevoz zahtijeva veći radni prostor, a rezultira prekidima u radu iverača (20 % ukupnoga radnoga vremena) i kamiona. U planinskim područjima može biti pogodno odvajanje iveranja i prijevoza, čime se smanjuje troškovi za 24 – 32 %.

Veći zahtjevi za gorivom povećat će proizvođačima energije područje dobave drvnoga iverja i povisiti prijevozni troškovi. Poboljšano korištenje obujma tovara može se ostvariti sušenjem materijala, zbijanjem šumskih ostataka i većom nosivošću kamiona. Sušenje drva na stovarištima blizu šume povećava proizvodnost prijevoza za 50 %. Izradba svežnjeva od šumskih ostataka isplativa je posebice pri velikim udaljenostima prijevoza.

Ključne riječi: dobava drvnoga iverja, iveranje, prijevoz drva za energiju, tehnologija izradbe svežnjeva

1. Uvod

Austrija trenutačno doživljava procvat u proizvodnji šumske biomase za energiju. Zakon o zelenoj energiji iz 2002, koji je izmijenjen 2006, doveo je do euforije u planiranju i izgradnji kapaciteta za energetske proizvodnje. Povlaštene su tarife osigurane zakonom i njihova je vrijednost povezana s vrstom obnovljivih izvora. Osim subvencija za proizvodnju energije od vjetra i sunca te izgradnje malih hidroelektrana, proizvodnja toplinske energije uporabom biogoriva također se subvencionira. Cilj je tih zakona osigurati 10 % proizvodnje električne energije od obnovljivih izvora do 2006. ne računajući proizvodnju iz hidrocentrala (Zakon o zelenoj energiji – izmijenjen 2006). Očekuje se povećanje potreba za drvom radi dobivanja energije iz kombiniranih toplana do 2007. Količine se kreću između 1,6 i 5,0 milijuna kubnih metara. Ukupno je uporabljeno ogrjevnoga drva 2000. godine 10 milijuna kubnih metara i pre-

ma nekim procjenama ta bi količina trebala biti dvostruka do 2010. (Katzensteiner i Nemestothy 2006).

Sporedni proizvodi piljenja i drveni ostaci primarni su izvori goriva za energiju. Međutim, važnost šumskoga drvnoga iverja kao izvora energije u budućnosti će porasti. Razlozi se nalaze u smanjenom obujmu dostupnih sporednih proizvoda piljenja i u privlačnim uvjetima subvencija za proizvodnju energije. Povećanje drvene biomase koje se kreće između 28 % i 56 % od ukupne potražnje drvnih sirovina očekuje se u područjima Donje Austrije i Beča. Postoje različite opcije odakle bi to povećanje trebalo doći. Mogući izvori drvnoga materijala uključuju proredne i degradirane sastojine, te drveni ostatak nakon sječe i izradbe stabala. Dodatni drveni materijal može se također pridobiti iz šuma kratkih ophodnji.

Dodatna proizvodnja nije pitanje mogućnosti, već ekonomske isplativosti. Teški terenski uvjeti – velik dio austrijskih šuma nalazi se na jako strmom terenu – mali sječivi obujam potaknut zahtjevima uzgajanja

šuma i vlasničke strukture šuma na osnovi malih gospodarstava uzrok su visokih troškova proizvodnje (Rohrmoser i Stampfer 2003, Stampfer i dr. 1997). Iskustva sa sustavima koji se koriste u Skandinaviji (Hakkila 2004) pod tim se uvjetima mogu ograničeno primijeniti. Ti su sustavi pridobivanja drvnoga iverja prikladni za skandinavske uvjete. Međutim, kakvi bi bili u planinskim područjima moguće je vidjeti tek na temelju istraživanja i usporedbi.

Svrha je ovoga rada analizirati pridobivanje drvnoga iverja u planinskim područjima i raspraviti najvažnije buduće razvojne izazove.

2. Sustavi pridobivanja iverja

Sustav pridobivanja drvnoga iverja je niz različitih koraka, uključujući izradbu, prijevoz drvene biomase iz šume u energanu i donošenje odluka o prevaranju drvene biomase u gorivo.

Pod šumskom biomasom razumijeva se šumski ostatak i drvo za energiju (slika 1). Šumski je ostatak (grane, krošnje i otpad pri sječi i izradbi stabala) nusproizvod konvencionalnoga iskorištavanja drva. Njegova je prednost u tome što se troškovi privlačenja drva pokrivaju proizvodima tehničke oblovene. U bjelogoričnim sastojinama šumska biomasa čini 6 do 26 % ukupnoga posječenoga drvnoga obujma (Kanzian i dr. 2006). U šumskim sastojinama u kojima prevladava drvo četinjača Kanzian je (2005) utvrdio opseg od 10 do 15 %. Finska je studija pokazala da je šumski ostatak u borovim i smrekovim sastojinama 20 do 30 % u proredama, ali samo 4 do 5 % u dovršnom sijeku (Hakkila 2004).

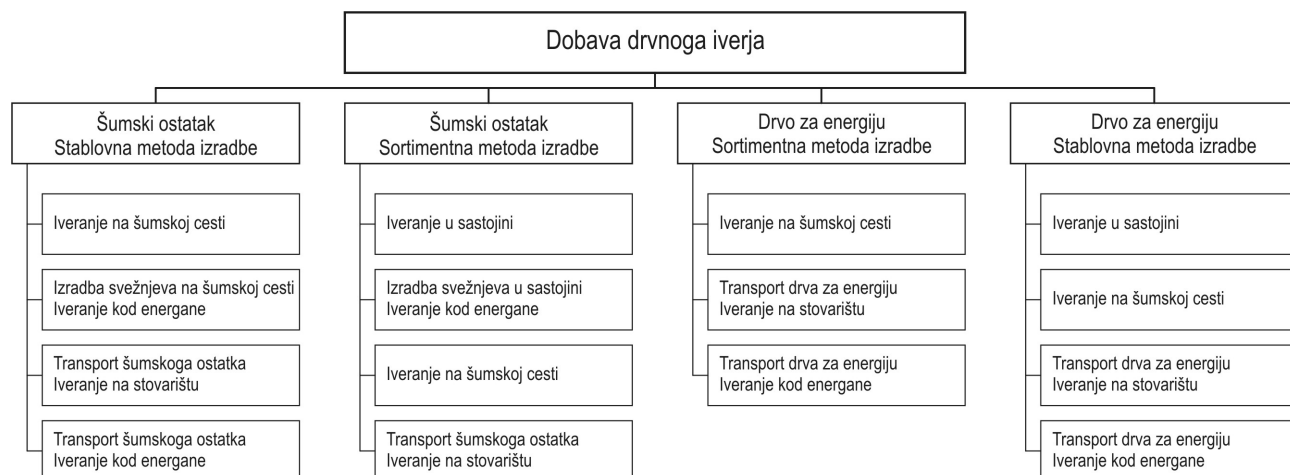
Uporaba šumskih ostataka ekološki je dvojben (Krapfenbauer 1983) jer može biti uzrokom slabe obnove šuma (Sterba 2003) zato što se vrijedne hra-

njive tvari uklanjaju iz šume. Na osnovi tih razmatranja opće je pravilo u Finskoj da 30 % šumskih ostataka treba ostati u sastojini (Hakkila 2004).

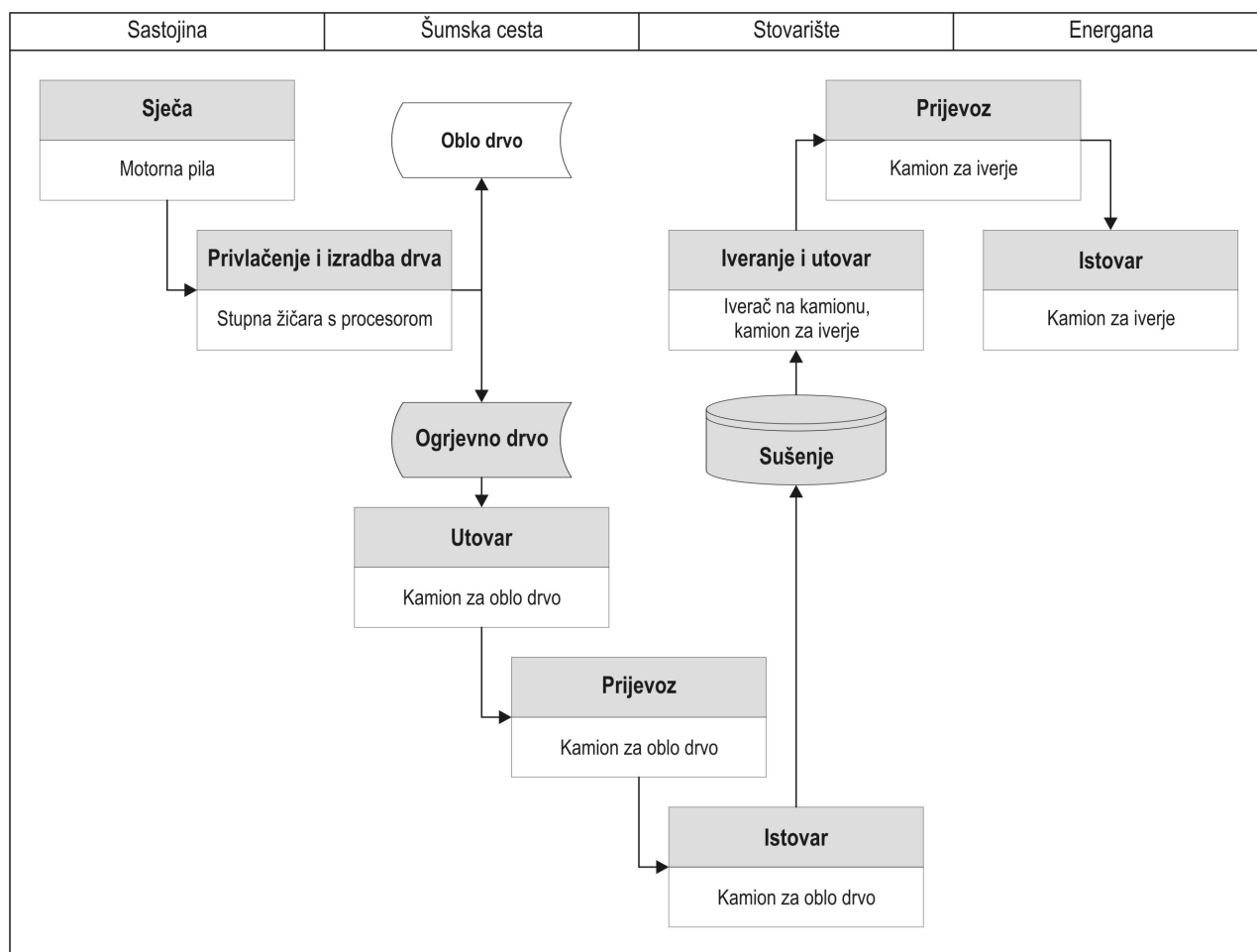
Primjena je drva za energiju moguća kad se posječeno drvo potpuno koristi radi stvaranja toplinske energije. U tu kategoriju pripadaju prve prorede u bjelogoričnim i crnogoričnim sastojinama, te uzgojni zahvati u sastojinama niskih uzgojnih oblika. Djelotvorno pridobivanje drvene biomase često je upitno zbog malih dimenzija drva, ali takva je vrsta sječe ponekad potrebna za poboljšanje šumske sastojine.

Sustavi pridobivanja iverja obično su organizirani oko iveranja. Položaj iverača unutar cijeloga sustava određuje vrsta drvene biomase koja će se prevoziti i mogućnosti rada ostalih strojeva u proizvodnom lancu neovisno o iveraču. Mjesto iveranja može biti u šumi, na šumskoj cesti ili na glavnom stovarištu u energani. Biomasa se može prevesti u obliku šumskoga ostatka, obloga drva, stisnutih svežnjeva i drvnoga iverja. Čimbenici isplativosti su postignuta gustoća tovara i prijevozna udaljenost.

Iveranje u šumskoj sastojini rijetko se koristi u planinskim uvjetima. Međutim, u Danskoj se taj sustav obično koristi kod proreda i sječe drveća maloga promjera (Talbot i Suadicani 2005). Sječa stabala i skupljanje drva obavlja se sječnim vozilom drva (feller-buncher) u izvoznim pravicima. Nakon sušenja oko 20 tjedana drvni se materijal iverâ iveračem koji se može kretati sastojinom i prevesti drveno iverje u ugrađenom kontejneru do šumske ceste ili se iverje izvozi strojevima koji nose posebne kontejnere. Zatim se iverje prevozi u kontejnerima kamiona do energane. Silversides i Sundberg (1989) smatraju da se najveća prednost može ostvariti istodobnim iveranjem više debala. U tom je slučaju iverač manje



Slika 1. Sustavi pridobivanja šumske biomase prema porijeklu, mjestu iveranja i vrsti prevezene biomase



Slika 2. Korištenje šumskih ostataka nakon iznošenja stabala žičarom, skupljanje šumskih ostataka kamionima, neposredno iveranje u kamione za iverje

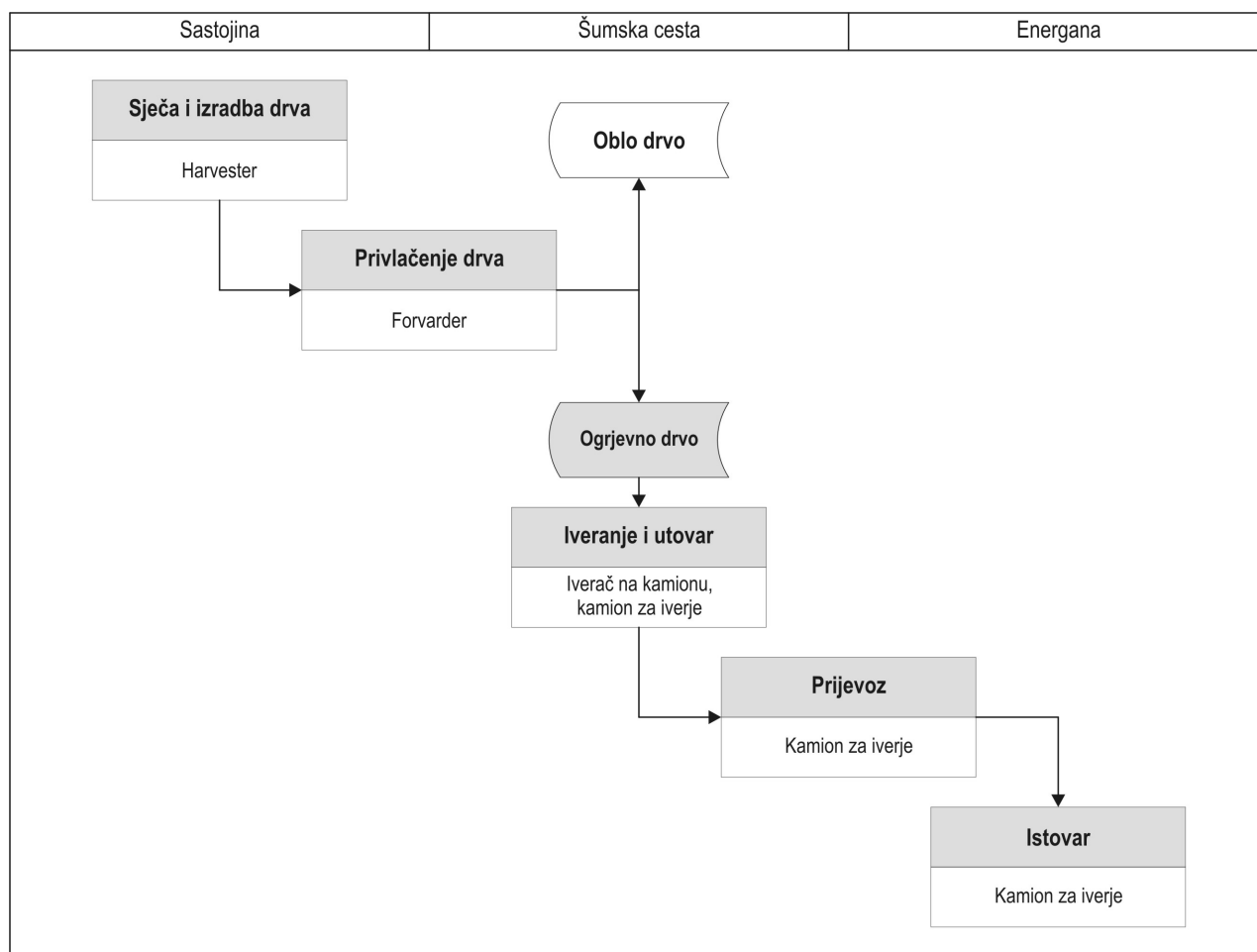
podložan negativnomu troškovnomu učinku »zakona obujma komada« (koji navodi da povećana veličina komada obično povećava proizvodnju).

Najčešća je opcija u pridobivanju drvene biomase iveranje na šumskoj cesti i prijevoz iverja. Oko 70 % godišnje proizvodnje drvene biomase u Finskoj se pridobiva na taj način (Ranta i Rinne 2006, Junginger i dr. 2005). U najvećoj kombiniranoj termoelektrani u srednjoj Europi u Simmeringu (Beč) 50 % ukupnoga drvnoga obujma dostavlja se kao oblo drvo, a 50 % kao iverje. Većinom se koristi izravno iveranje u kamione za prijevoz. Taj zatvoreni proizvodni lanac stvara ovisnost između pojedinih strojeva. Prekidi u radu mogu biti uzrokovani čekanjem iverača na dolazak kamiona te čekanje kamiona zbog rada iverača. Izazov s logističkoga gledišta jest organizirati cijeli proces tako da se smanje prekidi u radu.

Daljnji je problem u planinskim uvjetima ograničen prostor dostupan na šumskim cestama. Utovar kamiona izravno s iverača zahtijeva da se stroje-

vi nalaze jedan pored drugoga, pa je potreban dodatni prostor. Jedno je rješenje odvajanje radnoga procesa (prekinuti proizvodni lanac) u kojem strojevi postanu neovisni jedan o drugome. Međutim, u utovaru kamiona javljaju se dodatni troškovi. Drugo je rješenje prethodno uhrpavanje drvnoga materijala za iveranje na stovarištu.

Osiguranje centraliziranih stovarišta za iveranje blizu šume, što se može postići s minimalnim promjenama infrastrukture, ima smisla. To se posebno odnosi na planinska šumska austrijska područja s većim brojem malih šumovlasnika. Primarna je svrha centraliziranih stovarišta koncentracija količine drva, sušenje materijala i osiguranje stalnije dobave iverja u energane. Veće količine drva imaju pozitivan učinak i na proizvodnost i iskoristivost iverača. Sušenjem se poboljšava kakvoća drvnoga iverja i povećava iskoristivost kamiona u prijevozu. Centralizirana stovarišta blizu javne infrastrukture cesta također omogućuju uporabu nespecijaliziranih



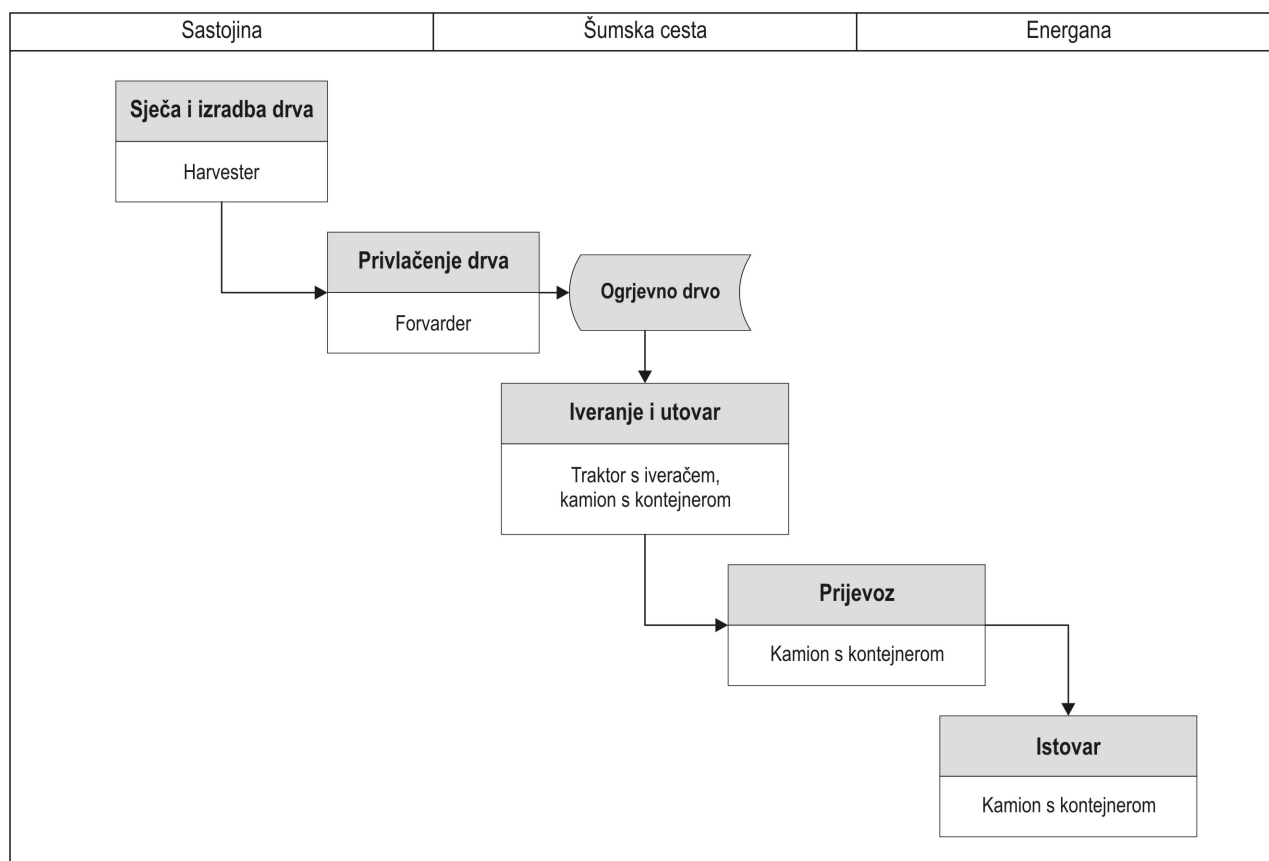
Slika 3. Korištenje šumskih ostataka nakon potpuno mehaniziranoga pridobivanja drva sortimentnom metodom, neposredno iveranje u kamione za iverje

prijevoznih sredstava (npr. poluprikolica s kontejnerima) za prijevoz drvene biomase. Učinkatnost nakupljanja drvene biomase na centraliziranim stovarištima posebno je važan zimi u planinskim područjima. Dodatni trošak pripreme centraliziranoga stovarišta za izradbu i skladištenje drvnoga iverja može se pokriti tim pozitivnim učincima.

U Skandinaviji se šumski ostaci izrađuju u svežnjeve s posebnim strojevima kako bi se povećala gustoća tovara za prijevoz i povećala proizvodnost iveranja. Strojevi za izradbu svežnjeva (bandleri) ugrađuju se na šasiju forvardera te rade u šumskoj sastojini (Johansson i dr. 2006, Kärhä i Vartiamäki 2006, Ranta i Rinne 2006, Cuchet i dr. 2004). U planinskim je uvjetima stroj za izradbu svežnjeva izrađen i ugrađen na šasiju kamiona kako bi radio na šumskoj cesti (Kanzian 2005). U Skandinaviji je priprema drvnoga iverja strojem za izradbu svežnjeva vrlo česta i održiva ekonomska alternativa (npr. 18 % šumske drvene biomase tako se proizvodi u Finskoj),

ali su austrijska istraživanja pokazala suprotno (Kanzian 2005). Niska razina proizvodnosti od samo 9–13 svežnjeva po PSH₁₅ međutim temelji se na istraživanju s neiskusnim operaterom i djelomice neorganiziranom pripremom šumskih ostataka (npr. nečistoća materijala, kakvoća složaja drvnih ostataka). U skandinavskim istraživanjima obično se postižu veći učinci koji se kreću između 13 i 26 svežnjeva po PSH₁₅ (Johansson i dr. 2006, Kärhä i Vartiamäki 2006). No, značajno je različit trošak strojnoga rada, koji često u Skandinaviji iznosi samo 40–50 % od vrijednosti u središnjoj Europi (Johansson i dr. 2006, Kärhä i Vartiamäki 2006, Ranta i Rinne 2006, Kanzian 2005, Cuchet i dr. 2004). Razlozi tomu nalaze se u duljem razdoblju korištenja stroja, kraćim udaljenostima premještanja i većim površinama sječina. Opći je problem u nedovoljnom korištenju stroja pri proizvodnji obloga drva i drva za energiju u Austriji.

Iveranje u energani čini procese iveranja i prijevoza neovisne jedan o drugome. Biomasa se prevozi



Slika 4. Uporaba drva za energiju pri sortimentnoj metodi izradbe u sustavu harvester – forwarder, neposredno iveranje u kamione s kontejnerom

u obliku šumskih ostataka nakon stablovne ili sortimentne metode izradbe. Male su gustoće tovara drvnih ostataka značajan nedostatak sustava. Korištenje stacioniranih iverača uvelike omogućuje da se sve vrste drvene biomase iveraju s visokom proizvodnošću. Ta se prednost povećava s brojem iskorištene oblovine, ali je također povezana s visokim prvotnim kapitalnim troškovima (Hakkila 2004).

3. Osnovni sustavi pridobivanja iverja

3.1 Pridobivanje šumskih ostataka pri stablovnoj metodi izradbe

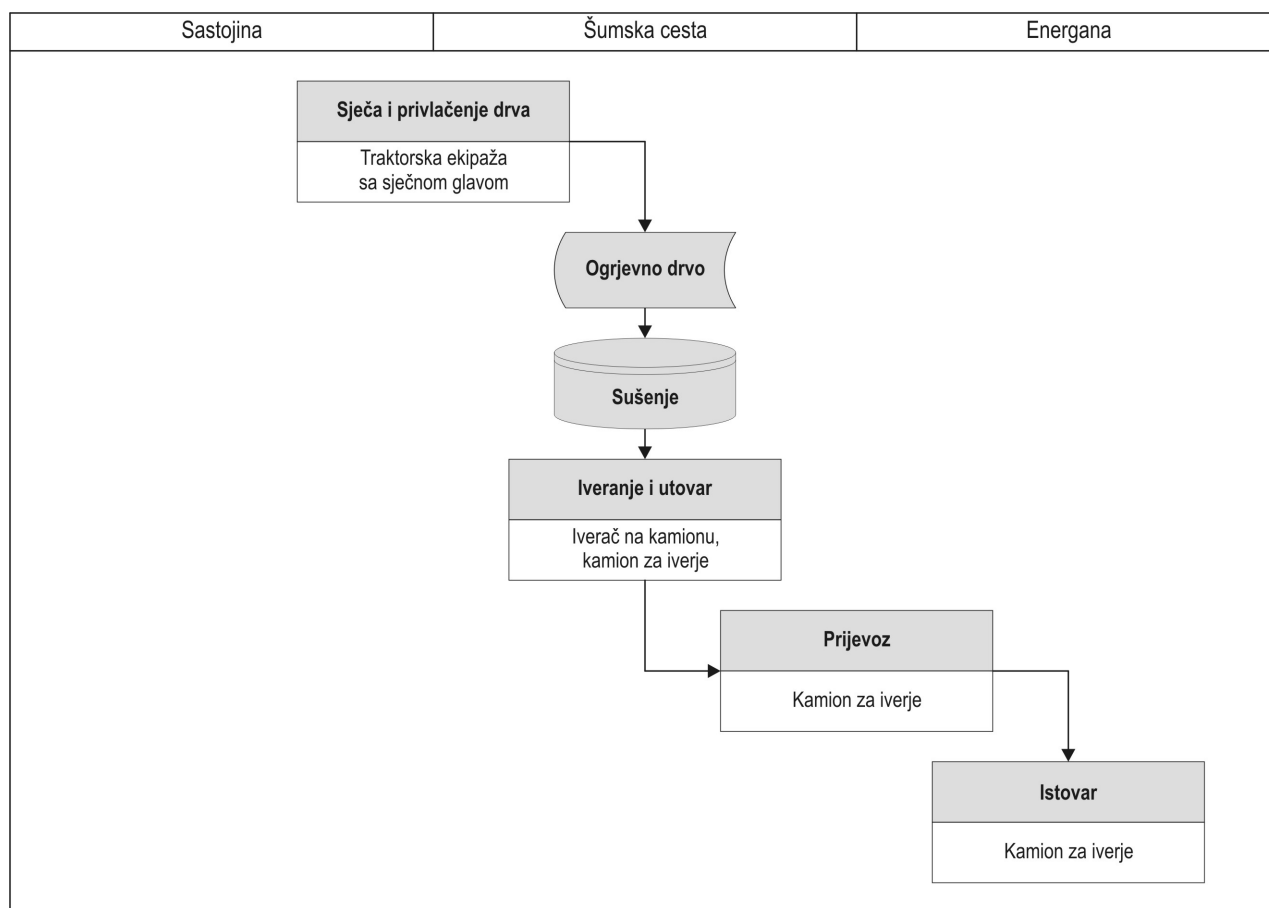
Pri stablovnoj metodi izradba se obavlja na šumskoj cesti nakon iznošenja stabala stupnom žičarom ili privlačenja skiderom. Preostali se drveni ostaci prevoze kamionom za oblo drvo koji je opremljen s bočnim stranicama (ploče od čelika ili drvene mreže). Drvni se ostaci zatim odvoze na odgovarajuće mjesto na kojem se mogu skupiti u velikim složajevima. Pri iveranju se drveno iverje izravno ubacuje u kamion za iverje i prevozi u energanu (slika 2). Pokazalo se da je uskladištenje šumskih ostataka i sušenje

na zraku tijekom ljetnih mjeseci dobro. Kanzian i dr. (2006) utvrdili su da se uskladištenjem tijekom ljeta sadržaj vlage smanjio s 40 – 50 % na 15 – 29 %, a pozitivan je učinak primijećen na povećanom kapacitetu utovara.

Prednost je ovoga sustava u tome da su troškovi sječe i privlačenja povezani s konvencionalnim iskorištavanjem i prema tomu su relativno jeftini za pridobivanje šumske biomase. Isto tako kad razmatramo zaštitu šume, razumno je ukloniti materijal kod kojega postoji opasnost od napada štetnih kukaca – potkornjaka. Nedostaci su uklanjanje hranjivih tvari, pa se prema tomu sustav ne može koristiti u svim područjima (npr. šumske sastojine s tlima kojima nedostaju hranjive tvari).

3.2 Pridobivanje šumskih ostataka pri sortimentnoj metodi izradbe

Preostali drvni ostaci koji su nastali nakon sječe i izradbe stabala harvesterom izvoze se forwarderom do šumske ceste. Veliki iverač ugrađen na kamion ubacuje drveno iverje izravno u kamion za iverje koji prevozi iverje do energane (slika 3).



Slika 5. Uporaba drva za energiju pri stablovnoj metodi izradbe pri radu traktorske ekipaže sa sječnom glavom, neposredno iveranje u kamione za iverje

Budući da je drveni materijal još uvijek u sastojini, stvaraju se dodatni troškovi privlačenja do šumske ceste. Argumenti i protuargumenti u svezi sa zaštitom šume i uklanjanje hranjivih tvari isti su kao i kod pridobivanja drvnih ostataka stablovnom metodom. Sustav je ograničen na mogućnost prohodnosti terena.

3.3 Pridobivanje drva za energiju pri sortimentnoj metodi izradbe

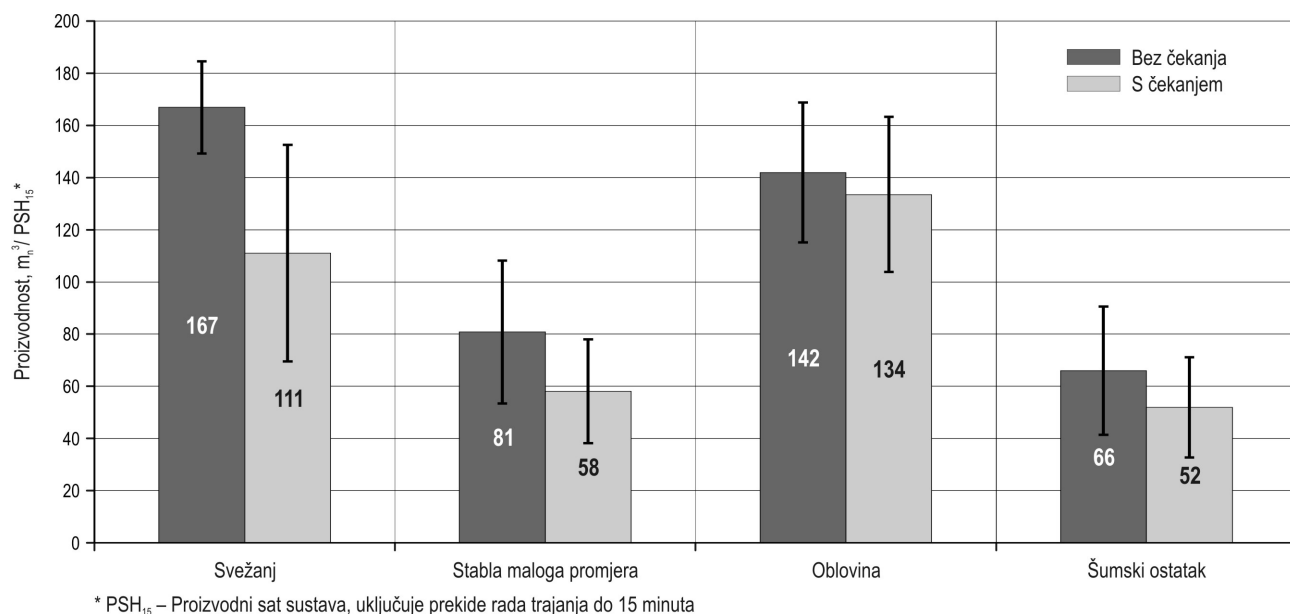
Sav posjećeni drveni materijal iz proreda se pretvara u iverje. Sječa i izradba obavljaju se harvesterom (slika 4). Debla i drveni ostaci izvoze se forvarderom do stovarišta na šumskoj cesti. Nakon razdoblja uskladištenja od mjesec dana drveni se materijal ivera uporabom iverača pogonjenoga traktorom. Kamioni s navlačno-izvlačnim kontejnerima utovaruju se izravno i drveno se iverje prevozi do energane.

Proizvodnja drva za energiju sječom stabala maloga promjera u proredama samo je djelomično ekonomski isplativa te se u Skandinaviji subvencionira kao uzgojni postupak (Hakkila 2004).

3.4 Pridobivanje drva za energiju pri stablovnoj metodi izradbe

Sav drveni materijal pridobiven pri prvoj proredi, uglavnom drvo maloga promjera, rabi se za proizvodnju drvene biomase. Sječnom glavom postavljenom na traktorsku ekipažu sijeku se stabla i polažu na šumsko tlo u složajevе (kada je potrebno, stabla se dodatno prerezuju u sredini) i zatim se utovaruju stabla izravno u prikolicu. Drvni se materijal prevozi do stovarišta uz šumsku cestu i uskladišćuje na 3–4 mjeseca kako bi se omogućilo sušenje. Veliki mobilni iverač ubacuje drveno iverje izravno u kamion za iverje te prevozi do energane (slika 5). U Finskoj prevladava mišljenje da su višenamjenske sječne glave jedino djelotvorno rješenje za pridobivanje drvnoga iverja iz stabala maloga promjera (Kärhä i dr. 2005, Hakkila 2006). Međutim, u srednjoj Europi ima malo iskustva s tim strojevima.

Iskorištavanje je stabala maloga promjera također moguće na mjestu rada žičara. Stabla se sijeku motornom pilom, a iznose stupnim žičarama. U većini slučajeva ovaj sustav nije ekonomski održiv.



Slika 6. Proizvodnost iverača u ovisnosti o različitim izvorima drvnoga materijala, s prekidom rada i bez prekida

4. Budući izazovi

4.1 Prekidi rada iverača

Iskustvene su studije provedene za utvrđivanje proizvodnosti iverača u odnosu na različite vrste drvnoga materijala i za utvrđivanje prekida rada pri izravnom iveranju u sredstva za prijevoz iverja. Zabilježeno je 118 sati (PSH₁₅) iveranja kada je proizvedeno ukupno 9246 m³ iverja. Proizvodnost se kretala između 52 i 111 m³/PSH₁₅ (slika 6). Najveća je proizvodnost ostvarena iveranjem svežnjeva i oblovine. Slika 6 prikazuje povećanje proizvodnosti sa smanjenjem prekida rada. Iverač je proveo 20 % ukupnoga radnoga vremena čekajući kamion. 90 % vremena čekanja kretalo se od 9 do 16 minuta, s prosjekom od 12,6 po utovarenom kamionu.

4.2 Zatvoreni i prekinuti proizvodni lanac

Jedno rješenje za smanjenje prekida rada je odvajanje iveranja i prijevoza (prekinuti proizvodni lanac). Na taj način faze procesa postaju neovisne jedna o drugoj i prema tomu manja je potreba za prostorom, ali se javljaju dodatni troškovi zbog utovara.

Tablica 1 pokazuje usporedbu tehničkih podataka za dva kamiona za iverje. Veća masa kamiona za iverje s dizalicom u usporedbi s konvencionalnim kamionom nije samo zbog dizalice s utovarnom korpom, već i zbog sustava pogona svih kotača kamiona.

Za usporedbu kalkulacija troškova uzet je stvarni trošak strojnoga rada po satu (bez poreza). Troškovi su za skupljanje šumskih ostataka 2,5 €/m³. Tro-



škovi su rada iverača 240 €/h. Kamion za iverje bez dizalice (60 €/h) nešto je jeftiniji nego s dizalicom (65 €/h).

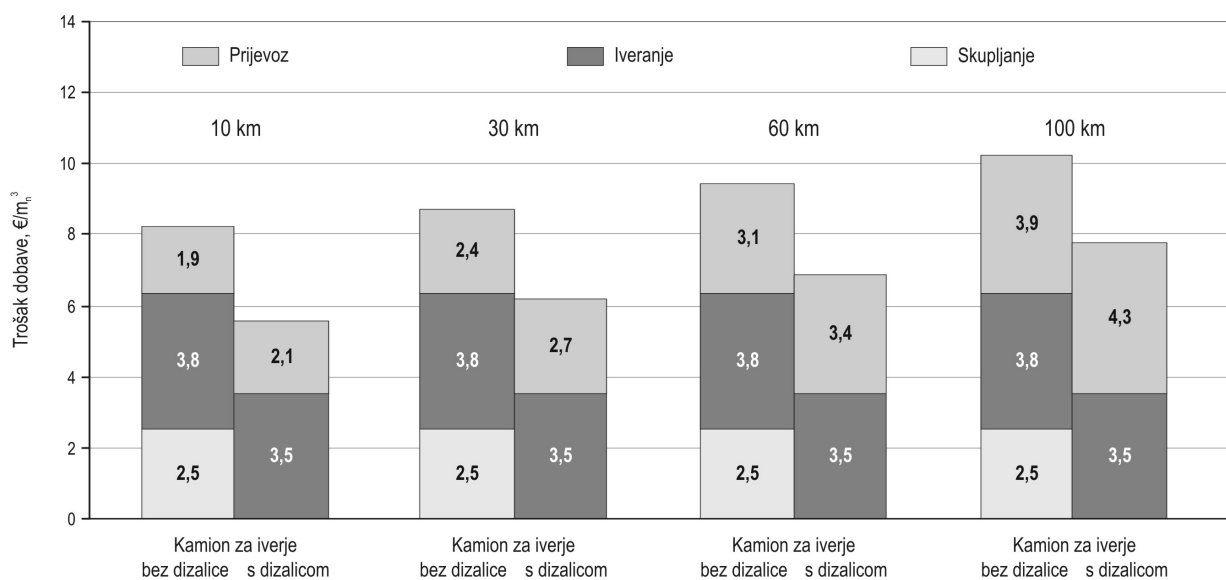
Proizvodnja je drvnih ostataka četinjača oblikovana uz opciju uporabe dvaju kamiona za transportne udaljenosti od 10, 30, 60 i 100 km. Vrijeme je vožnje procijenjeno primjenom modela koji je napravio Friedl i dr. (2004). Vrijeme utovara za kamion za iverje bez dizalice jednako je proizvodnosti iverača (60 m³/PSH₁₅). U procjenu su uključeni prekidi rada od 9 %. Broj kamiona koji će se koristiti izračunat je na temelju vremena turnusa. Vrijeme istovara od 20 minuta bilo je podjednako pri svim varijacijama. Troškovi premještanja iverača i kamiona nisu uzeti u razmatranje u ovom izračunu.

Slika 7 pokazuje da su izračunati troškovi dobave drvnoga iverja četinjača korištenjem kamiona za iverje s dizalicom niži od opcije izravnoga utovara (24 – 32 %). Glavni su razlozi za razliku u troškovima skupljanja drvnih ostataka i iveranja.

Iveranje s izravnim utovarom kamiona za iverje zahtijeva da strojevi budu blizu jedan drugomu, pa prema tomu, skupljanje materijala treba biti na odgovarajućim stovarištima. Dodatni se troškovi skupljanja mogu samo djelomično nadoknaditi višom proizvodnosti iverača. U isto vrijeme kod sustava izravnoga utovara javljaju se prekidi u radu, i to ponovno povećava troškove. Za kamione sa samo-utovarom niži kapacitet korisne nosivosti dovodi do niže usporedne proizvodnosti, koja zauzvrat povećava jedinične troškove.

Tablica 1. Usporedba kamiona za iverje (Kanzian i dr. 2006)

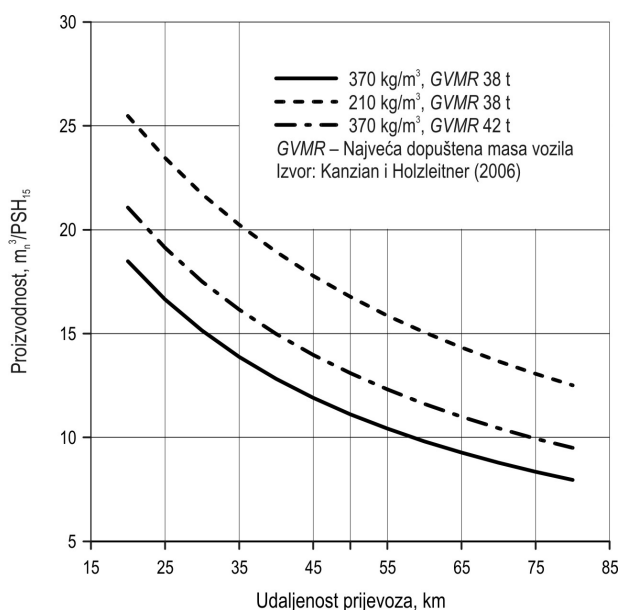
Opis	Kamion za iverje	Kamion za iverje s korpom za utovar
Tehnički podaci		
Masa vozila, kg	18 500	20 800
Nosivost, kg	19 500	17 200
Kapacitet, m ³	87	81
Formula pogona	6 x 2	6 x 6

**Slika 7.** Troškovi za različite sustave pridobivanja šumskih ostataka drva četinjača

4.3 Potpuna iskoristivost transportnoga kapaciteta kamiona

Pitanje djelotvorne proizvodnje drvnoga iverja usko je povezano sa smanjenjem prijevoznih tro-

škova. U prošlosti se problem rješavao tako da se prevozilo na kratkim udaljenostima. S nedavnim procvatom uporabe obnovljivih izvora energije i izgradnjom većih bioenergetskih postrojenja povećala se potreba za ukupnim drvnim gorivom unutar regije,



Slika 8. Proizvodnost kamiona za iverje u ovisnosti o nasipnoj gustoći prevezenoga drvnoga materijala i najvećoj dopuštenoj masi kamiona

te je potrebno područje za dobavu drvnoga iverja postalo veće. S tim su se povećale prijevozne udaljenosti i troškovi (Asikainen i dr. 2001, Kanzian i Holzleitner 2006). Najbolja iskorištenost kapaciteta kamiona postat će ključni čimbenik tržišne konkurencije. Kapacitet se može poboljšati većom korisnom nosivošću ili povećanom gustoćom tovara na kamionu.

Slika 8 pokazuje proizvodnost kamiona za iverje ovisno o prijevoznj udaljenosti i nasipnoj gustoći. Udaljenost vožnje od 50 km i prosječna udaljenost od 370 kg/m³ dovodi do proizvodnosti od 11,1 m³/h. Povećanjem dopuštene zakonske ukupne mase kamiona s 38 do 42 tone za prijevoz drvene biomase može se ostvariti povećanje proizvodnosti od 2,0 m³/h, odnosno za 18 %. Sušenje drvene biomase prije prijevoza smanjuje nasipnu gustoću, i to ima još i veći učinak na povećanje moguće proizvodnosti nego samo povećanje dopuštenih ograničenja u težini kamiona. Povećanje je proizvodnosti 50 % pri gustoći od 210 kg/m³, ili 16,8 m³/h pri prosječnoj prijevoznj udaljenosti od 50 km (Kanzian i Holzleitner 2006).

5. Zaključci

Cilj je ovoga rada analiza sadašnjega stanja pridobivanja drvnoga iverja u Austriji. Na temelju sve većih zahtjeva energetske industrije za gorivom važnost iverja iz šume povećat će se u odnosu prema sporednim proizvodima piljenja. Šumski ostaci i drvo iz prorednih sječina i šuma niskoga uzgojnoga

oblika jasno su rješenje za nove izvore sirovina. Glavni je cilj pridobivanje drvnoga iverja na troškovno najisplativiji način.

Mjesto iverača unutar proizvodnoga lanca ovisno je o vrsti drvene biomase koji će se prevoziti. Iveranje na šumskoj cesti i daljinski prijevoz iverja najučestaliji je sustav pridobivanja. Neposredno iveranje materijala u kamione koji čekaju prekida rad u iznosu od 20 %. Najveća je proizvodnost iverača zabilježena pri iveranju obloga drva (134 m³/PSH₁₅) i svežnjeva (111 m³/PSH₁₅). Neposredno iveranje zahtijeva blisko postavljanje iverača i kamiona, što nije uvijek moguće u planinskim područjima. Zbog navedenih se razloga preporučuje skupljanje i iveranje drvnoga materijala na glavnom stovarištu, ali se time stvaraju i dodatni troškovi.

Ako se iveranje i prijevoz iverja odvijaju neovisno, dodatni se troškovi pojavljuju pri utovaru drvnoga iverja, ali se smanjuju prekidi rada uz mogućnost rada na uskim šumskim cestama i/ili unutar vrlo ograničenoga prostora. Rezultat je simulacije modela pokazao da prijevoz drvnoga iverja u planinskim područjima odvojen od iveranja može smanjiti troškove od 24 do 32 %.

U Austriji se neprestano povećava broj bioenergetskih postrojenja, što povećava područje dobave iverja te time dovodi do povećanja udaljenosti prijevoza i troškova. Stoga je potrebno koristiti potpuni kapacitet kamiona. Sušenje šumske biomase može povećati proizvodnost kamiona za 50 %. U tom se smislu organizacija glavnoga stovarišta čini opravdanom. Također, glavno stovarište osigurava povećanje proizvedene količine drvnoga iverja i neprekidnu dobavu iverja, čak i tijekom zimskih mjeseci.

Izrada svežnjeva od drvnih ostataka jedna je od mogućnosti povećanja nasipne gustoće tovara. U Skandinaviji je sustav pridobivanja izradbom svežnjeva najprihvatljiviji pri duljim udaljenostima prijevoza, ali nije troškovno isplativ u planinskim uvjetima. Razina proizvodnosti i izračunati strojni rad bitno se razlikuju između Skandinavije i Austrije. Manji trošak strojnoga rada povećava godišnju iskoristivost stroja te oba čimbenika čine značajan organizacijski problem pridobivanja drvnoga iverja u zemljama srednje Europe.

5. Literatura

Asikainen, A., T. Ranta, J. Laitila, 2001: Large-scale forest fuel procurement. U: P. Pelkonen, P. Hakkila, T. Karjalainen, B. Schlamadinger, Woody Biomass as an Energy Source – Challenges in Europe, European Forest Institute (EFI), str. 73–78.

- Cuchet, E., P. Roux, R. Spinelli, 2004: Performance of a logging residue bundler in the temperate forests of France. *Biomass and Bioenergy*, 27(1): 31–39.
- Friedl, K., C. Kanzian, K. Stampfer, 2004: Netzwerk Holz. Forschungsbericht, Institut für Forsttechnik, Universität für Bodenkultur Wien, str. 1–109.
- Hakkila, P., 2004: Developing technology for large-scale production of forest chips – Wood Energy Technology Programme 1999–2003. Research report, VTT Processes, str. 1–99.
- Hakkila, P., 2006: Factors driving the development of forest energy in Finland. *Biomass and Bioenergy*, 30(4): 281–288.
- Johansson, J., J. Liss, T. Gullberg, R. Bjorheden, 2006: Transport and handling of forest energy bundles – advantages and problems. *Biomass-and-Bioenergy*, 30(4): 334–341.
- Junginger, M., A. Faaij, R. Bjorheden, W. C. Turkenburg, 2005: Technological learning and cost reductions in wood fuel supply chains in Sweden. *Biomass-and-Bioenergy*, 29(6): 399–418.
- Kanzian, C., 2005: Bereitstellung von Waldhackgut – Verfahren Energieholzbuindel im Gebirge, str. 1–32. http://www.fpp.at/pics/download/energieholzbuendel_2005_endbericht.pdf
- Kanzian, C., B. Fenz, F. Holzleitner, K. Stampfer, 2006: Waldhackgut aus Schlagrücklass – Fallbeispiele im Laub- und Nadelholz, str. 1–29.
- Kanzian, C., F. Holzleitner, 2006: Wertschöpfungsketten für Waldhackgut – Einsatz eines selbstladenden Lkw für den Transport. Vortrag im Rahmen: »FORMEC 2006 – 39th International Symposium on Forestry Mechanization« am 25. 09. 2006 in Sofia, Bugarska.
- Kärhä, K., T. Vartiamäki, 2006: Productivity and costs of slash bundling in Nordic conditions. *Biomass and Bioenergy*, 30(12): 1043–1052.
- Kärhä, K., A. Jouhio, A. Mutikainen, S. Mattila, 2005: Mechanized Energy Wood Harvesting from Early Thinnings. *Journal of Forest Engineering*, 16(1): 15–26.
- Katzensteiner, K., K. P. Nemestothy, 2006: Energetische Nutzung von Biomasse aus dem Wald und Bodenschutz – ein Widerspruch? *Mitteilungen der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft*, 74: 1–10.
- Krapfenbauer, A., 1983: Von der Streunutzung zur Ganzbaumnutzung. *Centralblatt für das Gesamte Forstwesen*, 100(2–3): 143–174.
- Ranta, T., S. Rinne, 2006: The profitability of transporting uncomminuted raw materials in Finland. *Biomass and Bioenergy*, 30(3): 231–237.
- Rohrmoser, C., K. Stampfer, 2003: Optimierung der Bereitstellungskette von Waldhackgut. Forschungsbericht, Österreichische Bundesforste AG – Consulting, Institut für Forsttechnik, str. 1–96.
- Silversides, C. R., U. Sundberg, 1989: Operational efficiency in forestry. Vol. 2: practice, str. 1–169.
- Stampfer, E., K. Stampfer, A. Trzesniowski, 1997: Rationalisierung der Bereitstellung von Waldhackgut Österr. Elektrizitätswirtschafts-Aktienges. (Verbundges.), str. 1–70.
- Sterba, H., 2003: Growth after biomass removal during precommercial thinning. U: Limbeck-Lilineau, B., Steinmüller, Th., Stampfer, K. (Hrsg.), »Austro2003: High Tech Forest Operations for Mountainous Terrain«, Institute of Forest Engineering, str. 1–9.
- Talbot, B., K. Suadcani, 2005: Analysis of two simulated in-field chipping and extraction systems in spruce thinnings. *Biosystems Engineering*, 91(3): 283–292.

Adresa autorâ:

Karl Stampfer
e-mail: karl.stampfer@boku.ac.at
Christian Kanzian
e-mail: christian.kanzian@boku.ac.at
Institute of Forest Engineering
Department of Forest and Soil Sciences
University of Natural Resources and Applied
Life Sciences Vienna
Peter Jordan Strasse 82
1190 Vienna
AUSTRIA