

RAVNANJE Z ODSLUŽENIMI LESNIMI PLOŠČNIMI KOMPOZITI

Treatment of recovered wood-based panels

Izvleček: Zaradi vse večje svetovne proizvodnje lesnih ploščnih kompozitov (iverne, vlaknene in vezane plošče) prihaja do težav, povezanih z vhodno surovino in vprašanja ravnanja z odsluženimi lesnimi ploščnimi kompoziti po koncu življenjske dobe. Največje omejitve pri vhodni surovini predstavlja vsebnost anorganskih onesnažil, ravnanje z odsluženimi lesnimi kompoziti pa otežuje prisotnost sintetičnih lepil. Zaradi le-teh ter sproščanja metana med anaerobnim razkrojem na deponijah se države izogibajo odlaganju na odlagališčih in se poslužujejo drugih metod. Med najobetavnejšimi rešitvami so: recikliranje lesnih ploščnih kompozitov s pomočjo hidrotermične obdelave, ponovna izdelava plošč iz reciklirane surovine, sežiganje in piroliza, kompostiranje, ponovna uporaba ter še nekaj redkeje uporabljenih metod za predelavo lesnih kompozitov v reciklirane produkte.

Ključne besede: kompostiranje, lesni ploščni kompoziti, piroliza, reciklaža, sežig

Abstract: Due to the increasing global production of wood based panels (particleboards, fiberboards, and plywood) problems with raw material and difficult treatment of recovered wood based panels after life cycle occur. Inorganic pollutants represent the main problem of raw material while treatment of recovered wood-based composites is aggravated due to the presence of synthetic adhesives. Latter and the release of methane during anaerobic decomposition are reasons for using alternative methods instead of sending these composites to landfills. The most promising methods of recovered wood-based panels treatment are: hydrothermal recycling, re-manufacturing of panels, combustion and pyrolysis, composting, re-use and some other less used methods for processing of new recycled products.

Keywords: composting, wood-based panels, pyrolysis, recycle, combustion

1. UVOD

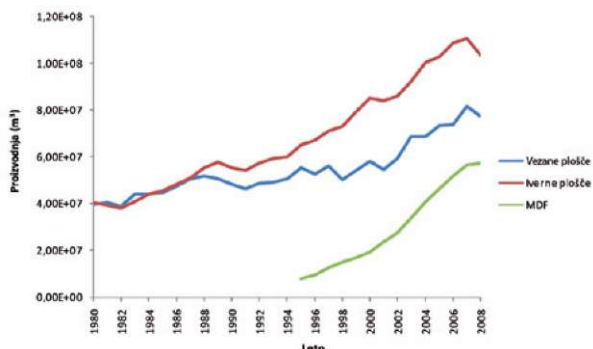
Les se je zaradi svojih dobrih mehanskih lastnosti, dostopnosti, topline in prijetnega izgleda skozi zgodovino uporabljal v gradbene namene, za izdelavo pohištva, za proizvodnjo lesnih kompozitov, itd. Prva bivališča, ki jih je gradil človek za zavarovanje pred neugodnimi vremenskimi razmerami in pred sovražnikom, so bila lesena (Pohleven, 2008). Z razvojem novih tehnologij ter izdelavo lepil so se začeli pojavljati materiali, ki so bili izdelani iz manjših delcev lesa ter primerno zlepljeni v končni produkt manjših debelin ter večjih širin in dolžin. Omenjene produkte poimenujemo z izrazom lesni ploščni kompoziti (LPK). Kljub obilici lesnih ploščnih kompozitov in njihovi množični uporabi lahko le-te v grobem razdelimo v tri skupine:

lameliran les, iverni in vlakneni kompoziti ter kompoziti, sestavljeni iz lesa in drugih materialov (Youngquist, 1999). V tem članku se bomo osredotočili na prvi dve skupini kompozitov, ki so izdelani iz lesa v obliki furnirja, iveri in vlaken.

Trend naraščanja svetovne proizvodnje LPK lahko spremljamo že vsaj 30 let. Svetovna proizvodnja ivernih plošč (IP) se je od leta 1980 do 2008 povečala za več kot 2,5-krat, proizvodnja vezanega lesa za skoraj 2-krat, svetovna proizvodnja vlaknenih plošč srednje gostote (MDF) pa se je od leta 1995 do 2008 povečala za več kot 7-krat (slika 1) (FAOSTAT, 2010).

Ti podatki in predvideno nadaljnje naraščanje proizvodnje omenjenih kompozitov postavljajo dve bistveni vprašanji: Kje in kako pridobivati vhodno surovino ter kam z odsluženimi produkti, izdelanimi iz LPK? Posledica nastale problematike je uporaba odsluženega lesa in njegova

* univ. dipl. inž. les., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, Jamnikarjeva 101, SI-1000 Ljubljana, e-pošta: ales.ugovsek@bf.uni-lj.si



Slika 1: Svetovna proizvodnja ivernih plošč, MDF plošč in vezanih plošč od 1980 do 2008 (prirejeno po: FAOSTAT, 2010)

predelava pretežno v IP, ki zato mnogokrat vsebuje previsoke količine težkih kovin ter ostalih anorganskih onesnažil (Irle in sod., 2004; Gann in sod., 2005; Solo-Gabriele in sod., 2005; Humar, 2008; Humar, 2009; Humar, 2010). Poleg omenjenih težkih kovin in ostalih anorganskih onesnažil so sestavni del LPK vezivna sredstva, ki med sabo povezujejo lesne gradnike (iveri, vlakna, furnir). Med najpogosteje uporabljenimi so urea-formaldehidno (UF), melamin-formaldehidno (MF), melamin-urea-formaldehidno (MUF), fenol-formaldehidno (FF) in metilendifenil diizocianatno (MDI) lepilo (Medved, 2008). Naštetá sintetična lepila so glavni problem pri ravnanju z odsluženimi LPK. Z namenom ločevanja ter enostavnejšega in racionalnejšega ravnanja z različnimi končnimi proizvodi iz lesa in lesnih kompozitov evropske države sprejemajo določene interne ali globalne standarde ter določila, na podlagi katerih so ti proizvodi razvrščeni v določene razrede (Hurley, 2004; Rajtajczak, 2004; Despot in Hasan, 2005; Jungmeier in sod., 2005). Ker je odlaganje LPK nezaželeno ali celo prepovedano, se za odslužene LPK produkte uporabljajo različne metode. Med njimi sta še vedno zelo uporabljena sežiganje in piroliza, vedno pogosteje pa se z recikliranjem (hidrotermična in mehanska obdelava odsluženih LPK) pridobiva surovino za ponovno izdelavo lesnih kompozitov. Poleg naštetega je sorazmerno pogosto kompostiranje LPK ter nekoliko redkeje ponovna uporaba ter predelava v določene alternativne produkte kot so ekstrudirani izdelki in produkti s kombinacijo cementa ter lesnih vlaken.

2. RECIKLAŽA

Recikliranje pomeni vsak postopek predelave, pri katerem se odpadne snovi ponovno predelajo v proizvode, materiale ali snovi za prvotni namen ali druge namene (Direktiva 2008/98/ES). Za recikliranje LPK je bilo razvitih mnogo metod, ki temeljijo na mehanski ali hidrotermični obdelavi odsluženih LPK ali na kombinaciji obeh z namenom ponovne uporabe lesnih delcev, pretežno za izde-

lavo ivernih ali vlaknenih plošč (Mantanis in sod., 2004). Cilj hidrotermične obdelave je hidroliza lepila in cepitev povezav med lesnimi delci ter lepilom. Literatura omenja ponovno uporabo ostankov plošč, ki jih po parjenju ponovno uporabimo za izdelavo ivernih plošč ali ostalih lesnih kompozitov (Sandberg, 1965; Pfeleiderer Unternehmensverwaltung, 1994). Roffael (1996) je razvil metodo ponovne uporabe iveri in vlaken, ki jih je zlepil z lepilno mešanico na osnovi tanina. Formaldehid, potreben za zamreženje tanina, nastaja pri hidrolitičnem razpadu lepila med vročim stiskanjem iveri odsluženih plošč. Sandison (2002) je patentiral metodo, s katero je ponovno uporabil lesne delce iz ivernih in MDF plošč, tako da je pred termično obdelavo uporabil nizek tlak, s čimer je pospešil razpad materiala (plošče) in izboljšal odvajanje hlapov tako, da je mogoče odstraniti škodljive hlapne snovi. Franke in Roffael (1998a,b) sta poročala o metodi, ki temelji na parni hidrolizi ivernih in vlaknenih plošč ter na razpadu UF lepila, pri tem pa sta ugotovila, da ima UF lepilo visoko odpornost proti hidrolizi. Mantanis in sodelavci (2004) so uspeli nadomestiti do 25 % svežih vlaken z recikliranimi vlakni odslužene MDF plošče. Vlakna so bila pridobljena z mehanskim mletjem MDF plošče. Izdelana reciklirana plošča se po upogibni in razslojni trdnosti, razredu prostega formaldehida ter nabreku ni bistveno razlikovala od originalne MDF plošče. Lykidis in Grigoriou (2008) sta s štirimi hidrotermičnimi postopki pridobila iveri iz laboratorijsko izdelane IP in nato primerjala lastnosti reciklirane IP po prvem in drugem recikliranju v primerjavi z lastnostmi prvotno izdelane IP. Rezultati so izkazali slabšo upogibno in razslojno trdnost ter večji nabrek IP iz recikliranih iveri, a primerljiv modul elastičnosti, upogibno trdnost in vsebnost formaldehida v primerjavi z originalno IP. Zaradi hidrotermične obdelave je bila spremenjena barva iveri (slika 2). IP, izdelana po drugem recikliranju, je imela slabše lastnosti kot IP po prvem recikliranju. Najprimernejši pogoji hidrotermične obdelave so bili 6 bar; 156 °C; 45 min.

Zaradi zapletenih metod in procesov pridobivanja recikliranega materiala iz LPK so Czarnecki in sodelavci (2005) uporabili material, ki so ga pridobili zgolj z mehansko obdelavo IP, zlepjenih z UF oziroma FF lepilom ter z mehansko obdelavo MDF plošč. Pridobljen material so uporabili



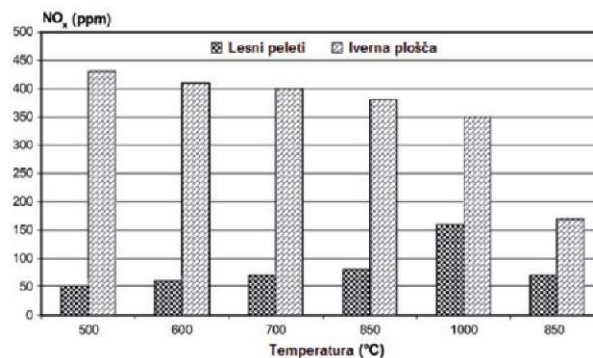
Slika 2: Barvna razlika med originalno (levo) in reciklirano (desno) iverno ploščo (Lykidis in Grigoriou, 2008)

kot komponento za izdelavo notranjega sloja troslojne IP, zlepljene z UF ali FF lepilom. Ugotovili so, da je mogoče 50 % materiala v notranjem sloju IP zamenjati z recikliranim materialom iz IP, zlepljene z UF lepilom in celo do 60 % z recikliranim materialom iz IP, zlepljene s FF lepilom. Kot najboljši recikliran material se je izkazal material, pridobljen iz MDF plošče, saj sta se pri 60 % zamenjavi materiala v srednjem sloju IP celo izboljšala debelinski nabrek in razslojna trdnost. Delci, pridobljeni zgolj z mehansko obdelavo, imajo pomanjkljivost, da niso togi in vitki, obenem pa so na njih še vedno ostanki lepila. Dodatna pomanjkljivost je njihova deformacija, ki pa jo je v določeni meri mogoče odpraviti s hidrotermično obdelavo, s katero delci dobijo bolj ali manj prvotno obliko. Delci se namreč zaradi absorbirane vlage reformirajo in nabreknejo. Poleg tega hidrotermična obdelava povzroči hidrolizo lepila. Plošče, izdelane iz tako recikliranih delcev, izkazujejo dobre lastnosti. Z višanjem temperature parjenja delcev se upogibna trdnost recikliranih IP in MDF plošč poveča. V tem primeru je potrebno upoštevati optimalno temperaturo (pod 160 °C) in čas parjenja (pod 20 min), saj nad temi pogoji pride do sprememb v strukturi celičnih sten lesa, kar se pokaže v poslabšanju lastnosti (Alpar in sod., 2007).

3. SEŽIG IN PIROLIZA LESNIH PLOŠČNIH KOMPOZITOV

Za pridobivanje toplotne energije iz odslužene lesa obstajata dva prevladujoča načina, in sicer neposredni sežig ter piroliza, ki lahko sledi uplinjanju preostalega oglja. Pri direktnem sežigu nastajajo plini, ki vsebujejo predvsem dušik, ogljikov dioksid, kisik in paro. Količina preostalega pepela je sorazmerno nizka, vendar pa je potrebno pepel, preden ga zavržemo, zaradi visoke vsebnosti mineralov obdelati z lugom (Antonini in sod., 2004).

Sežiganje LPK je uporabna metoda za ravnanje z odslužnim materialom z namenom pridobivanja toplotne energije, ki jo uporabljamo za ogrevanje ali segrevanje komunalne vode oziroma jo pretvorimo v kakšno drugo obliko energije (električna). Največji problem sežiganja odsluženeh LPK predstavljajo lepila. Med njimi so za izdelavo LPK najpogosteje uporabljena lepila na osnovi dušika: UF, MUF in MDI. Pri sežigu takšnih materialov se v zrak sproščajo zdravju škodljive snovi, najpogosteje dušikovi oksidi (NO_x), katerih koncentracija je v največji meri odvisna od uporabljenega lepila. Z višanjem deleža UF lepila v LPK se viša vsebnost dušika, kar posledično pomeni večje emisije dušikovih oksidov in nižjo kurilno vrednost LPK (Cichy in Pradzynski, 2007). Kljub temu je bilo ugotovljeno, da se pri sežigu ivernih plošč zgolj 4 % dušika pretvori v NO_x , razlike v emisijah ostalih plinov med IP, lepljenim lesom in neobdelanim lesom pa so minimalne. Bistvenega pomena za



Slika 3: Povprečne emisije NO_x med sežigom lesnih peletov in ivernih plošč pri različnih temperaturah in vrednostih O_2 (prirejeno po: Risholm-Sundman in Vestin, 2005)

popolno izogrevanje ivernih plošč je zadostna temperatura v kotlu (850 °C) in količina dovedenega kisika (slika 3). V nasprotnem primeru namreč prihaja do nepopolnega izogrevanja, pri katerem se sproščajo zdravju škodljivi produkti kot so vodikov cianid in izocijanati iz lepil z vsebnostjo dušika (Risholm-Sundman in Vestin, 2005).

Pri pirolizi je prvi korak segrevanje lesa do 800 °C ob odsotnosti kisika. Osnovne komponente lesa (celuloza, hemiceluloze in lignin) se med 250 °C in 500 °C preoblikujejo v gorljiv plin in oglje. Razmerje med nastalim plinom in ogljem je v tesni povezavi s temperaturo in intenziteto segrevanja. Za degradacijo UF lepila, pri čemer odstranimo 70 % dušika, je primerna stopenjska piroliza s temperaturo 280 °C, pri kateri se razgradi manj kot 10 % lesa. Trdne ostanke je mogoče uporabiti kot material za nadaljnjo uporabo (visoka dimenzijska obstojnost), absorber ali adsorber (poroznost, specifična površina in modificirana površinska energija) ali kot trdno gorivo (Antonini in sod., 2004).

4. KOMPOSTIRANJE

LPK sestavlja približno 90 % lignoceluloznega materiala, preostali delež pa predstavljajo lepila, folije, furnirji, barve, laminati in drugi zaključni materiali. Zaradi tako visoke vsebnosti organske surovine je odslužene LPK primerno obdelati z biološkimi postopki. Biološke postopke lahko razdelimo na aerobne in anaerobne. Ker so v odsluženeh LPK znatne količine lignina (približno 25 %), ki je naravni vir humusa, je najprimerneje uporabiti aerobne procese, splošno znane pod besedo kompostiranje. Kompost je naravno gnojilo, ki oskrbuje prst s humusom in izboljšuje njeno strukturo. Dozorel kompost se uporablja za gojenje rastlin, v kolikor ne vsebuje okolju nevarnih snovi, kot so npr. težke kovine (Wróblewska, 2005). Zmleti delci LPK, katerim je primešana šota, voda ter inokulum, ki vsebuje izbrane bakterije in glive, se različno dolgo kompostirajo pri nadzorovanih

pogojih (pH, vlažnost komposta in temperatura). Čas kompostiranja je odvisen od vrste LPK. Bistvena razlika med komercialnimi vrtnarskimi substrati in LPK kompostom je v vsebnosti dušika, kar je posledica prisotnosti amino lepil. Prav razmerje med ogljikom in dušikom je bistveno za rast mikroorganizmov (optimalno 25:1) (Wröblewska in Czajka, 2007). Vsebnost dušika v dozorelem kompostu je tudi pomemben dejavnik, ki vpliva na rast rastlin, poleg tega pa je bistvenega pomena količina dodanega komposta k prsti. Tako ima visok delež komposta iz iverne plošče (25 % in 50 %) negativen vpliv na rast vrbe (*Salix purpurea* L.), medtem ko ima enaka količina dodanega komposta iz MDF plošče pozitiven učinek na rast omenjenega drevesa. Razlike v rasti so posledica različnih vsebnosti dušika v kompostu iz iverne ali MDF plošče, ki se nahaja v obliki nitrata in amonijaka. Količina dušika v kompostu iz iverne plošče je namreč bistveno nižja kot v kompostu iz MDF plošče (Wröblewska, 2005). Na podlagi dosedanjih rezultatov raziskav je bilo ugotovljeno, da kompost iz LPK ni nevaren okolju in ga je mogoče uporabiti kot dodatek k prsti. Ob tem je potrebno upoštevati delež dodanega komposta, vsebnost dušika ter pH substrata.

5. ODLAGANJE LESNIH PLOŠČNIH KOMPOZITOV NA ODLAGALIŠČIH

Odlaganje na odlagališčih je najmanj zaželena oblika ravnanja z odsluženimi LPK (slika 4).

Pri odlaganju organskih odpadkov namreč prihaja do sproščanja emisij metana, ki ima 21-krat večji toplogredni potencial od ogljikovega dioksida (Lykidis in Grigoriou, 2008). Direktiva o odlagališčih (1999/31/EEC) zahteva zmanjšanje količine biorazgradljivih odpadkov v obdobju 20 let. V Veliki Britaniji so si kot cilj zastavili zmanjšanje lesnih odpadkov za 1/3 takratnega stanja. V EU velja strategija zmanjševanja lesnih odpadkov in je predstavljena s hierarhično lestvico:



Slika 4: Odlagališče lesnih odpadkov (Lykidis in Grigoriou, 2008)

1. zmanjšanje/minimalizacija odpadnega materiala,
2. ponovna uporaba,
3. recikliranje,
4. rekuperacija (energija, kompostiranje) in
5. odlaganje (Connell, 2004).

6. PONOVA UPORABA

Ponovna uporaba je vsak postopek, pri katerem se proizvodi ali sestavni deli, ki niso odpadki, ponovno uporabijo za namene, za katere so bili prvotno izdelani (Direktiva 2008/98/ES). Le-ta velja za manj uporabljeno metodo ravnanja z odsluženimi LPK, vendar pa lahko najdemo določene primere v praksi. Mednje spadajo uporaba zavrženih lameliranih plošč za izdelavo nosilcev, pakiranje in zaščito pri ladijskem prevozu, ponovna uporaba ostankov, ki nastanejo v pohištveni industriji, pri večjih gradbenih projektih in lesenih ogradjah. V literaturi je zaslediti še obstoj t.i. »second-hand« tržnic s pohištvo in delovanje neodvisnih centrov, ki razdeljujejo ali prodajajo uporabljeno pohištvo po primerno nižjih cenah. Med ponovno uporabo lahko prištejemo še uporabo in predelavo odsluženih predmetov, izdelanih iz LPK v izdelke, ki imajo podobno ali enako namembnost kot originalni izdelek (npr. iz večje mize izdelamo manjšo) (Kearley in sod., 2005).

7. DRUGI PRIMERI RAVNANJA Z ODSLUŽENIMI LESNIMI PLOŠČNIMI KOMPOZITI

Med literaturo je zaslediti še nekaj preostalih načinov pridobivanja materiala iz odsluženih LPK in njihove nadaljnje uporabe. Zanimiv je proces pridobivanja lesnih vlaken iz MDF plošč z uporabo mikrovalov. Plošča, izdelana iz tako pridobljenih vlaken, izkazuje podobne lastnosti kot plošča, izdelana iz standardnih vlaken. Znana je tehnika kaširanja odpadnih IP in MDF plošč iz dotrajanega pohištva. Z navadnim postopkom kaširanja pridobljen vlaknast material je uporaben kot vhodni material za izdelavo MDF plošč in papirja nizke kvalitete. V literaturi se omenja še metoda ekstrudiranja, pri kateri s hidrotermično obdelavo in pod visokimi strižnimi obremenitvami v ekstrudorju pridobimo vlaknast material. Pomanjkljivost tega postopka je poškodovana struktura lignoceluloznega materiala zaradi strižnih obremenitev (Kearley in sod., 2005). Med naštetimi postopki in različnimi končnimi produkti, ki so izdelani iz odsluženih LPK, najdemo še kompozite, izdelane s kombinacijo cementa in vlaken iz odsluženih MDF plošč (Qi in sod., 2006).

8. SKLEPI

Trend naraščanja svetovne proizvodnje lesnih ploščnih kompozitov je privedel do težav, povezanih s pridobiva-

njem vhodne surovine za njihovo izdelavo. Po drugi strani pa se postavlja vprašanje, kaj storiti z odsluženim lesom, ki pogosto vsebuje visoke koncentracije anorganskih onesnažil. Zaradi tega določene države uvajajo interne standarde za vhodno surovino. Poleg tega kompoziti iz lesa vsebujejo sintetična vezivna sredstva, ki zaradi težavnega odstranjevanja in vsebnosti toksičnih komponent otežujejo možnosti uporabe na koncu življenjske dobe. Reševanju problematike lepil v odsluženih lesnih kompozitih je bilo posvečeno precejšnje število raziskav, saj se pri gorenju le-teh sproščajo večje količine dušika v obliko dušikovih oksidov. Po drugi strani je zaradi predhodne obdelanosti lesnih delcev z lepili ponovno obdelanje bistveno slabše. Odlaganje lesnih ploščnih kompozitov na odlagališčih je nezaželeno in v EU že prepovedano, oziroma močno obdavčeno.

Precej pogost postopek pridobivanja in ponovne uporabe lesnih delcev (iveri in vlaken) je hidrotermična obdelava mehansko zmletih odsluženih lesnih ploščnih kompozitov, ta surovina pa se lahko uporabi za ponovno izdelavo ivernih ali vlaknenih plošč. Še vedno se velika količina odsluženih lesnih kompozitov uporabi v energetske namene. Sežiganje mora potekati v nadzorovanih sežigalnicah in pri primerni temperaturi zaradi sproščanja okolju nevarnih hlapnih substanc. Zelo zanimiva metoda je kompostiranje ivernih in vlaknenih plošč, pri čemer pridobimo kompost, ki je primeren kot dodatek prsti za gojenje rastlin. V literaturi se omenjajo še ponovna uporaba odsluženih lesnih kompozitov ter določeni alternativni postopki pridobivanja lesnih delcev iz odsluženih lesnih kompozitov ter nadaljnja predelava v manj pogoste produkte.

Zaključimo lahko, da se ravnanje z odsluženimi lesnimi ploščnimi kompoziti razvija v pravo smer in da je kar nekaj metod in postopkov že vpeljanih v prakso. Kljub temu bo potrebno določene stvari še izboljšati, raziskati in dodelati. Z zadostnim znanjem, novimi idejami in pogumom je področje uporabe omenjenih kompozitov zelo široko. Razvita je uporaba hidrotermične obdelave in pridobivanja sorazmerno čiste lesne surovine. Razviti so postopki utekočinjanja lesnega materiala. Lahko bi torej poskusili utekočiniti odslužene lesne ploščne kompozite, saj je surovine v izobilju, znanje imamo in prav tako pogoje. Zakaj pa ne?

ZAHVALA

Prispevek je nastal v okviru programov L4-0820-0481, L4-7163-0481, P4-0015-0481 in projekta J4-2177, ki jih financira Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS. Avtor se zahvaljuje prof. dr. Mihi Humarju za strokovne pripombe in predloge.

VIRI

1. **Alpar T., Hatano Y., Shibusawa T. (2007)** Hydrolysis of the adhesives and reconditioning of compressed wood-cells during recycling of particleboard and fiberboard by hydrothermal process. V: Management of recovered wood: Reaching a higher technical, economical and environmental standard in Europe. Gallis C. (Ur.), Klagenfurt, 309-315
2. **Antonini G., Quirino W., Donnot A., Zoulalian A., Deglise X. (2004)** Energy valorisation by staged pyrolysis of recovered wood. Validation of the operative conditions found by thermogravimetric measurements in a pilot at laboratory scale. V: Management of recovered wood recycling, bioenergy and other options. Gallis C. (Ur.), Thessaloniki, 228-238
3. **Cichy W., Pradzynski W. (2007)** The influence of the degree of contamination of wood waste with urea-formaldehyde resins on the emission of gaseous combustion products during burning in low-power boiler. V: Management of recovered wood: Reaching a higher technical, economical and environmental standard in Europe. Gallis C. (Ur.), Klagenfurt, 173-184
4. **Connell M. (2004)** Issues facing preservative suppliers in a changing market for treated wood. Final Workshop COST Action E22. Environmental Optimisation of Wood Protection. Lisboa, dostopno na: <http://www.bfafh.de/inst4/43/pdf/7chnngmar.pdf> (13.5.2010)
5. **Czarnecki R., Dziurka D., Mirski R. (2005)** The use of recycled boards as the substitute for particles in the centre layer of particleboards. V: Management of recovered wood: Strategies towards a higher technical, economical and environmental standard in Europe. Gallis C. (Ur.), Bordeaux, 304-310
6. **Despot R., Hasan M. (2005)** The prospects for recovered wood in Croatia under the new legislation. V: Management of recovered wood: Strategies towards a higher technical, economical and environmental standard in Europe. Gallis C. (Ur.), Bordeaux, 150-163
7. **Direktiva 2008/98/ES**, dostopno na: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:312:0003:01:st:HTML> (21.5.2010)
8. **FAOSTAT (2010)** dostopno na: <http://faostat.fao.org/site/626/Default.aspx?PageID=626#ancor> (13.5.2010)
9. **Franke R., Roffael E. (1998a)** Zum recycling von span- und MDF platten (Teil 1). Holz als Roh- und Werkstoff, 56: 79-82
10. **Franke R., Roffael E. (1998b)** Zum recycling von span- und MDF platten (Teil 2). Holz als Roh- und Werkstoff, 56: 381-385
11. **Gann M., Leitgeb P., Fürhapper C. (2005)** Analytical characterisation and toxicological evaluation of particle boards made of recovered wood. V: Management of recovered wood: Strategies towards a higher technical, economical and environmental standard in Europe. Gallis C. (Ur.), Bordeaux, 193-214
12. **Humar M. (2008)** Anorganska onesnažila v odsluženem lesu in ploščah iz dezintegriranega lesa. Les, 60(3): 98-102
13. **Humar M. (2009)** Vsebnost anorganskih onesnažil v lesnih ostankih slovenske pohištvne industrije. Les, 61(7-8): 354-357
14. **Humar M. (2010)** Vsebnost klora v lesnih ostankih slovenske pohištvne industrije. Les, 62(2): 55-57
15. **Hurley J. (2004)** Best practise of timber waste management in UK. V: Management of recovered wood recycling, bioenergy and other options. Gallis C. (Ur.), Thessaloniki, 91-114
16. **Irlie M., Fru C., Maher K. (2004)** An investigation of the metal contaminants in particleboards made from recycled wood. V: Management of recovered wood recycling, bioenergy and other options. Gallis C. (Ur.), Thessaloniki, 211-218
17. **Jungmeier G., Holzmann M., Enzinger P., Spitzer J. (2005)** Recovered wood management in Austria - amounts, qualities, treatment, utilization. V: Management of recovered wood: Strategies towards a higher technical, economical and environmental standard in Europe. Gallis C. (Ur.), Bordeaux, 75-93
18. **Kearley V. C., Brown M., Bonigut J. (2005)** Management options

- for treated wood waste and wood panel waste. V: Management of recovered wood: Strategies towards a higher technical, economical and environmental standard in Europe. Gallis C. (Ur.), Bordeaux, 111-141
19. **Lykidis C., Grigoriou A. (2008)** Hydrothermal recycling of waste and performance of the recycled wooden particleboards. Waste Management, 28: 57-63
 20. **Mantanis G., Athanassiadou E., Coutinho J. M. A., Nakos P. (2004)** A new recycling process for waste panels. V: Management of recovered wood recycling, bioenergy and other options. Gallis C. (Ur.), Thessaloniki, 204-210
 21. **Medved S. (2008)** Lesni plošni kompoziti v gradbeništvu. V: Gradnja z lesom. Kitek Kuzman M. (Ur.), Ljubljana, 90-94
 22. **Pfleiderer Unternehmensverwalt (1994)** Method of recycling wood materials. Patent No. EP0581039, DE4224629.
 23. **Pohleven F. (2008)** Konstrukcijska zaščita lesa pred škodljivci. V: Gradnja z lesom. Kitek Kuzman M., Ljubljana, 96-100
 24. **Qi H., Cooper P. A., Wan H. (2006)** Effect of carbon dioxide injection on production of wood cement composites from waste medium density fiberboard (MDF). Waste Management, 26: 509-515
 25. **Ratajczak E. (2004)** The market of recovered wood in Poland - potential supply and final use. V: Management of recovered wood recycling, bioenergy and other options. Gallis C. (Ur.), Thessaloniki, 67-76
 26. **Risholm-Sundman M., Vestin E. (2005)** Emissions during combustion of particleboard and glued veneer. Holz als Roh- und Werkstoff, 63: 179-185
 27. **Roffael E. (1996)** Process for the fabrication of chipboards and fiberboards. Patent No. EP0700762, DE4428119.
 28. **Sandberg G. (1965)** Process for recovery of wood particles from glued waste products, sawdust, waste etc. for the production of particleboards and similar glued and pressed products. Patent No. DE1201045.
 29. **Sandison M. (2002)** Method for the recovery of wood fiber from compressed fiberboard scrap. Patent No. US6413364, EP1095182. Dostopno na: <http://www.freepatentsonline.com/6413364.pdf> (21.5.2010)
 30. **Solo-Gabriele H., Townsend T., Jacobi G., Fernandes J., Lam E., Dubey B. (2005)** Wood waste management practices in the U.S. with emphasis on the management of wood treated with metals-based preservatives. V: Management of recovered wood: Strategies towards a higher technical, economical and environmental standard in Europe. Gallis C. (Ur.), Bordeaux, 33-51
 31. **Wroblewska H. (2005)** Studies on the application of compost made of particle boards waste and dry-formed fiberboards waste in cultivation of *Salix purpurea* L. Willow. V: Management of recovered wood: Strategies towards a higher technical, economical and environmental standard in Europe. Gallis C. (Ur.), Bordeaux, 287-295
 32. **Wroblewska H., Czajka M. (2007)** The influence of composts obtained from composite wood waste and post-use wood on plant growth. V: Management of recovered wood: Reaching a higher technical, economical and environmental standard in Europe. Gallis C. (Ur.), Klagenfurt, 293-307
 33. **Youngquist J. A. (1999)** Wood-based composites and panel products. V: Wood handbook - Wood as an engineering material. Madison, WI, U.S., 10-1 - 10-31, dostopno na: <http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fplgtr113/ch10.pdf> (13.5.2010)



MAKING MORE OUT OF WOOD

Innovative * Efficient * Trendsetting

Povečana produktivnost, optimizacija zmogljivosti, fleksibilnost uporabe človeških virov in strojev... mednarodni zagon inovacij in izpopolnjenih rešitevse začne na LIGNA HANNOVER. Ne glede na to ali gre za pametno tehnologijo za obdelavo lesa ali za to kako najbolje izkoristiti energijsko učinkovite stroje in opremo - LIGNA HANNOVER predstavlja rešitve, ki jih potrebujejo gozdarstvo in lesna industrija, da bi se lahko odzvali na izzive prihodnosti.

TOLMAČENJE, PREVAJANJE IN ZASTOPANJE SEJMOV
Tel. +386-7-33-22-150 - info@hf-slovenia.com

Deutsche Messe
Hannover - Germany

30.05.-03.06.2011

LIGNA
HANNOVER GERMANY
World Fair for the Forestry and Wood Industries

Handwerk
Holz & mehr

ligna.de