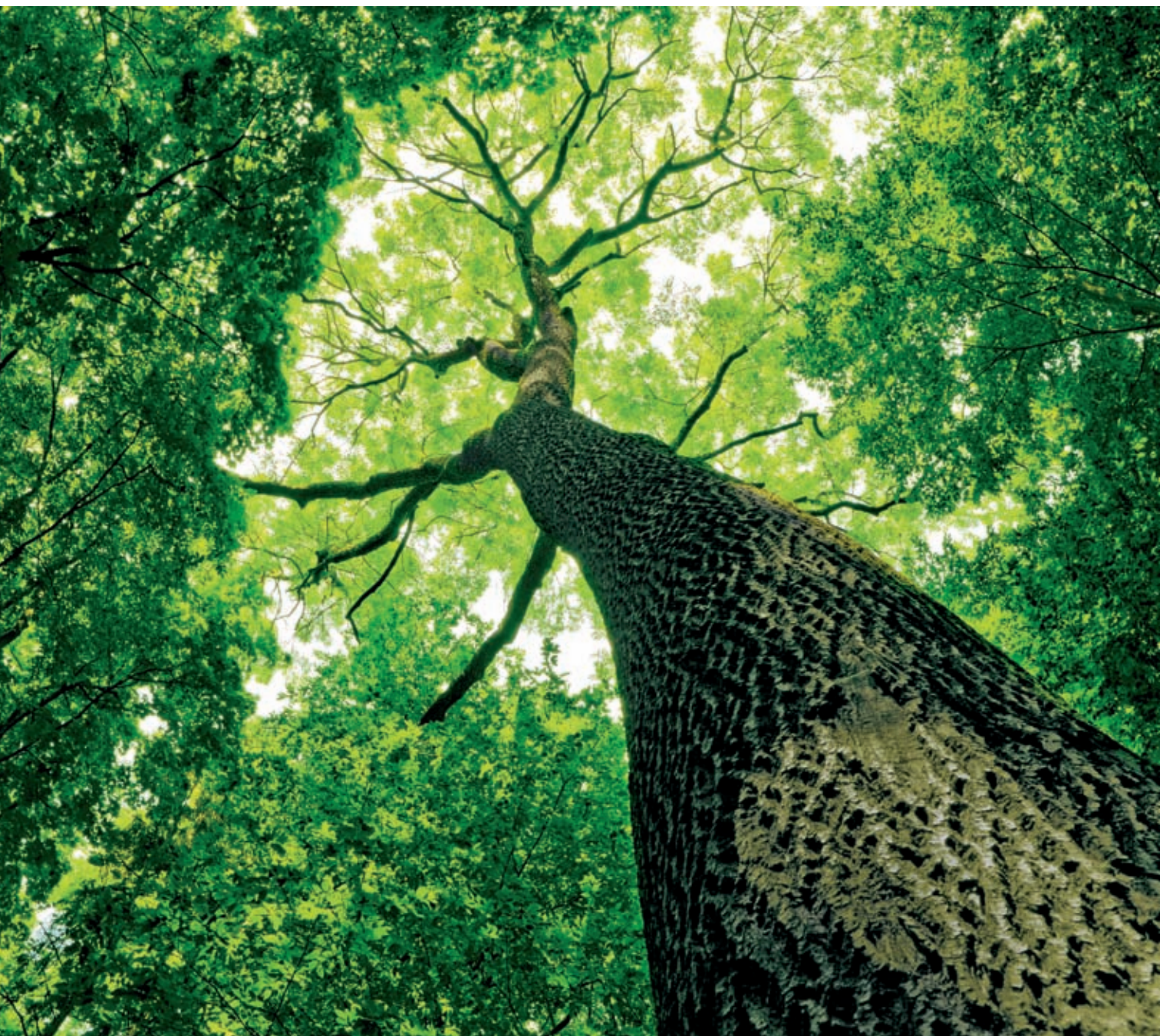


Priročnik **Les, material sedanjosti in prihodnosti – prednosti in izzivi**



Priročnik
**Les, material sedanjosti
in prihodnosti –
prednosti in izzivi**

Vsebina

Priročnik kot poskus monografije o materialu	4
Les, material sedanjosti in prihodnosti	5
Zeleni materiali so odgovor na emisije toplogrednih plinov	6
Nujna sta boljša organiziranost in upravljanje lesnega sektorja	10
Delovanje verig vrednosti pri predelavi lesa listavcev v slovenskem gozdno-lesnem sektorju	12
Podnebne spremembe spreminjajo drevesno sestavo slovenskih gozdov	20
Primerjalne prednosti lesene gradnje	26
Vloga lesnih izdelkov pri blaženju podnebnih sprememb v Sloveniji	32
Drevesne vrste slovenskih gozdov v prihodnosti – posledice za gozdno-lesno biogospodarstvo	36
Krmarjenje s podnebnimi spremembami in trajnostna gradnja – celostni pristop	42
Evropska zakonodaja: Preprečevanje zelenega zavajanja in zavajajočih okoljskih trditev	47
Izobraževanje mladih za poklice v lesarstvu v Sloveniji	49
Nova evropska uredba bo vplivala na lesno industrijo	53
Razvrščanje lesa po trdnosti	56
Bivanje v leseni stavbi in prednosti uporabe lesnih izdelkov	60
Les je v mnogih kontekstih jasna izbira za gradnjo bivanjskih prostorov	61
Les, požari, potresi in druge nezgodne obtežbe	67
Požarne lastnosti lesa	68
Z eksperimentalnimi in numeričnimi analizami do potresno odpornih konstrukcij iz križem lepljenega lesa	76
Prednosti in slabosti različnih konstrukcijskih sistemov sodobne večetažne lesene gradnje	84
Potresno varna gradnja z lahkimi lesenimi okvirnimi stenskim elementi	92
Potresna nevarnost Slovenije in zakonodaja o potresno odporni gradnji	99
Odpornost lesenih konstrukcij na različne obtežbe – od potresa do požara	102
Življenjski cikel izdelkov iz lesa	108
Življenjski cikel lesenih oken in ogljični odtis	109
Analiza življenjskega cikla in okoljski vplivi različnih parametrov na primeru lesenega stola	117

Uredba o zelenem javnem naročanju 123

Potencial zelenega javnega naročanja in ponudba surovin za leseno gradnjo na domačem trgu 124

Primeri praks 131

Les je lep 132

Izobraževanje za poklic mizar nekoč in danes 136

Kako lesu podarjamo brezčasnost tudi z novo naložbo 139

Kreatorji prestižnih interierjev za luksuzne jahte 142

Nova aktivna e-hiša in trajnostna naravnost hiš Jelovica 144

Prednosti bivanja v leseni montažni hiši 146

Trajnost in montažna gradnja v Marlesovih objektih 149

Les me fascinira 151

Primer gradnje InnoRenew CoE v Izoli 152

Prvi slovenski vrtec iz slovenskega lesa 154

Perspektivna raba lesa – med drugim tudi v elektroniki 156

Kočevski festival lesa 2023 158



Priročnik kot poskus monografije o materialu

Jože Volfand

Fit media d.o.o.

t: 03 42 66 700

e: joze.volfand@fitmedia.si

www.fitmedia.si

Je publikacija Les, material sedanjosti in prihodnosti – prednosti in izzivi poskus monografije o materialu, surovini? Je, čeprav les ni baker, litij ali kobalt, je pa strateška surovina Slovenije in planeta ter material, ki nagovarja potrošnika z izdelkom.

Naslov priročnika, Les, material sedanjosti in prihodnosti – prednosti in izzivi, je zgovoren. Med materiali, če bi primerjali gradbeni les s cementom, jeklom, aluminijem, pokaže tehnična večkratno prednost lesa glede porabe energije pri gradnji. A ne gre le za energijsko in ekološko bilanco, pomembna je predvsem življenjska zgodba (LCA) lesa. V Sloveniji smo res srečni, koliko dreves lahko objavemo in ker znamo uporabiti, čeprav ne dovolj, specifične lastnosti in izredne možnosti obdelave lesa. Les je pravzaprav materinski material. Gozd, ki nam ga daje, pa je ponor CO₂ in nenadkriljiv proizvajalec kisika.

Les je tudi tisti konkurenčni material, ki s svojo toplino in nežnostjo nagovarja človeka, potrošnika, in je hkrati tisti domači naravni vir, s katerim je Slovenija najbolj obdarjena. Je strateška surovina in tržni material, ki mu lahko inovativno oblikovanje in raznovrstna raba v proizvodnji ali obrtni in rokodelski dejavnosti dasta visoko dodano vrednost. Lesnopredelovalna industrija se je nekdaj uvrščala med paradne panoge slovenskega gospodarstva. Danes se želi vrniti na pot nekdanje moči in prestiža. Podpirajo jo program zelenega prehoda, kriza s surovinami in mednarodni konflikti.

Nekaterim podjetjem, ki les uvažajo, v zadnjih dveh letih ni lahko. Zlasti pohišten del lesne industrije v Sloveniji je začel drseti navzdol po več ekonomskih kazalcih kljub obljubam in spodbudam ekonomske politike, da bi lesnopredelovalna dejavnost do leta 2030 s tehnološko posodobitvijo izboljšala svojo konkurenčnost in predvsem povečala dodano vrednost lesnih proizvodov. Tudi z zagotovitvijo zadostnih količin lesnih asortimentov za predelavo lesa, z novimi poslovnimi modeli in strateškimi partnerstvi intenzivnejših povezav z izobraževalnimi in raziskovalnimi institucijami. Kajti les v svojih nedrjih skriva bogastvo, ki ga odkrivajo raziskave. Kemijski inštitut konkretno odgovarja, kakšni so lahko raziskovalni izzivi pri uporabi lesa zdaj in v prihodnosti.

Ne le v Sloveniji, tudi v drugih evropskih državah želijo bolj uporabljati les v vsakdanjem življenju in proizvodnji. Avstrijci so ponosni na les. Angleži pravijo Les za vedno. V Sloveniji je pionir promocije lesa in razstav Čar lesa dr. Franc Pohleven. Les je torej lep, lesarstvo je uvrščeno v Slovensko industrijsko strategijo 2021–2030, nekaj podjetij se na globalnih trgih uveljavlja z vrhunskimi oblikovalskimi dosežki in zelenimi inovacijami. Potenciali in zgledi so.

Kako v prihodnje z lesom in gozdom v EU in Sloveniji? EU je leta 2021 sprejela novo strategijo za gozdove do leta 2030. Prav ta usmeritev je med stebri strategije EU za biotsko raznovrstnost do leta 2030, seveda tudi zaradi zmanjšanja toplogrednih plinov. Čudežna moč gozda je v ekosistemskih storitvah, saj je 80 % svetovne biotske raznovrstnosti zemlje v gozdovih. A vsako minuto se v svetu izgubi gozdnih površin za 10 % nogometnih igrišč. Zato sta gozd in les v fokusu zelenega prehoda.

Priročnik Les, material sedanjosti in prihodnosti – prednosti in izzivi seveda ni enostransko, nekritično analiziral, zakaj naj bi bil les prva izbira pri gradnji in nakupu izdelkov. Informativno, problemsko in promocijsko strokovno utemeljuje, zakaj je les material, ki je vreden potrošnikovega zaupanja in ki daje raznovrstne priložnosti slehernemu podjetju, vrhunskemu oblikovalcu in inovativnemu inženirju. Z vsebino priročnik ne želi zavajati. Les ni čudežni material, z lastnostmi, ki bi mu dale absolutno prednost pred vsemi materiali. Poleg tega znanost odkriva nove materiale. Toda les je razvojna priložnost Slovenije in gozd je zeleni plašč Slovenije.

V priročnik je zato uredniški odbor uvrstil teme, ki predstavljajo strokovne poglede, podprte z raziskavami in podatki, zakaj je les material sedanjosti in prihodnosti. V čem so prednosti bivanja v leseni stavbi in zakaj raje uporabljati lesne proizvode? Kako se odziva les na požare in potrese, kakšen je življenjski cikel izdelka, kako je v praksi z uredbo o zelenem javnem naročanju, kako z zelenim zavajanjem in kaj prinaša uredba EU o proizvodih, ki ne povzročajo krčenja gozdov.

Strokovni monografski pregled o lesu je morda pobuda, da začne Slovenija strateško razmišljati o materialih in kritičnih surovinah, ki jih bo potrebovala v prihodnosti.

Les, material sedanjosti in prihodnosti



Zeleni materiali so odgovor na emisije toplogrednih plinov

dr. Franc Pohleven

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta

t: 031 390 393

e: franc.pohleven@bf.uni-lj.si

www.bf.uni-lj.si

Uvod

Iz leta v leto nas ekstremne vremenske razmere vedno bolj opozarjajo, da »napredka« ne moremo več opravičevati na račun uničevanja narave in ogrožanja zdravja ljudi. Napočil je čas, da se kot družba ozavestimo in gospodarstvo preusmerimo v trajnostni razvoj. Tako bi se lahko najbolj učinkovito borili proti podnebnim spremembam in omogočili varno prihodnost človeštva. Za trajnostno gospodarstvo bo pomembno, da s čim manj energije, emisije toplogrednih plinov in negativnega vpliva na okolje proizvajamo izdelke ter gradimo objekte. Šele ko bo doseženo ekonomsko-okoljsko ravnotežje in bo v ceno izdelka vključena tudi škoda, ki jo povzročajo suše, ujme in degradacija okolja, se bo pokazalo, kaj je ekonomsko upravičeno proizvajati za dobrobit in obstoj človeštva.

Na svetovni ravni bi morali politiki sprejeti skupno strategijo za rešitev planeta in nemudoma preusmeriti svetovno gospodarstvo/industrijo na sonaravne materiale, ki so v naravi že prisotni in jih lahko direktno (brez predhodne energetske potratne predelave) uporabimo za proizvodnjo izdelkov in gradnjo objektov. Na ta način bi drastično zmanjšali izpuste toplogrednih plinov, kar bi omogočilo znosnejše klimatske razmere. Skrajni čas je, da se združijo znanstveniki in strokovnjaki iz industrije in napredno misleči voditelji vsega sveta ter ustvarijo družbene pogoje za prehod v zeleno gospodarstvo.

Podnebnih sprememb ne bo mogoče zaustaviti s sanacijo prizadetih področij. Celo več, z nespametnimi in energetske potratnimi tehnološkimi postopki in materiali bomo ob sanacijah v ozračje sprostili še več toplogrednih plinov in na ta način povzročili še ekstremnejše vremenske pojave, ki so se letos dogodili enim, drugo leto se bodo drugim, v naslednjih letih pa bodo prizadeli vsakogar. Sanacije bi morale zato izvajati čim bolj trajnostno in infrastrukturo obnoviti s sonaravnimi materiali. Na ta način bi s sanacijami prispevali k blažitvi vremenskih sprememb ter tako omogočili varno in boljšo prihodnost vseh nas.

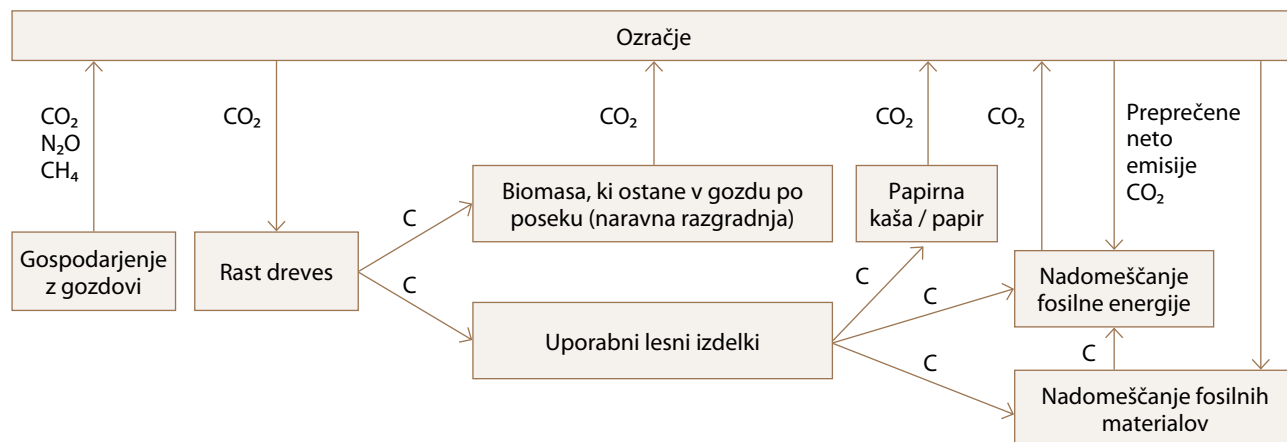
Antropogeni vplivi na podnebje in okolje

Nobenega dvoma ni več, da je podnebno krizo povzročil človek, ki že stoletja uporablja fosilne surovine in energente, pri čemer se v atmosfero sproščajo toplogredni plini. Podnebje se zato v zadnjih letih na planetu ekstremno hitro spreminja v primerjavi s spremembami, ki so se v zemeljski zgodovini dogajale počasneje. Trendi globalno povprečne temperature, dviga morske gladine, vsebnosti toplote v zgornji plasti oceanov, taljenja gorskega in arktičnega ledu, popuščanja permafrosta in drugih podnebnih sprememb so nedvomen dokaz o segrevanju planeta, kar je potrdilo več neodvisnih raziskovalnih institucij po vsem svetu. Podnebne spremembe (PS) ogrožajo morske travnike in gozdove, zato se, glede na prejšnja obdobja, kapacitete zadrževanja ogljikovega dioksida (CO₂) gozdov, morja in oceanov zmanjšuje (Dickinson, 2023).

Največ toplogrednih plinov se sprosti predvsem pri primarni predelavi fosilnih rudnin v »napredne« materiale (cement, železo, jeklo, aluminij, plastika idr.). Tako metalurška industrija z veliko porabo fosilnih energentov že v fazi pridobivanja osnovnega materiala (železa, jekla, cementa, aluminija in plastike, mineralne volne) sprosti v okolje ogromno polutantov, kot so: CO₂, dušikovi oksidi (NO_x), fluoridi (XF), žveplov dioksid (SO₂), prašni delci (PM_x). Polutanti direktno uničujejo naravo in vplivajo na ekstremne vremenske pojave, s katerimi se letos apokaliptično sooča ves svet. Škoda, ki jo kovinskopredelovalna industrija povzroča, je mnogo večja od dobička te proizvodnje.

Neučinkoviti dosednji ukrepi proti podnebnim spremembam

Zaradi nepredvidljivosti vremenskih pojavov se na podnebne spremembe ne moremo prilagajati, ampak se moramo proti njim boriti. Čim prej moramo preiti na ukrepe, ki bodo vodili k znižanju emisije toplogrednih plinov in normalizaciji podnebja. Letošnje katastrofe (suše, toča, povodnji, plazovi idr.) so dokaz neučinkovitosti ukrepov, ki smo jih za obvladovanje podnebnih sprememb izvajali v zadnjih desetletjih, in z njimi še povečali emisijo toplogrednih plinov. To pa pomeni, da smo z ogromno vloženimi sredstvi (Eko sklad, Načrt za okrevanje in odpornost, Kjotski protokol idr.) povzročili nasprotni učinek. Nesmiselno



Slika 1: Shematski prikaz tokov toplogrednih plinov in skladiščenja ogljika (CO₂) za gozd in lesne izdelke, ki nadomeščajo fosilne (nelesne) materiale – puščica skrajno desno (Vir: Kuittinen, Ludvig in Weiss, 2013).

jih je reševati na način, kot smo jih povzročili, zato je skrajni čas, da strategijo boja proti podnebnim spremembam temeljito spremenimo. Obstoječa garnitura »pseudostrokovnjakov« naj se umakne in strategijo boja proti podnebni krizi prepusti ljudem, ki že desetletja opozarjajo, da so aktualni ukrepi zgrešeni.

Nemudoma je treba sprejeti in začeti izvajati stvarne (realne) ukrepe, ki bodo privedli do drastičnega znižanja emisije toplogrednih plinov, kot smo ga dosegli v času epidemije covida-19, ko se je v februarju in marcu 2020 svetovna industrija domala ustavila. Posledično se je v prvih dveh tretjinah leta zmanjšal nivo toplogrednih plinov na običajni nivo (podatki NASA – Morrison, 2020) in v letu 2020 na severni polobli (tudi v Sloveniji) ni bilo neurij in ekstremnih vročinskih valov (ARSO, 2020). Vendar gospodarstva ne moremo zaustaviti, lahko pa industrijo preusmerimo v energetsko manj intenzivne sonaravne materiale, ki so v naravi že prisotni, in jih brez primarne predelave uporabimo za proizvodnjo izdelkov in gradnjo objektov. Po tej poti bo moral ves svet, zato je treba nemudoma ukrepati na globalni ravni (Dickinson, 2023; Gautier in Fellous, 2008).

Prehod na sonaravne materiale

Emisijo toplogrednih plinov bi lahko bistveno (temeljito) zmanjšali s preusmeritvijo industrije s fosilnih surovin na »zeleno« materiale, kot so: les, kamen, ilovica, ostanki kmetijske proizvodnje in drugi naravni materiali. S tega stališča bo les kot bio material za izdelke in objekte odločilen. Proizvodi iz lesa zaradi sestave lesne biomase in energetsko nezahtevne obdelave predstavljajo ponor CO₂. Zaradi teh lastnosti pomembno prispevajo k znižanju emisije CO₂ in drugih toplogrednih plinov, kar je bistveno za preprečevanje podnebnih sprememb in varovanje okolja. En kubični meter lesnih izdelkov/objektov prispeva k znižanju CO₂ v ozračju za dve toni (Kuittinen, Ludvig in Weiss, 2013; Pohleven in Steblovnik Župan, 2010). (Slika 1)

S proizvodnjo izdelkov in gradnjo objektov iz lesa namesto iz cementa, jekla, železa, opeke, aluminija in plastike se lahko učinkovito borimo (ne pa prilagajamo!) proti podnebnim spremembam oz. ujmam. Če bi v Evropi za 10 % povečali delež novozgrajenih hiš iz masivnega lesa, bi letno za več kot četrtno znižali količino CO₂, predvideno s Kjotskim protokolom (Kitek

Kuzman, 2008). Čeprav delež lesenih hiš v zadnjih letih narašča, pa je zaskrbljujoče dejstvo, da se stavbno pohištvo in izolacijski materiali zamenjujejo s plastiko, aluminijem, mineralno volno in drugimi fosilnimi materiali. Kakorkoli, les in drugi sonaravni materiali bodo v prihodnosti poglavitni za prehod gospodarstva iz energetsko potratne kovinskopredelovalne industrije v »zeleno« industrijo. Po 200 letih je napočil čas, da z industrijske revolucije preidemo k okoljski evoluciji (Kitek Kuzman, 2015; Obučina, Kitek Kuzman in Sandberg, 2017; Pohleven, 2022).

Les – gradivo prihodnosti

Les ima ob številnih dobrih tudi nekaj slabih lastnosti, kot so dimenzijska nestabilnost, barvne spremembe, dovzetnost na biološki razkroj in gorljivost. Vendar se lesni izdelki in nosilni elementi večjih dimenzij ob požaru mnogo bolje obnesejo kot armiranobetonski in plastični. Slednji se pri požaru deformirajo in porušijo, leseni pa po površini pooglenijo in tako dolgo ohranijo nosilnost. Podobno so objekti iz lesa bistveno varnejši pred potresi kot armiranobetonski in opečnati. Biološki razkroj pa lahko preprečimo s sodobnimi postopki obdelave, na primer impregnacije z biocidi in modifikacijami, ki naredijo les odporen na škodljivce in navlažitev. Trpežnost lesenih objektov pa lahko zagotovimo že z ustreznimi konstrukcijskimi rešitvami ter pravilno uporabo in izbiro lesa. Skrbeti moramo, da bo les ves čas suh, v primeru navlažitve pa mora konstrukcija omogočiti čimprejšnjo osušitev. Znanje in izkušnje z gradnjo lesenih objektov so imeli naši predniki, ki so z umnim konstruiranjem zagotovili suhe pogoje in s tem lesene zgradbe, kot so na primer slovenski kozolci, ohranili stoletja (Kitek Kuzman, 2015). Sprememba barve površine lesa je naraven proces njegove zaščite. V prvih letih se barva sorazmerno hitro spremeni. Ko pa les pridobi svoje naravno sivo obarvanje in reliefnost, se ta proces upočasni. Takšna površina lesa se ohranja stoletja in predstavlja naravni videz in dozorelost lesa. (Slika 2) V tujini so izdelki in objekti naravne osivelosti lesa zopet priljubljeni, zato dopustite, da izdelki s staranjem dobijo svojo naravno barvo, ki jim daje pristnost in naravno lepoto, patino časa (Pohleven, 2011).

Les se kot najpomembnejši obnovljiv in trajnostni material že tisočletja uporablja na številnih področjih v našem vsakdanjem življenju. Predstavlja most med tradicijo in sedanjostjo. Kom-



Slika 2: Z leti les osivi, kar predstavlja naravno barvo lesa in patino izdelka. Foto: Franc Pohleven

biniramo ga lahko z različnimi sodobnimi materiali ter tako dobimo kompozite z neverjetnimi zmogljivostmi in lastnostmi. Iz lesa je z malo energije mogoče narediti skoraj vse – od enostavnih orodij do drobnih delčkov za aparature, vrhunške glasbene inštrumente, pohištvo in drugo notranjo opremo, plovila, mostove ter raznovrstne objekte (cerkve, palače, utrdbe, hiše, kozolci idr.). (Slike 3, 4, 5 in 6)

Najnovejše tehnologije obdelave lesa omogočajo razvoj vrhunskih materialov, kot so različni lesni kompoziti, modificiran les, izolacijska pena in »lesna volna«, tkanine (viskoza), topila, utekočinjen les, premazi, lepila, bioplastika, »stiropor iz gliv«, lesno steklo, karbonska vlakna (nanokristalinična celuloza – NCC in nanofibrilirana celuloza – NFC), elektronska vezja, fotocelice, zdravila, lesni plin ter še številne druge napredne izdelke. (Slika 7) Ostanke proizvodnje pa lahko na koncu uporabimo tudi v energijske namene (Obučina, Kitek Kuzman in Sandberg, 2017).

Slovenija je s svojimi lesnim bogastvom ustvarjena za izzive sodobnega časa in predstavlja idealne možnosti za prehod v trajnostno »zeleno« gospodarstvo po načelu od hloda do proizvo-



Slika 3: Gradbeno mojstrovino predstavljajo slovenski kozolci, ki se ohranijo stoletja. Foto: Franc Pohleven

da. Pomena lesa so se zavedali že naši predniki (Žumer, 1946). Po osamosvojitvi smo les kot nacionalno dobrino za industrijo prezrli in se njegovega pomena dandanes vse premalo zavedamo. O pomenu lesa že od leta 2009 ozaveščamo slovensko javnost s promocijskimi razstavami Čar lesa. (Sliki 8 in 9).

Les varuje naravo in človeka

S prehodom na izdelke iz lesa bi se kakovost življenja in varnost ljudi znatno izboljšali. Les ni zdravilo, omogoča pa dobro počutje, ki dolgoročno vpliva na zdravje človeka. Bivalni prostori iz lesa omilijo občutek mraza in vročine. Hiša iz lesa nas pozimi prijetno greje, poleti pa hladi. V leseni hiši ni mikro zračnih tokov, zato nimamo občutka »prepiha«, obenem pa lesene stene uravnavajo relativno zračno vlažnost v prostorih. Iz lesa se ne sproščajo škodljive snovi, prav nasprotno – sproščajo se vonjave in lesena hiša prijetno diši. Prav tako les ne vsebuje radioaktivnih elementov in ne povzroča statične elektrike in alergij. Važni sta tudi potresna odpornost in požarna varnost lesene hiše, kajti lesene nosilne konstrukcije ob požaru mnogo dlje zdržijo kot armiranobetonske, v primeru potresa pa se ne zrušijo (Kitek Kuzman, 2008).



Slika 4: Juneževa domačija v Rogaški Slatini je v celoti iz lesa (tudi dimnik). Stara je okoli 220 let in ob vzdrževanju kritine se bo ohranila še stoletja Foto: Franc Pohleven



Slika 5: V Sloveniji je v zadnjih letih opaziti vse več hiš iz masivnega lesa (brun), kot je tale na Kureščku. Foto: Franc Pohleven

Viri:

ARSO. (2020). Vročinski valovi. https://meteo.arso.gov.si/met/sl/climate/current/archive_heatwaves/2020/.

Čar lesa. (2009–2014). Katalogi razstavljenih eksponatov. <https://carlesa.si/katalogi/>.

Dickinson, B. (2023). The science of environmental sustainability and climate change: a holistic approach to climate change and solutions. eBooks.

Gautier, C., in Fellous, J. L. (2008). Facing Climate Change Together. Cambridge University Press, Cambridge.

International Plant Protection Convention (IPPC). (2022). <https://www.ipcc.ch>

Kitek Kuzman, M. (2008). Gradnja z lesom – izziv in priložnost za slovenijo. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo.

Kitek Kuzman, M. (2015). Les v sodobni slovenski arhitekturi – Wood in contemporary slovenian architecture. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo.

Kuittinen, M., Ludvig, A. in Weiss, G. (2013): Wood in carbon efficient construction: Tools methos and applications. CEI-Bois, Brussels.

Morrison, R. (2020). Global carbon emissions could see an 'historic decline' in 2020 ... <https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-8272129/Global-carbon-emissions-historic-declines-energy-use-slumps.html>

Obučina, M., Kitek Kuzman, M., in Sandberg, D. (2017). Use of sustainable wood building materials in Bosnia and Herzegovina, Slovenia and Sweden. Mechanical Engineering Faculty, Department Wood Technology. Sarajevo.

Pohleven, F., in Steblovnik Župan, Z. (2010). Obvladajmo podnebne spremembe – uporabimo les. Slovenska gozdno lesna tehnološka platforma, Ljubljana.

Pohleven, F. (2011). Naravna barva izdelkov iz lesa je siva. Les/Wood. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo.

Pohleven, F. (2022). Z uporabo lesnih izdelkov do manj izpustov toplogrednih plinov. V I. Bizjak, in J. Volfand (ur.), Izzivi in rešitve za ponovni vzpon pohištvene industrije (str. 76–79). Celje, Fit media.

Žumer, L. (1946). Naš les – naš kruh. V Koledar Družbe svetega Mohorja 1946 (str. 77–81). Celje



Slika 6: Na Ljubljani izstopa lesena ladjica. Foto: Franc Pohleven



Slika 7: V Sevilli ob tržnici stoji Metropol Parasol, znan tudi kot "sevilska goba". To je ena od največjih lesenih konstrukcij na svetu (150 x 70 metrov in 26 metrov višine). Zgrajena je iz naprednih lesenih kompozitov. Foto: Anton Kambič



Sliki 8 in 9: Že 15 let v Cankarjevem domu in po Sloveniji potekajo razstave Čar lesa, kjer so razstavljeni čudoviti izdelki iz lesa, kot je Suhadolčev stol, ležalnik, skatebori ter drobni predmeti iz raznih vrst lesa in kompozitov. Foto: arhiv Čar lesa

Nujna sta boljša organiziranost in upravljanje lesnega sektorja

Igor Milavec

GZS, Združenje lesne in pohištvene industrije

t: 01 5898 285

e: igor.milavec@gzs.si

www.gzs.si/zdruzenje_lesne_in_pohistvene_industrije

Razvojni temelj lesnopredelovalne panoge ostaja čudovita narava lesa kot trajnostnega, lepega in človeku prijaznega materiala, ki obenem pomaga reševati tudi osrednji problem človeštva, pregrevanje planeta. Les namreč lahko hrani desetletja, celo stoletja, po tona CO₂ v vsakem kubičnem metru in je tudi naravno zdravilo za planet, ki je že sedaj prevroč in ga je treba z obširnimi pogozdovanjem hladiti.



Foto: www.shutterstock.com

Deležniki v lesni panogi niso povezani

Slovenija sodi, k sreči, med najbolj bogate države s tem naravnim darom, povezanim z obširnimi znanjem ljudi o umni rabi lesa. Moramo pa še veliko narediti, da bomo ta naravni kapital v celoti obdelovali, začevši z drugačnim upravljanjem celotnega gozdno-lesnega sektorja. Sedanja razdeljenost gozdarjev, lastnikov gozdov in lesarjev namreč ne omogoča optimalne uporabe lesa iz slovenskih gozdov, v katerih lesna zaloga znaša že več kot 350 mio m³ in letno prirašča v rangu 10 mio m³. Posek lesa že desetletja namreč niti približno ne dosega potrebnega poseka za ohranjanje zdravega gozda in so tako mnogi sestoji že prestari, s čimer pa nastaja velika gospodarska škoda. Posek za predelavo v korist gozdnih sestojev bi bilo treba zato dvigniti vsaj za polovico, torej s sedanjih 4 na vsaj 6 mio m³ na leto. Ker sončna energija postopoma zmanjšuje potrebo po kurjenju lesa za ogrevanje stavb, se bo količina lesa za predelavo z leti še večala, postopoma verjetno tudi nad 7 mio m³ na leto.

Leta 2022 je bilo v Sloveniji po ocenah Gozdarskega inštituta Slovenije predelanega okrog 2,5 mio m³ industrijskega lesa, torej so možnosti za povečanje predelave še 2- do 3-kratne. V istem letu je bil s predelavo lesa ustvarjen prihodek v višini 2,2 mrd evrov samo v lesnopredelovalni in pohištveni industriji. Če bi prišli še prihodke iz gozdarstva in papirnopredelovalne industrije pa še veliko več. Torej je samo v lesni in pohištveni industriji možno doseči letne prihodke v višini 5 mrd evrov.

Kako okrepiti razvojne in tržne dejavnosti

A sedanja organiziranost in upravljanje gozdno-lesnega sektorja tega ne omogočata, zato so nujne institucionalne spremembe upravljanja in posledično tudi delovanja celotnega sektorjskega ustroja.

Ločenost upravljanja na dve ministrstvi in ločeno delovanje lastnikov gozdov, gozdarjev in lesarjev brez skupnega organa, ki bi oblikoval skupno strategijo in upravljal njeno izvajanje, ne omogoča doseganja prej navedenih ciljev.

Potrebnih bo namreč veliko usklajenih ukrepov, ki bodo omogočili uresničitev teh ciljev. Najprej zagotavljanje skrbnega upravljanja tudi večine zasebnih gozdov, kamor spada tudi redna sečnja, saj sedaj mnogi lastniki z gozdom sploh ne gospodarijo.



Foto: www.shutterstock.com



Foto: www.shutterstock.com

Širitev obsega dejavnosti, ki bo neobhodno zahtevala tudi velika vlaganja tako v gozdarstvo kot lesarstvo, bo mogoče izvesti le ob zagotovljenih letnih količinah poseka in ob redni oskrbi lesnopredelovalne industrije z lesom po konkurenčnih cenah. In ne nazadnje, potrebna bo izdatna krepitev razvojnih in tržnih dejavnosti za zagotavljanje uspešnega poslovanja sektorja.

Zato bo najprej treba doseči dogovor med ključnimi sektorskimi akterji glede novega načina upravljanja celotnega gozdno-lesnega sektorja in potem glede njegovega institucionaliziranja.

Posledice segrevanja planeta pa zelo močno občutijo tudi gozdovi, kar bo še eden od velikih skupnih izzivov, ki ga bomo povezani v enotno upravljan gozdno-lesni sektor lažje uspešno reševali.

Vsak izdelek bo konkurenčen na globalnem trgu

Priložnosti za dobro izrabo industrijskega lesa je zelo veliko, saj se zanimanje ljudi za rabo lesa stalno povečuje. Taki bodo tudi bodoči trendi. Zavedati pa se moramo, da bo pri vseh izdelkih in storitvah potrebno stalno doseganje mednarodne konkurenčnosti ter okolju in družbi prijaznega poslovanja. Prehod bo zato neposredno vezan tudi na konkurenčnost slovenskega poslovnega okolja, torej tudi odvisen od raznih obdavčitev, fleksibilnosti delovnopravne zakonodaje, cen energentov itd. Prav širše poslovno okolje običajno močno vpliva na to, koliko ustvarjene dodane vrednosti podjetja lahko uporabijo za razvojne dejavnosti in nakup sodobnih tehnologij, in s tem na la-

stno konkurenčnost. Če jim ostane premalo finančnih sredstev za te namene, potem je premalo vložkov v razvojne dejavnosti, čemur kmalu sledi pomanjkanje naročil.

V ta okvir sodi tudi skrb za slovenskega kmeta, saj aktivni kmetje praviloma skrbijo tudi za gospodarjenje v gozdovih. Sedanji trend opuščanja kmetijskih dejavnosti je lahko velika ovira tudi za doseganje sektorskih ciljev.

Osnova za navedeno povečanje obsega predelave lesa bo v glavnem širjenje poslovanja sedanjih predelovalcev lesa in delno tudi odpiranje novih proizvodnih kapacitet, predvsem za proizvodnje, ki bodo omogočale izrabo manj vrednega lesa listavcev, ki ga sedaj ne moremo predelati v celoti. To so lahko proizvodnje različnih lesnih kompozitov.

Sodobni čas, z vedno večjo digitalizacijo in obremenitvami našega življenja ter z nasploh vse bolj kompleksnim načinom življenja, pa odpira tudi številne nove poslovne priložnosti. Mednje lahko sodi tudi gradnja digitaliziranih lesenih stavb s sodobnim notranjim interierjem. V tej smeri se trudimo tudi v SRIP-u Pametne stavbe in dom z lesno verigo z oblikovanjem tovrstnih poslovnih modelov za izgradnjo in opremo lesenih pametnih stavb prihodnosti na ključ, s poudarkom na večjih javnih stavbah, kot so na primer stanovanjski bloki.

Skratka, prihodnost gozdno-lesnega sektorja je v duhu povečanih potreb po trajnostni rabi lesa zelo obetavna.

Delovanje verig vrednosti pri predelavi lesa listavcev v slovenskem gozdno-lesnem sektorju

dr. Aleš Straže, dr. Dominika Gornik Bučar, dr. Jože Kropivšek
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
t: 01 320 36 35
e: ales.straze@bf.uni-lj.si
www.bf.uni-lj.si

Izzivi v gozdno-lesnem sektorju v luči evropskega zelenega dogovora

Ustvarjanje vrednosti za kupca in dobavljanje zelenih izdelkov po sprejemljivi ceni je v gospodarstvu in tudi v gozdno-lesnem sektorju eden izmed osnovnih ciljev deležnikov, tj. poslovnih subjektov, ki delujejo na začetku dobavnih verig, pa vse do tistih, ki na višjih nivojih proizvajajo izdelke za končne uporabnike (Nicholls in Bumgardner, 2018). Na primarnem nivoju so deležniki lastniki in upravljalci gozdov ter pridelovalci in proizvajalci primarnih proizvodov, kot sta npr. žagan les in furnir. Ti subjekti imajo osnovno povezovalno nalogo in s poslovnimi odločitvami značilno vplivajo na vrste in vrednosti primarnih lesnih proizvodov, ki se uporabljajo kot ključni materiali v sekundarni proizvodnji. Velja tudi obratno – v dobavni verigi so vedno pomembnejši predelovalci na višji stopnji in na koncu potrošniki.

Slovenska lesna industrija je značilno izvozno usmerjena in na mednarodnih trgih, navkljub dovolj velikim domačim lesnim zalogam, tekmuje z globalnimi proizvajalci in dobavitelji surovin, tudi na osnovi lesa in lesne biomase. V polpretekli zgodovini so se proizvodne zmogljivosti precej zmanjšale, predvsem na področju predelave furnirja, lesnih kompozitov in celuloze. Za veliko deležnikov v gozdno-lesni verigi to pomeni visoko stopnjo odvisnosti od mednarodnih trgov in negotovost pred morebitnim nedelovanjem dobavnih verig. Stabilnost posameznih členov celotne gozdno-lesne verige je tako odvisna od sposobnosti in konkurenčnosti proizvodnje ter od vzdrževanja dobavnih verig (Kropivšek idr., 2023). Poslovni subjekti domačega gozdno-lesnega gospodarstva večkrat čutijo posledice raznih kriz, kot so dobavne motnje in pritisk cen surovin ter energije, tudi zaradi naravnih ujm ter podnebnih sprememb, preteklih kriz gradbenega sektorja, pandemije covida-19 in slabih gospodarskih kazalnikov (Straže idr., 2023).

Priložnost za krepitev zelenih verig vrednosti, med katerimi je ena pomembnejših tudi gozdno-lesna veriga (European Organisation of the Sawmill Industry – EOS, 2020), je tudi Evropski zeleni dogovor (angl. The Green Deal, 2019), s katerim se je Evropska unija (EU) zavezala k ukrepanju za doseg podnebne nevtralnosti do leta 2050 (The international wood industry in

one information service, 2020a). V teh dokumentih je posebej izpostavljena uporaba lesa v konstrukcijske namene, predvsem za lesno gradnjo, kjer les trenutno predstavlja le 3 % vseh uporabljenih materialov (The international wood industry in one information service, 2020b). To odpira nove možnosti tudi za slovensko lesarstvo.

Med dolgoročneje izzive domače gozdno-lesne verige spada tudi pričakovana spremenjena struktura domače dobavne verige gozdno-lesnih sortimentov. Zaradi pričakovanih podnebnih sprememb se pričakuje povečevanje deleža listavcev, ob hkratnem naraščanju deleža sortimentov slabše kakovosti. Poraba lesa listavcev v Evropi upada, kar pripisujejo manjšanju gradbeniškega sektorja ter zmanjševanju konkurenčnosti pohištvene industrije na globalnem trgu (Prislan, 2015). V domači lesni zalogi prevladujejo listavci (56 %), med drevesnimi vrstami pa sta najbolj zastopani smreka (30,4 %) in bukev (32,7 %), delež slednje pa počasi narašča (Poročilo Zavoda za gozdove Slovenije o gozdovih za leto 2021, 2022). V letu 2019 se je v Sloveniji poraba žaganega lesa listavcev v primerjavi z letom 2018 zmanjšala za 5 %, glede na leto 2010 pa celo za 22 %. Poraba okroglega lesa listavcev za energetske namene je v letu 2021 predstavljala 52 %, v letu 2020 pa 54 % celotne porabe okroglega lesa listavcev (Ščap, 2020). Les listavcev se po mnenju mnogih preveč uporablja zgolj za proizvodnjo energentov in lesnih kompozitov, čeprav nudi številne druge možnosti rabe v izdelkih široke potrošnje, v gradbeništvu in v izdelkih z visoko dodano vrednostjo ter v novih, naprednih materialih na osnovi lesa listavcev (Kropivšek in Čufar, 2015).

Verige vrednosti v gozdno-lesnem sektorju

Evidentiranje obstoječih verig vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem sektorju in preverjanje zagotavljanja krožnosti ter možnosti predelave listavcev v materiale, polizdelke in izdelke z višjo in visoko dodano vrednostjo je bilo izvedeno v okviru projekta LesGoBio – Možnosti rabe lesa listavcev v slovenskem biogospodarstvu (<https://www.gozdis.si/projekti/LesGoBio/>). Kot izhodišče za vrednotenje verig vrednosti smo uporabili koncept mejne kakovosti vhodne surovine (angl. marginal log) (Wang, 2015). Koncept temelji na opredelitvi namena rabe hlovdovine glede na njeno kakovost (Ringe in Hoover, 1987), da se



Foto: www.shutterstock.com



Foto: www.shutterstock.com

razpoložljiv potencial surovine izkoristi za proizvodnjo izdelkov s čim višjo dodano vrednostjo. Dodana vrednost izdelkom se povečuje tudi s stopnjo tehnološke predelave, kar znotraj celotne gozdno-lesne verige pomeni še več možnosti za vlaganje v razvoj, posodobitve tehnologij in digitalizacijo (Kropivšek idr., 2017; Kropivšek in Gornik Bučar, 2017).

Na osnovi koncepta mejne vrednosti surovine je bilo v domačem gozdno-lesnem sektorju evidentiranih 10 verig vrednosti (Straže idr., 2023). Primarne verige (P1–P5) temeljijo na kakovostnih razredih gozdno-lesnih sortimentov (GLS): žagarska hlodovina (P1), furnirska hlodovina (P2), hlodovina za celulozo in plošče (P3), drug industrijski les (P4) in okrogli les najslabše kakovosti (P5) ter se nadaljujejo v sestavljene, sekundarne verige vrednosti (S8, S9, S10). Mnoge od slednjih se zaključujejo tudi v drugih panogah izven gozdno-lesnega sektorja. Verige se med sabo prepletajo, nastali (pol)proizvodi in ostanki znotraj verig (K6) pa lahko predstavljajo začetek drugih verig ali se vključujejo vanje v eni od faz. Dve primarni verigi (K6 – Ostanki, K7 – Odslužen les) zagotavljata krožnost, pri čemer svojih virov ne črpata neposredno iz narave, ampak surovinsko izhajata iz posameznih segmentov primarnih (P1–P5) in tudi sekundarnih verig vrednosti (S8–S10), vključno z izdelki po koncu njihove uporabe (K7).

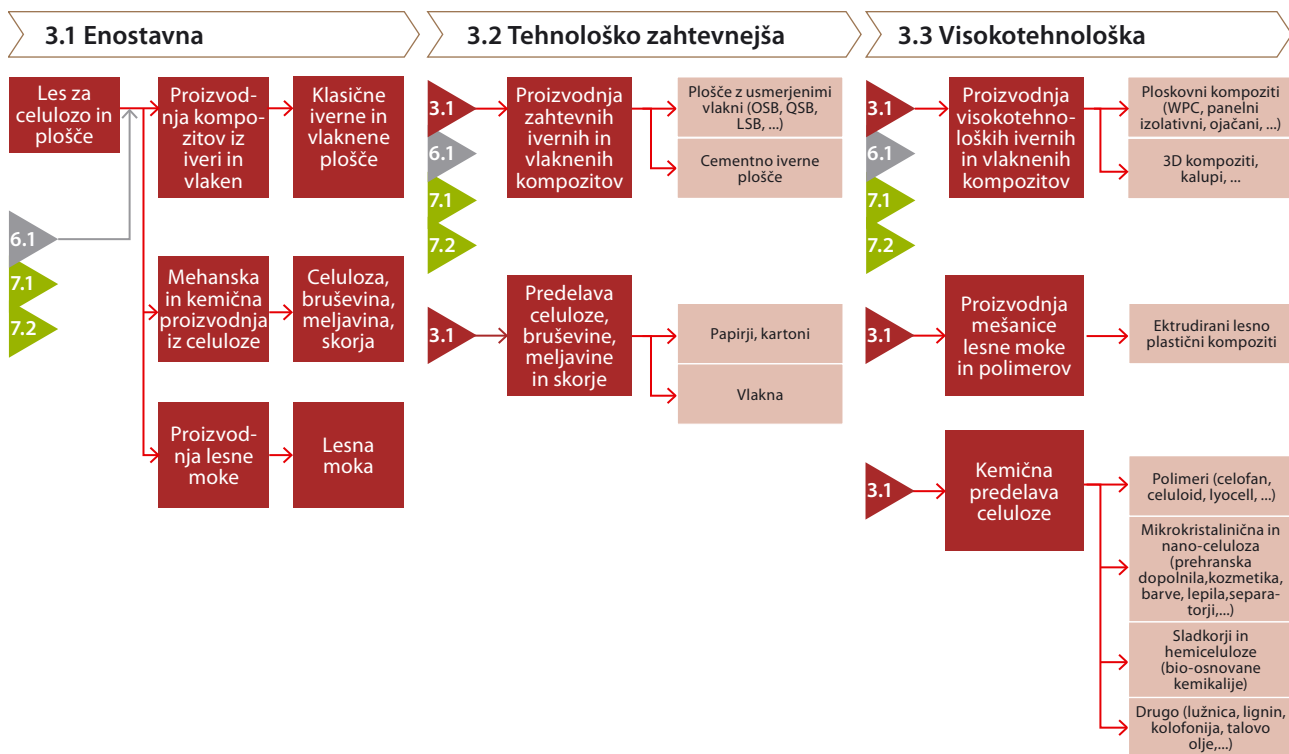
Primarne verige vrednosti

Osnovne, primarne verige vrednosti (P1–P5) predstavljajo: P1 – Žagan les, P2 – Furnir, P3 – Les za celulozo in plošče (kompoziti, papir), P4 – Drug industrijski les (kemijska predelava) in P5 – Okrogli les najslabše kakovosti (energetika). V Sloveniji je količinsko precej manj proizvodnje žaganega lesa listavcev (l. 2016: 136.000 m³) kot proizvodnje žaganega lesa iglavcev (l. 2016: 500.000 m³) (Ščap, 2020; Ščap idr., 2021). Veriga predelave žaganega lesa listavcev (P1) deluje do 2. stopnje tehnološke zahtevnosti, kjer pa ne deluje predelava v konstrukcijski žagan les (Slika 1). Podobno kot pri lesu iglavcev in drugih materialih je pri gradnji z lesom treba poznati mehanske lastnosti lesa, kar pa zaradi variabilnosti lesa v prvi vrsti zahteva ocenjevanje s predpisano stopnjo zanesljivosti in razvrščanje v ustrezne trdnostne razrede skladno s standardom SIST EN 338:2016 (Gornik Bučar, 2009), ki pa trenutno ne deluje.

V zadnjem času se na področju gradnje z lesom razvijajo sodobne inženirske rešitve tudi pri uporabi listavcev, kot so lamelirani nosilni konstrukcijski elementi, križno lepljen les, t. i. hibridni lamelirani nosilni elementi, tudi v kombinaciji z lesom iglavcev in drugih lesnih kompozitov (l-profil, škatlasti profili), kjer smrekov lameliran les ojačamo s pasnicami lesa listavcev (Straže, 2022). Ti visokotehnološki in inovativni izdelki se v domači primarni verigi vrednosti Žagan les (P1) trenutno ne proizvajajo. Tovrstni izdelki pa bi lahko predstavljali pomembno tržno nišo visokotehnološko opremljenim podjetjem z vitko proizvodnjo za izpolnjevanje specifičnih potreb zahtevnih kupcev (Kropivšek idr., 2023; Straže idr., 2023).

Za optimalno rabo lesa listavcev je nujna proizvodnja konstrukcijskega kot tudi plemenitega furnirja, kjer se v verigi uporablja hlodovina najvišje kakovosti (P2 – Furnir, Slika1). Furnir je osnova v uveljavljenih vezanih ploščah ali nosilnih konstrukcijskih elementih iz furnirnega slojnatega lesa (LVL). Slednji predstavlja velik potencial v inovativnih konstrukcijskih kompozitnih elementih, bodisi ploskovnih, linijskih ali prostorsko ukrivljenih elementih, ki imajo bistveno boljše mehanske lastnosti kot npr. smrekov lepljen lameliran les (Saražin idr., 2017; Šernek, 2009). Razmerje med maso in upogibno nosilnostjo je pri bukovih kompozitih ugodnejše kot pri smrekovih, konstrukcijski elementi z enako nosilnostjo pa so vitkejši (Straže, 2022). Les v gradnji ima lahko tudi nenosilno funkcijo, s poudarjeno toplotno in zvočno izolativnostjo, ko ga uporabljamo za stenske, stropne in talne obloge, za stavbno pohištvo ter razne druge nenosilne elemente. Smiselna je tudi uporaba hitrorastočih lesnih vrst z nizko gostoto lesa, kot sta npr. trepetlika (*Populus tremuloides*) in pavlovnija (*Paulownia tomentosa*) (Straže, 2022).

Velike možnosti za uporabo lesa listavcev so v izdelavi lesnih kompozitov, še posebej inovativnih 3D kompozitov, izolativnih, ojačanih in drugih kompozitov (Šernek, 2009). Iz lesa listavcev kvalitete za celulozo in plošče (P3) lahko pridobivamo tudi osnovne kemikalije ter napredna biogoriva, kot sta etanol in butanol. Novejši postopki delignifikacije omogočajo energetsko učinkovito in ekološko sprejemljivo proizvodnjo celuloznih vlaken za izdelavo papirja, tekstila, polimerov ter nanofibrilirane in nanokristalinične celuloze (Zule idr., 2017).

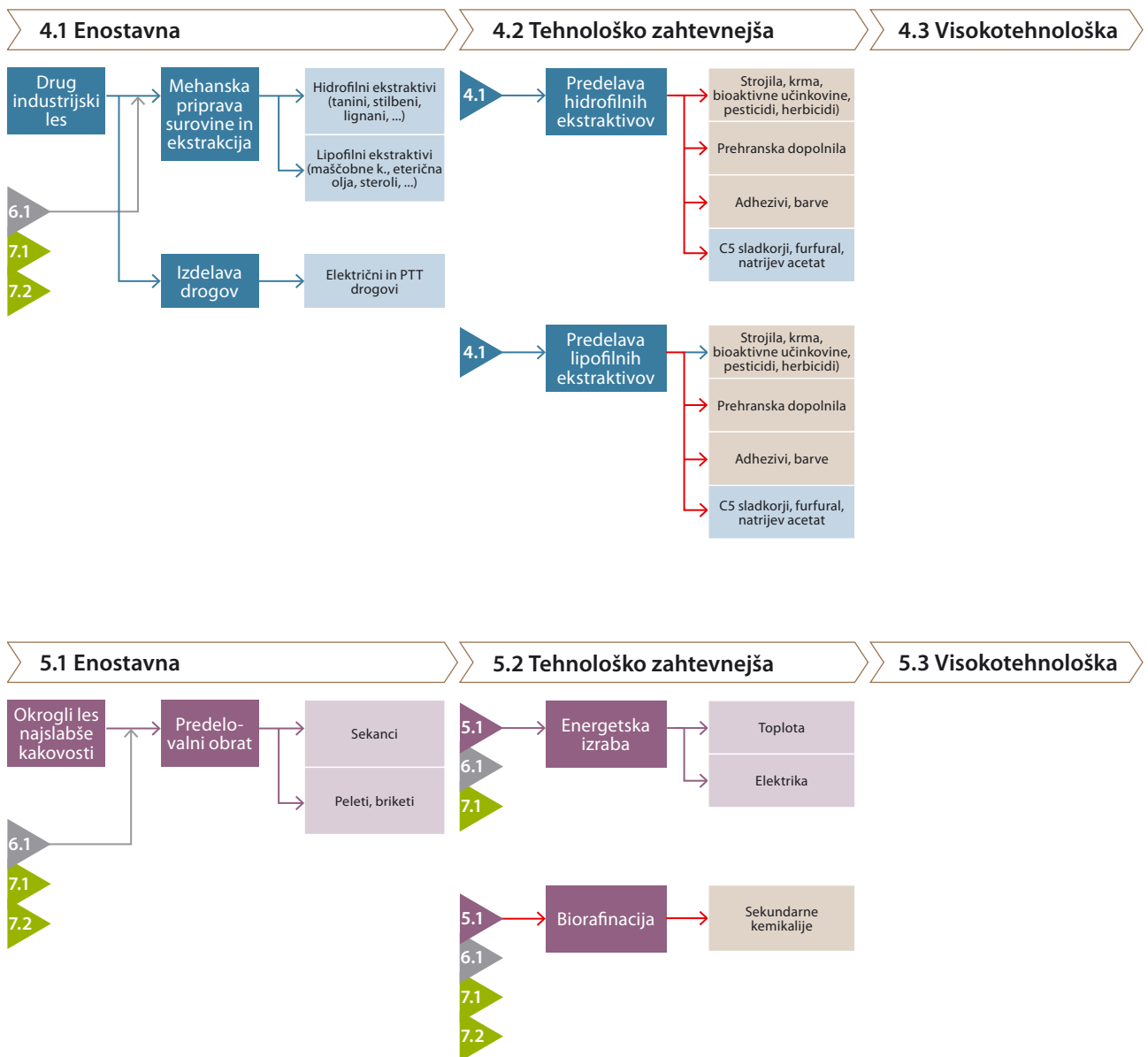


Slika 1: Delovanje primarnih verig vrednosti pri predelavi listavcev: P1 – Žagan les, P2 – Furnir in P3 – Les za celulozo in plošče po stopnjah zahtevnosti tehnološke obdelave (→ nedelujoči členi) (Straže idr., 2023)

Veriga vrednosti P3 trenutno deluje v zelo omejenem obsegu na primarni tehnološki stopnji le v segmentu vezanih plošč (Straže idr., 2023).

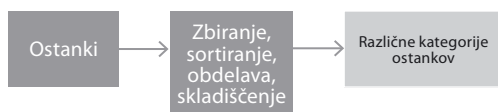
Pri več domačih lesnih vrstah listavcev sta uporabni tudi hemielulozna in ligninska frakcija. Predelava biomase poteka skladno s konceptom biorafinerije. Drug industrijski les listavcev (P4, Slika 2) trenutno predelujemo le na osnovni tehnološki stopnji. S predelavo hidrofilnih in lipofilnih ekstraktivov bi se odprle številne možnosti pridobivanja zelenih kemikalij z uporabnostjo v kemiji, prehranski industriji, agronomiji in drugje (Zule, 2015).

Večja skrb za čisto okolje z zahtevami po zmanjševanju emisij toplogrednih plinov ob hkratnih potrebah po energiji se kažejo tudi v povečani rabi lesne biomase, ki se je v Sloveniji, denimo v obdobju 2010–2019, več kot podvojila (l. 2010: 60.000 t; l. 2019: 134.000 t) (Gornik Bučar idr., 2021). Naraščajoče energijske potrebe povzročajo tudi pritisk na surovinsko dobavno verigo, kjer pa ne smemo dovoliti, da bi se za energetske namene uporabljala lesna surovina z višjim kakovostnim potencialom (Zule idr., 2017). Veriga vrednosti je šibka v segmentu vstopanja druge lesne mase kot surovinskega vira (K6, K7), večinoma zaradi težav z zbiranjem surovin in prisotnosti anorganskih onesnažil v njih (Humar, 2010), neizkoriščen potencial pa ima na področju biorafinacij (Zule, 2015).



Slika 2: Delovanje primarnih verig vrednosti pri predelavi listavcev: P4 – Drug industrijski les, P5 – Okrogli les najslabše kakovosti po stopnjah zahtevnosti tehnološke obdelave (→ nedelujoči členi) (Straže idr., 2023)

6.1 Enostavna



6.2 Tehnološko zahtevnejša

6.3 Visokotehnološka

7.1 Enostavna



7.2 Tehnološko zahtevnejša

7.3 Visokotehnološka



Slika 3: Delovanje verig vrednosti pri predelavi listavcev za zagotavljanje krožnosti: K6 – Ostanki, K7 – Odslužen les po stopnjah zahtevnosti tehnološke obdelave (→ nedelujoči členi) (Straže idr., 2023)

Verige vrednosti za zagotavljanje krožnosti

Skladno z Vizijo 2040 za evropski gozdno-lesni sektor (Vision 2040 of the European Forest-Based Sector, 2023), ki stremi h krožnemu gospodarstvu brez odpadkov (zero waste) in zapiranju snovnih tokov, je zelo pomembna ponovna uporaba in poraba ostankov v vseh členih celotne gozdno-lesne verige. Lesni ostanki (K6) omogočajo krožnost. V obliki procesnih stranskih proizvodov v treh osnovnih primarnih verigah (P1–P3; skorja, žagovina, sekanci idr.) se v povezanih in delujočih gozdno-lesnih verigah vrednosti v tujini prvenstveno uporabljajo kot glavna surovina ali pomemben surovinski vir v proizvodnji ivernih in vlaknenih kompozitov ter celuloze (P3, P4) (Hurmekoski idr., 2018). Podatki kažejo, da je pretekla izguba proizvodne infrastrukture v Sloveniji, predvsem na področju predelave furnirja, lesnih kompozitov in celuloze, povzročila naraščanje neoptimalnega koriščenja tega surovinskega vira zlasti v energetske namene, manjka pa njihova tehnološko zahtevnejša predelava (Krajnc in Piškur, 2006) (Slika 3).

Veriga vrednosti K7 – Odslužen les (Slika 3) deluje le na osnovni tehnološki stopnji, z večinsko izrabo razpoložljive surovine v energetske namene, manjka pa zahtevnejša tehnološka obdelava, ki bi omogočila kaskadno rabo (Humar in Lesar, 2016; Saražin idr., 2017). Odslužen les je za vključevanje v nadaljnje verige sicer problematičen zaradi pogosto visokih koncentracij anorganskih onesnažil ter sintetičnih vezivnih sredstev in sredstev površinske obdelave (Humar, 2010). Za zagotavljanje krožnosti surovine so obetavni postopki hidrotermične obdelave in kompostiranja ter rabe v druge namene (Ugovšek, 2011).

Verige vrednosti višjih stopenj predelave

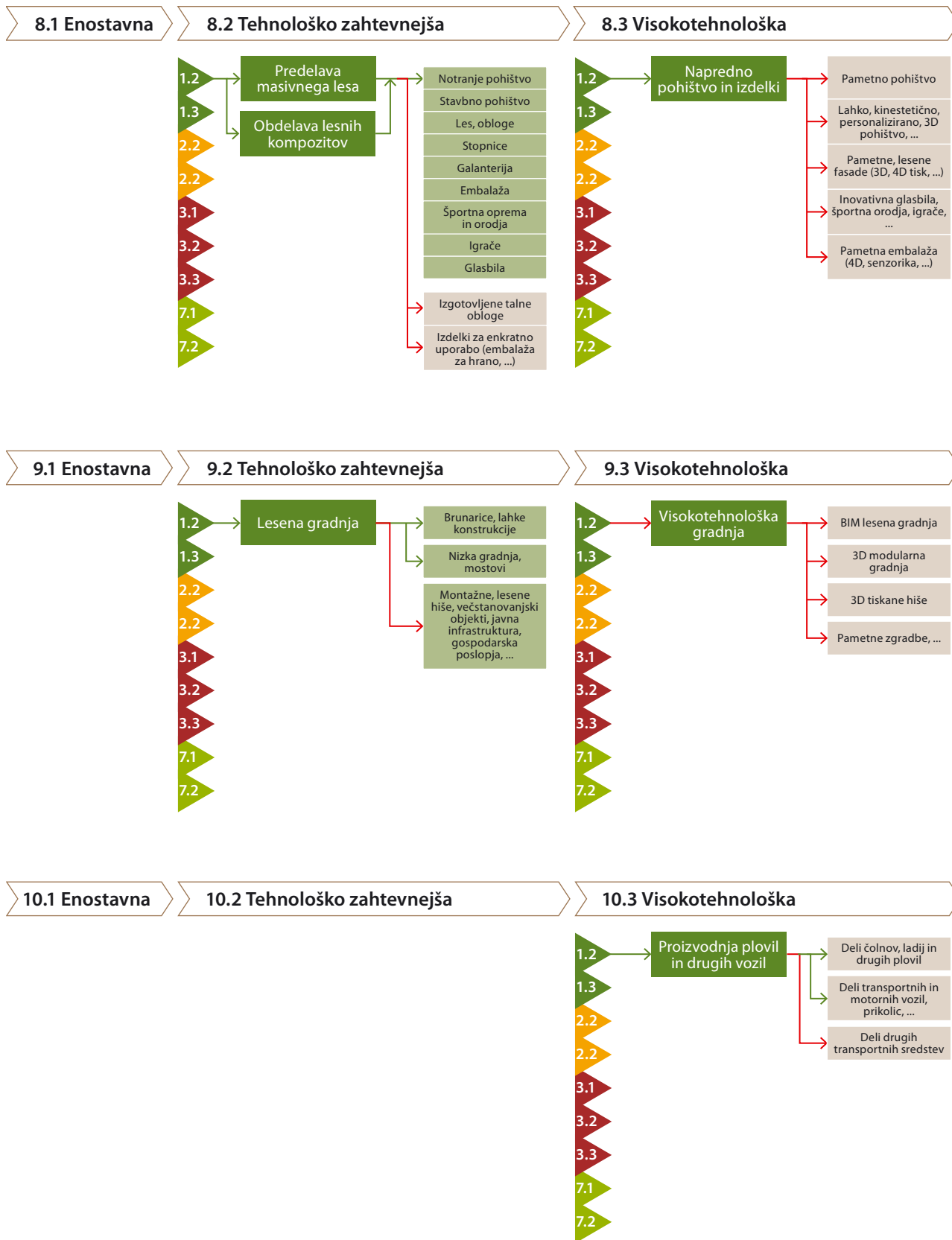
Na osnovi petih primarnih (P1–P5) in dveh povezovalnih, krožnih verig vrednosti (K6, K7) delujejo v slovenskem gozdno-lesnem sektorju verige višjih stopenj predelave in obdelave lesa (S8–S10), ki zagotavljajo tudi proizvodnjo izdelkov iz lesa z višjo dodano vrednostjo: S8 – Končni leseni proizvodi (notranja oprema in vse druge rabe – galanterija, glasbila, športno orodje, embalaža, obloge idr.), S9 – Lesena gradnja (povezava z gradbeništvo – F41, F42) in S10 – Plovila in prevozna sredstva (povezava s prevoznimi sredstvi – C29, C30).

Znotraj sekundarnih verig vrednosti nastajajo številne nove rabe lesa listavcev in s tem tudi inovativni izdelki, ki dvigujejo količino porabljenega lesa kot tudi dodano vrednost v izdelkih. Gre za razmeroma visokotehnološke verige, ki zahtevajo tudi velika vlaganja v investicije (Slika 4).

Eden izmed vzrokov za slabše izkoriščanje in predelavo lesa listavcev je slabo delujoča gozdno-lesna veriga, ki je na več mestih prekinjena, zato določenih rab in predelave lesa (listavcev) na višjih tehnoloških stopnjah, ki denimo temeljijo na osnovi konstrukcijskega furnirja, vezanega lesa in nekaterih kompozitov, v trenutnih pogojih sploh ni mogoče izvesti (S8–S10) (Straže idr., 2023). S tem izgubljam potencial in se soočamo z večjo porabo drugih materialov, večkrat manj prijaznih do okolja, s slabšim poslovanjem posameznih členov verige in nizkimi dobički. Rešitev je torej v iskanju inovativnih izdelkov, do katerih pa lahko pridemo z razvojem in uvajanjem sodobnih tehnologij in z digitalizacijo, predvsem pa z vzpostavljanjem novih, tudi kompleksnejših verig vrednosti, ki sežejo v druge panoge. Tako zagotovimo večplastno izrabo surovine, krožnost (izraba ostankov in ponovna uporaba) ter s tem višjo dodano vrednost (Kropivšek idr., 2023).



Foto: www.shutterstock.com



Slika 4: Delovanje sekundarnih verig vrednosti z višjo stopnjo predelave listavcev v domačem gozdno-lesnem sektorju: S8 – Končni leseni proizvodi, S9 – Lesena gradnja, S10 – Vozila in plovila po stopnjah zahtevnosti tehnološke obdelave (→ nedelujoči členi) (Straže idr., 2023)

Razprava z zaključki

Delovanje in medsebojna povezanost verig v domačem gozdno-lesnem gospodarstvu omogočata izkoriščanje polnega potenciala lesne surovine in multiplikativne učinke, zato je za sektor pomembno delovanje vseh verig vrednosti. Podatki kažejo, da je v gozdno-lesnem sektorju predvsem pereče nedelovanje verige Furnir (P2), s čimer se izgublja potencial lesne surovine najvišje kakovosti. Tudi delovanje verige Žagan les (P1) je omejeno, zlasti za del verige Proizvodnja konstrukcijskega lesa. To je tudi eden od razlogov za izvoz (kakovostnejše) hlodovine, ki se nato v verigi nadomešča z uvozom polizdelkov za nadaljnjo predelavo (npr. žagan les, lepljenci, lesne plošče). Pri tem gre poleg izgube dodane vrednosti tudi za posredno obremenjevanje okolja zaradi transporta kot tudi manjšanje surovinske samooskrbe.

Za doseganje kriterijev t. i. zelenih verig moramo velik poudarek v prihodnje nameniti vzdrževanju in krepitvi povezovalnih verig, ki zagotavljajo krožnost (K6, K7). Verigi Ostanki (K6) in Odslužen les (K7) sta trenutno prisotni v manjšem obsegu ter se prehitro zaključujeta, predvsem z rabo teh surovin v energetske namene.

Tudi v verigah vrednosti višjih stopenj predelave (S8, S9, S10), so številni nedelujoči členi, ki zahtevajo predvsem določene investicije, posodobitev organiziranosti (npr. mrežna organiziranost) in predvsem povečanje kompetenc zaposlenih v teh verigah, da bodo sposobni izdelovati izdelke višje dodane vrednosti. Ob naraščajoči avtomatizaciji in digitalizaciji procesov in tehnologij to hkrati pomeni na eni strani večjo učinkovitost, na drugi strani pa nižji ogljični odtis oz. okolju prijaznejše delovanje celotne gozdno-lesne verige. V verigah vrednosti višjih stopenj predelave lahko z inovativnimi rešitvami in prilagojenimi (ciljnimi) izdelki za končne uporabnike postanemo vodilni na področju, potenciali teh verig pa segajo izven gozdno-lesnega sektorja in imajo multiplikatorne učinke na gospodarstvo.



Foto: www.shutterstock.com



Foto: www.shutterstock.com



Foto: www.shutterstock.com

Zahvala

Delo je nastalo v okviru ciljnega raziskovalnega programa V4-2016 Možnosti rabe listavcev v slovenskem biogospodarstvu, financiranega s strani Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano ter Javne agencije za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije ARRS, ter v okviru dela na programih Javne agencije za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije ARRS, P4-0015 Les in lignocelulozni kompoziti ter P4-0430 Gozdno-lesna veriga in podnebne spremembe: prehod v krožno biogospodarstvo.

- Čufar, K., Gorišek, Ž., Merela, M., Kropivšek, J., Gornik Bučar, D., in Straže, A. (2017). Lastnosti bukovine in njena raba. *Les/Wood*, 1, 27–39.
- European Organisation of the Sawmill Industry (EOS). (2020). Timber in construction and bioeconomy in the EU Green deal resolution.
- Gornik Bučar, D. (2009). Sistem notranje kontrole proizvodnje – zahteva za vse proizvajalce. *Les/Wood*, 61(11), 451–454.
- Gornik Bučar, D., Prislán, P., Smolnikar, P., Stare, D., Krajnc, N., in Gospodarič, B. (2021). Usefulness of non-native invasive tree species wood residues for pellet production. *Les/Wood*, 70(1), 45–58. <https://doi.org/10.26614/LES-WOOD.2021.V70N01A04>
- Humar, M. (2010). Vsebnost klora v ostankih slovenske pohištvene industrije. *Les/Wood*, 62(2), 55–57.
- Humar, M., in Lesar, B. (2016). dLib.si Odslužen les – surovinski vir z velikim potencialom. *Gozdarski vestnik*, 74(7–8), 275–286. <https://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:DOC-ZD30SU19>
- Hurmekoski, E., Jonsson, R., Korhonen, J., Jänis, J., Mäkinen, M., Leskinen, P., in Hetemäki, L. (2018). Diversification of the forest industries: role of new wood-based products. *Canadian Journal of Forest Research*, 48(12), 1417–1432. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2018-0116>
- Krajnc, N., in Piškur, M. (2006). Tokovi okroglega lesa in lesnih ostankov v Sloveniji. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 80, 31–34.
- Kropivšek, J., in Čufar, K. (2015). Potencialna raba bukovine in vrednotenje dodane vrednosti v izdelkih iz bukovine. *Gozdarski vestnik*, 73(10), 470–478. <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=83671>
- Kropivšek, J., in Gornik Bučar, D. (2017). Dodana vrednost v izdelkih v gozdno-lesni verigi – Primer: primarna predelava bukovine. *Les/Wood*, 66(1), 61–72. <https://doi.org/10.26614/les-wood.2017.v66n01a06>
- Kropivšek, J., Milavec, I., in Likar, B. (2017). Analiza poslovanja slovenske lesne panoge: Slovenian wood industry sector analysis. *Les/Wood*, 66(2), 47–56. <https://doi.org/10.26614/LES-WOOD.2017.V66N02A05>
- Kropivšek, J., Straže, A., in Gornik Bučar, D. (2023). Kvalitativna/strateška analiza izbranih verig vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu. *Les/Wood*, 72(1), 47–60. <https://doi.org/10.26614/les-wood.2023.v72n01a04>
- Nicholls, D. L., in Bumgardner, M. S. (2018). Challenges and opportunities for North American hardwood manufacturers to adopt customization strategies in an era of increased competition. *Forests*, 9(4). <https://doi.org/10.3390/F9040186>
- Poročilo Zavoda za gozdove Slovenije o gozdovih za leto 2021. (2022). http://www.zgs.si/fileadmin/zgs/main/img/PDF/LETNA_POROCILA/2021_Porocilo_o_gozdovih_ZGS.pdf
- Prislán, P. (2015). Znanstvena razprava Stanje žagarske panoge v Sloveniji 2013/2014. *Gozdarski vestnik*, 73(10), 442–453.
- Ringe, J. M., in Hoover, W. L. (1987). Value added analysis - A method of technological assessment the United States forest products industry. *Forest Products Journal*, 37(11–12), 51–54.
- Saražin, J., Šernek, M., Humar, M., in Ugovšek, A. (2017). Upogibna trdnost in togost slojnatega furnirnega lesa (LVL) iz termično modificirane in nemodificirane bukovine. *Les/Wood*, 66(2), 29–36. <https://doi.org/10.26614/les-wood.2017.v66n02a03>
- Straže, A., Gornik Bučar, D., in Kropivšek, J. (2023). Identifikacija verig vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu. *Les/Wood*, 72(1), 33–46. <https://doi.org/10.26614/les-wood.2023.v72n01a03>
- Ščap, Š. (2020). Strokovna razprava Analiza podatkov o proizvodnji žaganega lesa v Sloveniji za obdobje 2014–2018, ki jih zbira in vodi Statistični urad RS. *Gozdarski vestnik*, 78(4), 178–184.
- Ščap, Š., Krajnc, N., in Prislán, P. (2021). Stanje žagarske panoge v Sloveniji v letu 2019. *Gozdarski vestnik*, 79(10), 363–375. <https://dirros.openscience.si/lzpisGradiva.php?id=14673>
- Šernek, M. (2009). Uporaba različnih lesnih vrst za konstrukcijske kompozite. *Silva Slovenica*, 115–123. https://www.academia.edu/27145788/Uporaba_Razlicnih_Lesnih_VRST_Za_Konstrukcijske_Kompozite
- Straže, A. (2022). Povečana raba lesa listavcev kot obnovljivega vira je prihodnost krožnih stavb. Človek v pametni in krožni zgradbi: Priročnik za investitorje, 152–155.
- The international wood industry in one information service. (2020a). EU »Green Deal« creates new opportunities for timber.
- The international wood industry in one information service. (2020b). EU »Green Deal« creates new opportunities for timber – Global Wood Markets Info. <https://www.globalwoodmarketsinfo.com/eu-green-deal-creates-new-opportunities-timber/>
- Ugovšek, A. (2011). Ravnanje z odsluženi lesnimi ploščnimi kompoziti. *Les/Wood*, 63(1–2), 2–7.
- Vision 2040 of the European Forest-based Sector (str. 12). (2023). The European Forestry House. https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan_en
- Wang, L. (2015). Value chain analysis of bio-coal business in Finland: Perspectives from multiple value chain members. *Biomass and Bioenergy*, 78, 140–155. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.04.005>
- Zule, J. (2015). Možnosti kemične predelave bukovnega lesa. *Gozdarski vestnik*, 73(10), 479–487.
- Zule, J., Gornik Bučar, D., in Kropivšek, J. (2017). Inovativna raba bukovine slabše kakovosti in ostankov. *Les/Wood*, 66(1), 41–51. <https://doi.org/10.26614/les-wood.2017.v66n01a04>

Podnebne spremembe spreminjajo drevesno sestavo slovenskih gozdov

mag. Andrej Breznikar, dr. Aleš Poljanec

Zavod za gozdove Slovenije

t: 01 470 00 50

e: andrej.breznikar@zgs.si

ales.poljanec@zgs.si

www.zag.si

Uvod

Podnebne spremembe predstavljajo velik izziv tudi za gozdarsko, lesarsko in sorodne stroke. Blaženje in prilagajanje na podnebne spremembe je nujno, če želimo zmanjšati njihove negativne posledice in zagotoviti nemoteno proizvodnjo lesa ter uresničevanje vseh funkcij gozdov tudi v prihodnosti. Ukrepanje ob podnebnih spremembah terja dve vrsti odzivanja: na eni moramo zmanjšati emisije toplogrednih plinov, torej sprejeti ukrepe za blažitev obsega podnebnih sprememb, na drugi pa moramo ukrepati tako, da se prilagodimo neizogibnim posledicam (Kajfež Bogataj, 2012).

Ta dva odziva na izzive podnebnih sprememb predstavljata dve strani kovanca:

- ukrepe za blaženje posledic podnebnih sprememb, ki jih predstavljajo ukrepi za zmanjšanje hitrosti in obsega podnebnih sprememb z zmanjševanjem izpustov emisij toplogrednih plinov v ozračje, kjer gozd, kot ponor ogljika, igra ključno vlogo;
- ukrepe za prilagajanje na podnebne spremembe, ki pa jih predstavljajo ukrepi za načrtno zmanjševanje ranljivosti in povečevanje odpornosti gozdov na zaznane ali pričakovane vplive podnebnih sprememb in s tem za zmanjšanje negativnih učinkov podnebnih sprememb na blaginjo človeške družbe.

V prispevku se osredotočamo na analizo vplivov podnebnih sprememb na bodočo drevesno sestavo slovenskih gozdov in ukrepe prilagajanja gospodarjenja z gozdovi, katerih cilj je zmanjšanje tveganja pri proizvodnji lesa ključnih drevesnih vrst in škod v gozdnih sestojih zaradi sedanjih in prihodnjih škodljivih učinkov podnebnih sprememb. Posledice podnebnih sprememb v gozdovih se neposredno prenašajo na celotno gozdno-lesno verigo od nihanj pri dobavi lesa in njegovi kvaliteti, ki so posledica naravnih ujm v gozdovih, do dolgoročnih sprememb vrstne sestave dobav lesa, ki so posledica sprememb pogojev za uspevanje posameznih drevesnih vrst.

Sonaravno, trajnostno in mnogonamensko gospodarjenje z gozdovi je učinkovit okvir za odzivanje na podnebne spre-

membe (Breznikar, 2019). Ob učinkoviti gozdarski administraciji omogoča adaptivno prilagajanje gozdnogospodarskih odločitev, saj je zaradi hitrih sprememb sedanje znanje o delovanju ekosistemov omejeno, prihodnost pa negotova. V Sloveniji bi bile pričakovane motnje v razvoju gozdov zaradi podnebnih sprememb še večje, če ne bi imeli relativno velike naravne biotske pestrosti gozdov, velike samoobnovitvene sposobnosti na pretežnem delu gozdov in prevladujočega skupinsko postopnega gojenja gozdov, s katerim oblikujemo razgibano zgradbo gozdnih sestojev.



Slika 1: Skupinsko postopno gospodarjenje je prevladujoč sistem gospodarjenja z gozdovi v Sloveniji. Foto: ZGS

Napovedi obsega podnebnih sprememb in njihov vpliv na razširjenost drevesnih vrst

Napovedi podnebnih sprememb v Sloveniji

Večina vplivov podnebnih sprememb, ki se bodo nadaljevale še več desetletij, je negativnih. Ne moremo z gotovostjo trditi, kako se bodo naravni ekosistemi, kot je gozd, odzvali na te spremembe, obstajajo pa splošne napovedi in predvidevanja, ki so opisana v nadaljevanju (Dolinar, 2018).

Naraščanje temperature zraka se bo v Sloveniji v 21. stoletju nadaljevalo, velikost dviga do konca stoletja variira med 1,3 °C in 4,1 °C v primerjavi z obdobjem 1981–2010 in je odvisna od izbranega scenarija izpustov toplogrednih plinov. Verjetno bo najbolj zrasla temperatura pozimi, le nekoliko manj poleti in jeseni, najmanj pa spomladi.

Višina padavin na letni ravni in pozimi se bo znatno povečala, manj pa bo padavin poleti. Povečali se bosta jakost in pogostost izjemnih padavin. Pričakuje se večja sušnost v vegetacijskem obdobju.

Pogostost ekstremnih vremenskih dogodkov in naravnih ujm se bo povečala. Povečala se bo nevarnost suše, še posebej v submediteranskem območju. Višje temperature in spremembe vodnih režimov bodo spremenile pogoje za rast posameznih drevesnih vrst. Zmanjšala se bo njihova odpornost, zaradi tega pa bodo dovzetnejše za bolezni in škodljivce.

Sedanje stanje in struktura gozdov v Sloveniji

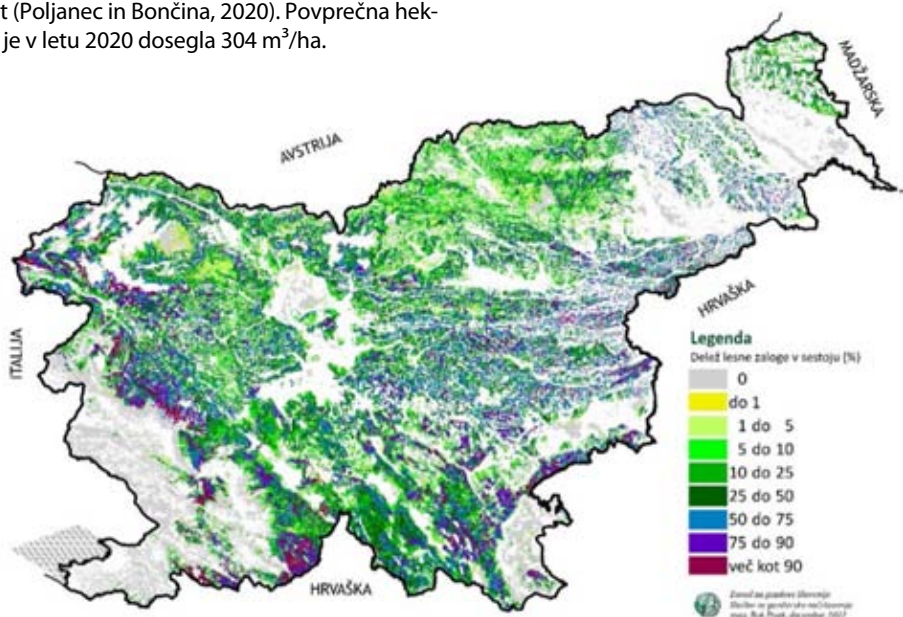
Skupna površina gozda po podatkih za leto 2020, ki jih povzemamo po kompendiju območnih gozdnogospodarskih in lovsko upravljaljskih načrtov za obdobje 2021–2030 (Poljanec idr., 2023), v Sloveniji znaša 1.176.173 ha, njihova skupna lesna zaloga pa 357 milijonov m³ lesa. Letni prirastek znaša 8,8 mio m³ lesa oziroma 7,5 m³/ha. V gozdovih se povečuje lesna zaloga in njihov prirastek. Lesna zaloga se je v zadnjih sedemdesetih letih povečala za 2,5-krat (Poljanec in Bončina, 2020). Povprečna hektarska lesna zaloga je v letu 2020 dosegla 304 m³/ha.



Slika 2: Bukev je najpogostejša drevesna vrsta v slovenskih gozdovih. Foto: Boris Rantaša

V Sloveniji uspeva 71 avtohtonih drevesnih vrst. Med drevesnimi vrstami v lesni zalogi prevladujeta bukev (32,9 %) in smreka (30,1 %). Sledijo jelka (7,4 %), hrasti (7,1 %), bori (5,4 %), drugi trdi listavci – beli in črni gaber, maklen, brek, mokovec, mali jesen, koprivovec, lesnika, hruška, kostanj, robinija, puhasti hrast, cer, skorš, trokrpi javor (8,5 %) in plemeniti listavci – gorski, ostrolistni in topokrpi javor, veliki in ostrolistni jesen, gorski in poljski brest, lipa in lipovec, češnja, oreh (5,4 %). V obdobju 2011–2020 se je nekoliko povečal delež bukke in plemenitih listavcev, zmanjšal pa delež bora in smreke. Pri ostalih drevesnih vrstah v preteklem desetletju ni opaznih znatnih sprememb v deležih lesne zaloge (Poljanec idr., 2023).

Drevesna sestava se med različnimi predeli Slovenije razlikuje, saj so območja rastiščno zelo raznolika (Bončina idr., 2021). Bukev v lesni zalogi prevladuje v dinarskem svetu in vzhodnem delu Slovenije (Slika 2). Iglavci prevladujejo v severni Sloveniji (območje Pohorja, Julijske Alpe, Kamniško-Savinjske Alpe) in na visokih planotah (Pokljuka, Jelovica, Mežakla), kjer v lesni zalogi močno prevladuje smreka.



Slika 3: Delež bukke v lesni zalogi gozdnih sestojev (Zavod za gozdove Slovenije, 2022)

Tujerodnih drevesnih vrst je malo, saj njihova lesna zaloga znaša le dober odstotek skupne lesne zaloge slovenskih gozdov. Največji delež v lesni zalogi imajo robinija (0,63 %), zeleni bor (0,20 %), topoli (0,12 %), duglazija (0,05 %) in rdeči hrast (0,03 %) (Poljanec idr., 2023).

Vpliv podnebnih sprememb na gozd in razširjenost drevesnih vrst

Razširjenost drevesnih vrst v prostoru je predvsem odvisna od podnebnih spremenljivk, kot so povprečna temperatura, količina padavin in evapotranspiracija, reliefnih značilnosti (nadmorska višina, naklon, ekspozicija) in značilnosti tal (Kutnar, Kobler, Krajnc in Simončič, 2011).

Rezultate modelov prihodnje razširjenosti posameznih drevesnih vrst ob različnih scenarijih podnebnih sprememb povzemamo po ugotovitvah projekta »Prilagajanje gospodarjenja z gozdovi podnebnim spremembam glede na pričakovane spremembe značilnosti in prostorske razporeditve gozdov« (Kutnar idr., 2011). Podnebne spremembe bodo povzročile prerazporeditev sedanjih gozdnih tipov in spremembo njihove drevesne sestave, kar bo imelo posledice tudi za celotno gozdno-lesno verigo.

Delež v Sloveniji najpogostejših drevesnih vrst smreke, jelke in bukke se bo do konca tega stoletja močno zmanjšal. Zmanjševanje deleža smreke v lesni zalogi gozdov je bilo zaznано že v prejšnjem desetletju in je posledica predvsem izrazitih nihanj rastiščnih pogojev, naravnih ujm in napadov podlubnikov (Poljanec idr., 2023). Smreka je še posebej ogrožena na gozdnih rastiščih, kamor po naravi ne sodi, predvsem v nižinah in na sušnih območjih.

Čeprav bukev danes še kaže trend širjenja, pričakovane spremembe lesne zaloge bukve zaradi sprememb podnebnih razmer kažejo na njeno postopno zmanjševanje na večini dosedanjega območja bukve, predvsem v gozdovih vzhodne Slovenije, deloma pa tudi na jugu in jugozahodu.

Modeli napovedujejo tudi zmanjšanje lesnih zalog gospodarsko zanimivih iglavcev, kot so jelka, rdeči bor in macesen. Podnebne spremembe po napovedih lahko ugodno vplivajo le na uspevanje črnega bora in s tem povečanje njegove lesne zaloge.

Med listavci lahko poleg bukve pričakujemo dokaj velik padec lesne zaloge gorskega javorja, delno tudi belega gabra in gradna na sedanjih rastiščih, vendar bi ti dve drevesni vrsti lahko nadomestili svoj izpad s širjenjem na nova rastišča na nekoliko višjih nadmorskih višinah.

Napovedano je tudi povečevanje lesne zaloge robinije in črnega gabra v gozdovih do konca stoletja, kar bi lahko imelo močan vpliv na gospodarjenje z gozdovi, še posebej v primeru robinije, ki sodi med invazivne tujerodne drevesne vrste.

Modelne napovedi drevesne sestave gozdov v prihodnosti so sicer precej nezanesljive, saj ne upoštevajo potencialne genetske in fenotipske plastičnosti posameznih drevesnih vrst ter sposobnosti gozda za regulacijo sestojne klime, kar bi vse skupaj lahko pripomoglo k ohranjanju posamezne vrste tudi v spremenjenih razmerah. Drevesne vrste imajo tudi sposobnost naseljevanja novih rastišč s pomočjo razširjanja semena, česar model prav tako ne upošteva. Na drugi strani pa lahko pogoste naravne ujme in škodljivci izrazito in hitro vplivajo na spremembo zmesi drevesnih vrst v obstoječih gozdovih.



Slika 4: Pogoste naravne ujme vplivajo tudi na spremembo zmesi drevesnih vrst v gozdovih. Foto: ZGS

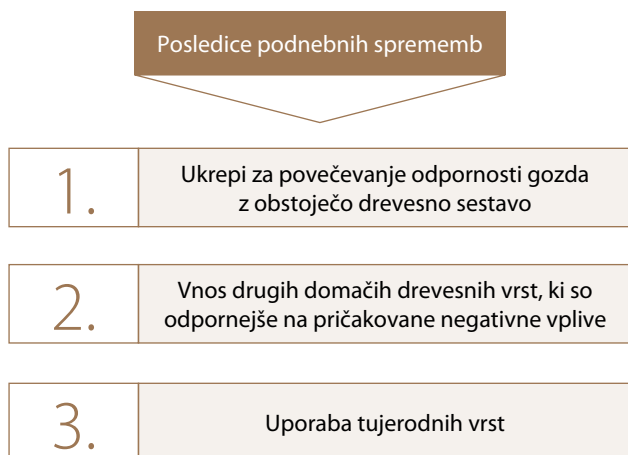
V zvezi s prihodnjo prostorsko razporeditvijo gozdne vegetacije so resda možne le grobe ocene, vendar je dejstvo, da postopno zaostrovanje razmer za uspevanje večine gozdnih drevesnih vrst pomeni tudi zmanjševanje kakovosti gozdnih lesnih sortimentov, nihanja v ponudbi lesa in relativno velike spremembe razmerja med iglavci in listavci v korist slednjih. To pa zelo neposredno prinaša potrebo po nujnem prestrukturiranju lesnopredelovalne industrije, predvsem zaradi velikega pomena hlodovine iglavcev. Dolgoročno prinašajo spremembe v ponudbi lesa na trgu tudi trendi povečevanja deleža termofilnih gozdnih združb, ki so praviloma gospodarsko manj zanimive zaradi vrstne sestave in manj kakovostnih sortimentov (Kutnar idr., 2011).

Prilagajanje drevesne sestave je ključni del strategije gojenja podnebno odpornih gozdov

Prilagajanje, ki ga predstavljajo vsi ukrepi za zmanjšanje negativnih učinkov podnebnih sprememb na vitalnost in odpornost gozdov, je ključni odgovor gozdarske stroke na podnebne spremembe. Prilagajanje je nujno za ohranjanje blaginje in dosežene stopnje zadovoljevanja potreb tako gozdno-lesne verige kot družbe nasploh, ne le zaradi ohranjanja gozda in narave.

Pri ukrepih prilagajanja drevesne sestave v gozdovih je gozdarska stroka postavila sistem ukrepov, ki predstavljajo tri »obrambne linije« pred pešanjem vitalnosti gozdov in zmanjševanjem možnosti zagotavljanja potreb gozdno-lesne verige in družbe (Chakraborty idr., 2019).

Prvo obrambno linijo predstavljajo ukrepi za povečevanje odpornosti gozda z obstoječo vrstno strukturo. V primeru, da za ohranitev gozda ti prilagoditveni ukrepi ne zadoščajo, je predvidena obnova gozda z drugimi domačimi vrstami, ki so odpornejše na spremenjeno okolje. Zadnjo, tretjo obrambno linijo predstavlja uporaba tujerodnih drevesnih vrst za obnovo in ohranitev gozda (Slika 2). Kompleksnost odločitev in tveganje za neuspeh naraščata od prve do tretje skupine prilagoditvenih ukrepov. Trenutno pri gospodarjenju z gozdovi intenzivno uvajamo ukrepe prve obrambne linije, ukrepe drugih dveh pa zastavljamo in preizkušamo v praksi.



Slika 5: Tri glavne obrambne linije gozdarstva pri zmanjševanju negativnih posledic podnebnih sprememb na gozdove

Povečevanje stabilnosti in odpornosti gozda z obstoječo zmesjo drevesnih vrst

Osnovna značilnost prve skupine ukrepov prilagajanja drevesne sestave je ohranjanje obstoječe naravne zmesi drevesnih vrst v gozdnih sestojih, kljub delno spremenjenim rastiščnim razmeram zaradi podnebnih sprememb in kljub povečanim tveganjem gozdne proizvodnje (naravne ujme, bolezni in škodljivci).

Ukrepi obsegajo tako uporabo pestre zmesi različnih prisotnih drevesnih vrst, provenienc in genotipov glede na pričakovane rastiščne razmere. Večje število različnih drevesnih vrst na površini pomeni manjše tveganje za biotske (škodljivci in bolezni) in abiotske poškodbe sestojev. Še posebej pospešujemo manjšinske, večinoma svetloлюбne in toploljubne vrste (npr. graden, brek in plemenite listavce) (Poljanec idr., 2023).

Pomembno vlogo imajo tudi pionirske drevesne vrste in drevesne vrste s pionirskim značajem (npr. rdeči in črni bor, graden, robinija, lipa), saj imajo široko ekološko amplitudo, ki vključuje bolj sušne in toplejše razmere. V spremenjenih razmerah postajajo ekološko in gospodarsko vse bolj pomembne manjšinske vrste, zato jih pri gojenju gozdov pospešujemo. Načrtno zmanjšujemo delež smreke na zanjo neprimernih rastiščih, kjer je bila v preteklosti umetno vnesena.

Posebno pozornost je treba posvetiti ohranjanju genetske pestrosti prisotnih populacij gozdnega drevja. Genetska pestrost omogoča prilagajanje drevesnih vrst novim razmeram v okolju. Hitrost podnebnih sprememb je sicer tolikšna, da naravni evolutijski mehanizmi drevesnih vrst najverjetneje ne bodo mogli slediti spremembam rastiščnih pogojev, vendar se v veliki meri lahko zanesemo na to prilagoditveno sposobnost populacij in vrst (Kraigher, 2012).

Pri obnovi gozda moramo izkoristiti možnost izbire tistih provenienc obstoječih drevesnih vrst, za katere ugotavljamo, da so bolj prilagojene ali prilagodljive na spreminjajoče se okolje. Zaradi tega obnova gozdov v Sloveniji temelji na naravni obnovi, s sadnjo ali setvijo obnavljamo gozd le tam, kjer naravna obnova ni mogoča ali kjer želimo spremeniti drevesno sestavo mladega gozda.

Ključni ukrepi prve obrambne linije pred negativnimi posledicami podnebnih sprememb so tudi povečevanje stabilnosti in odpornosti gozdnih sestojev z mozaičnim strukturiranjem gozdnih sestojev, z oblikovanjem malopovršinsko raznomernih in prebiralnih zgradb v za to primernih sestojih in v pravočasnih redčenjih odraščajočih gozdnih sestojev. Stabilnost sestojnih zgradb in s tem ohranitev obstoječe vrstne strukture gozda lahko povečamo tudi z zmanjšanjem velikosti sestojnih vrzeli, nego gozdnih robov, skrajševanjem proizvodnih dob in izborom drevesnih vrst z globokim koreninskim pletežem.

Pomemben del osnovne palete prilagoditvenih ukrepov je tudi zagotavljanje učinkovitega varstva gozdov z razvojem protokolov za spremljanje in zatiranje škodljivcev in bolezni.

Obnova gozda z drugimi domačimi vrstami, odpornejšimi na spremenjeno okolje

V primeru, ko osnovni prilagoditveni ukrepi ne zagotavljajo uspešnega preživetja gozda v določenih spremenjenih razmerah, moramo obnovo gozda zastaviti z domačimi drevesnimi vrstami, ki so prilagojene na spremenjene rastiščne razmere in lahko uspevajo v različnih okoljih, ter spremeniti drevesno sestavo na ogroženih območjih.

Drugo skupino ukrepov za zmanjševanje negativnih učinkov podnebnih sprememb sestavljajo prepoznavanje sprememb potencialne drevesne sestave, iskanje lokalnih ras, primernih za posamezne gozdne rastiščne tipe, zagotavljanje ustrezne genske pestrosti gozdnega reprodukcijskega materiala, nabiranje semena in vzgoja ustreznih sadik ter izvedba dopolnilne oz. t. i. obogatitvene obnove s setvijo in sadnjo v tistih gozdnih sestojih, ki bodo zaradi podnebnih sprememb najbolj prizadeti in najbolj ogroženi. Podnebna in rastiščna pestrost Slovenije nudi dobre možnosti za izbor in širjenje tistih domačih drevesnih vrst, ki so po napovedih bolje prilagojene na bodoče razmere.

V splošnem gre tu za širjenje drevesnih vrst, ki bolje prenašajo višje temperature in sušo, na nova rastišča. Velik pomen bodo imele tudi raziskave s ciljem iskanja provenienc avtohtonih drevesnih vrst, ki so odpornejše na sušo in druge ekstremne vremenske pojave (Kutnar idr., 2011).

Uspešnost spreminjanja obstoječe drevesne sestave in zamenjav domačih vrst na določenem rastišču je povezana tudi z dobrim poznavanjem gozdnih rastiščnih tipov, spremljanjem njihovega stanja in določitvijo območij z največjim tveganjem pri gospodarjenju z gozdovi zaradi negativnih posledic podnebnih sprememb glede na skupni, sinergijski učinek vseh vplivnih dejavnikov.

Uporaba tujerodnih drevesnih vrst

Uporaba tujerodnih drevesnih vrst pri obnovi gozdov predstavlja tretji, zadnji obrambni mehanizem za preživetje gozda v spremenjenih podnebnih razmerah. Ko domače drevesne vrste v določenem okolju odpovejo, jih lahko v omejenem obsegu nadomestimo tujerodne vrste, ki prihajajo iz drugih delov sveta in drugačnih podnebnih okolij. Tujerodne drevesne vrste in gospodarjenje z njimi so sicer že več kot 200 let pomembno vprašanje tako v evropskem kot slovenskem gozdarstvu. Vsa praktična spoznanja in neposredne izkušnje gradijo odnos gozdarske stroke do njihovega vnosa, gojenja, pospeševanja ali zatiranja. V zadnjih desetih letih tujerodne drevesne vrste in njihovo vnašanje, ohranjanje ali zatiranje v gozdovih ponovno postajajo aktualni. Ob hitrih spremembah rastiščnih pogojev lahko nekatere tujerodne vrste nadomestijo domače vrste, še posebej v razmerah, ko je domači izbor drevesnih vrst močno zožen (Breznikar, 2021).

Zaradi različnih tveganj glede uspevanja tujerodne drevesne vrste v novem okolju in zlasti zaradi možnih negativnih posledic za gozdni ekosistem mora biti odločitev o uporabi tujerodne drevesne vrste nujno dobro premišljena. Načrtovanje upravljanja s tujerodnimi drevesnimi vrstami temelji na presoji rastiščnih pogojev in selektivne obravnave posameznih vrst in gozdnih rastiščnih tipov. Trenutno je pri gospodarjenju z goz-

dovi sprejemljiv minimalni delež nekaterih tujerodnih drevesnih vrst, če z njimi povečamo odpornost na podnebne spremembe in povečamo donosnost, hkrati pa te vrste ne izkazujejo invazivnih lastnosti. Predvideva se aktivno gospodarjenje s tremi tujerodnimi vrstami, in sicer z robinijo, zeleno duglazijo in črnim orehom, ostale vrste se uvaja le eksperimentalno (Breznikar idr., 2021). Drugih tujerodnih drevesnih vrst (rdeči hrast, zeleni bor, japonski macesen, itd.), ki so že del sestojev, se ne pospešuje, a se jih tudi ne zatira (Poljanec idr., 2023). Z zaostrovanjem rastiščnih razmer v prihodnosti se trenutni odnos stroke do tujerodnih vrst lahko tudi spremeni, njihovo uvajanje pa postane obsežnejše.

Podnebne spremembe prinašajo zaradi spremenjenih razmer v gozdnih ekosistemi tudi vse več negativnih izkušenj z invazivnimi tujerodnimi rastlinskimi in živalskimi vrstami. Invazivne tujerodne rastlinske vrste so se v gozdovih v večji meri razširile predvsem po žledolomu leta 2014. V zadnjih letih se v gozdovih na večjih posekah, ki so nastale kot posledica ujm, žarišč podlubnikov in tudi rednih pomladitvenih sečenj, vse bolj uveljavljajo. Nekatere vrste (navadna barvilnica, žlezava nedotika) ovirajo gospodarjenje z gozdovi predvsem v smislu oteženega pomlajevanja avtohtonih vrst, druge vrste (pavlovnijski, veliki pajesen) pa v določenih primerih pomenijo resno konkurenco avtohtonim drevesnim vrstam. V teh primerih je treba dosledno izvajati ukrepe za preprečevanje nadaljnjega širjenja tujerodnih invazivnih vrst oz. za njihovo popolno odstranitev (Breznikar, 2021).

Zaključek

Vsak proces določanja in izbire prilagoditvenih ukrepov na negativne posledice podnebnih sprememb mora slediti splošnim načelom, ki zagotavljajo njihovo učinkovitost. V procesu uvajanja prilagajanja moramo najprej zagotoviti zavezo vseh akterjev v gozdno-lesni verigi k spremembi delovanja. Problem podnebnih sprememb moramo dobro razumeti, prepoznati moramo primerne deležnike in z njimi sodelovati. Spoprijeti se moramo z negotovostmi in raziskati možne vplive podnebnih sprememb, prepoznati moramo prednostna neresena vprašanja in širok spekter prilagoditvenih možnosti. Izogniti se moramo napačnim načinom prilagajanja, prilagoditvene možnosti je treba razvrstiti po pomembnosti, spremeniti predpise in vzpostaviti podporne strukture ter načrtno spremljati in ocenjevati potek prilagajanja in ga po potrebi dopolnjevati glede na nova znanja in pridobljene izkušnje (Prutsch idr., 2010).

Ukrepi na področju prilagajanja drevesne sestave v gozdovih so le del strategije prilagajanja na podnebne spremembe, ki pa kljub temu zahtevajo usklajen odziv vseh deležnikov v gozdno-lesni verigi od javne gozdarske službe, gozdarske politike, gozdarskih podjetij, lastnikov gozdov, gozdnih drevesnic do akterjev trženja in predelave lesa. V zadnjih letih, ko so negativne posledice podnebnih sprememb postale tako rekoč stalnica, je gozdarsko-lesna stroke pridobila bogate izkušnje o ustreznih in učinkovitih rešitvah prilagajanja, kar je edino zagotovilo za bodoče preživetje gozda in uspešnost gozdno-lesne verige v podnebno nestabilnem okolju.

- Bončina, A., Rozman, A., Dakskobler, I., Klopčič, M., Babij, V., in Poljanec, A. (2021). Gozdni rastiščni tipi Slovenije: vegetacijske, sestojne in upravljaljske značilnosti. Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete, Zavod za gozdove Slovenije. 575 str.
- Breznikar, A. (2019). Podnebne spremembe postajajo glavni izziv javne gozdarske službe na področju gojenja in varstva gozdov. *Gozdarski vestnik*, 77(9).
- Breznikar, A., Kolšek, M., in Poljanec, A. (2021). Načrtovanje upravljanja s tujerodnimi drevesnimi vrstami v gozdarski praksi. V K. Jarni (ur.), *Tujerodne drevesne vrste v slovenskih gozdovih: zbornik prispevkov posvetovanja: XXXVII. gozdarski študijski dnevi*, Ljubljana, 28. september 2021, str. 105–114. Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire. https://gsd.splet.arnes.si/files/2021/09/Zbornik_37G%C5%A0D_1.pdf
- Chakraborty, D., Gaviria, J., Bednárová, D., Bolte, A., Bouissou, C., Buchacher, R., Hazarika, R., Henning, L., Kowalczyk, J., Longauer, R., Lstibůrek, M., Nagy, L., Schnabel, G., Stejskal, J., Tomášková, I., in Schueler, S. (2019). Implementing assisted migration. SUSTREE – Interreg Central Europe Programme 2014–2020, Policy Brief No. 2.
- Dolinar, M. (ur.) (2018). Ocena podnebnih sprememb v Sloveniji do konca 21. stoletja: sintezno poročilo, 81 str.
- Jarni, K. (2021). Tujerodne drevesne vrste v slovenskih gozdovih. Zbornik prispevkov posvetovanja – XXXVII. gozdarski študijski dnevi. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, 114 str.
- Kajfež Bogataj, L. (2012). Prilagajanje podnebnim spremembam. *Ujma*, 26, 195–201.
- Kraigher, H. (2012). Prenos ohranitvene biologije v gospodarjenje z gozdovi: dinamično varstvo genetske pestrosti gozdnega drevja: tehnične smernice za ohranjanje in rabo genskih virov: Slovenija. *Gozdarski vestnik*, 70, str. 21.
- Kutnar, L., Kobler, A., Krajnc, N., in Simončič, P. (2011). Prilagajanje gospodarjenja z gozdovi podnebnim spremembam glede na pričakovane spremembe značilnosti in prostorske razporeditve gozdov: zaključno poročilo o rezultatih opravljenega raziskovalnega projekta v okviru Ciljnega raziskovalnega programa (CRP) »Konkurenčnost Slovenije 2006–2013«. Ljubljana: Gozdarski inštitut Slovenije, 125 str.
- Lindner, M. idr. (2008). Impacts of climate change on European forests and options for adaptation. AGRI-2007-G4-06, Report to the European Commission Directorate-General for Agriculture and Rural Development, 173 str.
- Poljanec, A., Guček, M., Simončič, T., Stergar, M., Marenče, M., in Pisek, R. (2023). Območni gozdnogospodarski in lovsko upravljaljski načrti za obdobje 2021–2030, kompendij, 102 str. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije.
- Poljanec, A., in Bončina, A. (2020). Structure and composition of forest stands at regional and national levels in the last five decades. V *Forests and forestry in Slovenia*, str. 24–35.
- Prutsch, A., Grothmann, T., Schauser, I., Otto, S., in McCallum, S. (2010). Guiding principles for adaptation to climate change in Europe, ETC/ACC Technical Paper 2010/6, 32 s.

Primerjalne prednosti lesene gradnje

dr. Miha Humar

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta

t: 01 320 36 38

e: miha.humar@bf.uni-lj.si

www.bf.uni-lj.si

Uvod

Podnebne spremembe so trenutno najbolj pereč svetovni problem. Te spremembe zahtevajo ukrepanje na več nivojih, tudi na področju gradbeništva, ki povzroča znaten delež emisij (Churkina idr., 2020; Crawford in Cadorel, 2017). Pomen ukrepanja na področju gradbeništva je nakazan tudi s cilji trajnostnega razvoja ZN (UN, 2023). Ker je les obnovljiv material z relativno nizko vsebnostjo fosilnega ogljika, imajo lesene konstrukcije v primerjavi z drugimi gradbenimi materiali ugodne podnebne učinke (Geng idr., 2017). Gradnja z lesom ima močno tradicijo po vsem svetu in tudi v Sloveniji. Prefabrikacija posameznih modulov se zelo pogosto uporablja pri gradnji manjših stanovanjskih stavb (Jussila idr., 2022). Po drugi strani tudi potenciali pri večnadstropnih lesenih objektih še niso v celoti izkoriščeni (Kim idr., 2023).

Prefabrikacija in industrializacija gradbenih postopkov sta bili v gradbeništvu poudarjeni že od začetka 21. stoletja. V tem obdobju so v sektor vstopili leseni inženirski kompoziti, ki lahko v veliki meri nadomestijo beton in jeklo, kot na primer križno lepljene plošče (CLT), slojnat furnirni les (LVL), dolžinsko spojen les in lamelirani lepljeni nosilci. Razmah inženirskih lesnih kompozitov je skupaj s posodobljenimi gradbenimi predpisi o varstvu pred požarom omogočil nedavno povečanje uporabe lesa v Evropi in gradnjo višjih lesenih stavb kot pred tem. Renesansa lesene gradnje je mogoče pripisati tudi večji okoljski ozaveščenosti naročnikov, nizkim stroškom, hitrejši gradnji, pozitivnim okoljskim vplivom in atraktivnemu estetskemu videzu zgradb (Jussila idr., 2022).

Spremembe na področju trajnostnega-sonaravnega razvoja v gradbenem sektorju od proizvajalcev (npr. projektantov, arhitektov, inženirjev) že v fazi načrtovanja zahtevajo razvoj novih zmogljivosti, ki omogočajo upoštevanje trajnostnih vidikov življenjskega cikla. Poleg tega morajo potrošniki sprejeti rešitve (materiale in tehnologije), razvite za trajnostne spremembe v sektorju stanovanjske gradnje. Strokovnjaki iz sektorja ne smejo narobe razumeti pričakovanj potrošnikov glede stanovanj. Investitorji lahko na primer napačno pričakujejo, da bodo potrošniki pripravljeni plačati višje cene za dom v leseni večnadstropni stavbi, vendar ni vedno tako (Harju in Lahtinen, 2022).

Uporaba lesa v večnadstropnih stanovanjskih stavbah je v skladu z okoljsko trajnostjo tudi priložnost za tehnološke, gospodarske in družbene inovacije. Na primer, tehnične in ekonomske koristi je mogoče pridobiti s prefabrikacijo modulov zunaj gradbišča in uporabo gradbenih rešitev z enostavno popravljivostjo, medtem ko družbene koristi odpirajo vprašanja, kot sta estetika bivalnih prostorov in dobro počutje v stanovanju (Lähtinen idr., 2021). Na splošno potrošniki iz bolj gozdnatih dežel laže in bolj odprto sprejemajo gradnjo z lesom in bivanje v lesenih hišah kot potrošniki iz dežel, kjer je gozda manj (Harju in Lahtinen, 2022).

Prednosti bivanja v lesenih objektih

Sodobni način življenja določa, da ljudje večino časa preživimo v zaprtih prostorih. Številne študije so pokazale, da bivanjsko okolje vpliva na zdravje in dobro počutje prebivalcev. Zaradi tega je ustvarjanje zdravega in prijetnega bivanjskega okolja prednostna naloga projektantov. Opravljenih je bilo veliko študij o bivanjskih in delovnih okoljih ter vplivih lesa v življenjskem okolju na učinkovitost zaposlenih ter fiziološke in psihološke odzive. Les ima kot naraven, trajnostni gradbeni material pozitivne učinke na ljudi. Uporaba lesa v notranjih okoljih ima pozitiven vpliv na stanovalce, zlasti glede kazalnikov človekovega stresa. Rezultati opazovanj o vplivu lesa na ljudi v bivanjskem okolju lahko povzamemo v dveh zaključkih: ugotovili so, da so si preference do lesa podobne in da imamo ljudje raje les kot druge materiale, ker je naraven – stik z lesom povzroča pozitivne občutke. Vizualna stimulacija uporabnikov prostorov z belo jekleno ploščo povzroča negativne odzive in pogosto zbuja občutek depresije, medtem ko les pomirja in zbuja pozitivna čustva. Pri delu v okolju, kjer je prisoten les, je manjši pojav izgorelosti. Analiza povezave med teksturo lesa in njegovo barvo je pokazala, da imata rdeča in rumena barva močnejši odboj infrardeče (IR) svetlobe, kar pri ljudeh povzroči toplejši občutek ob pogledu na lesene izdelke (Zhang idr., 2016). Poleg tega je treba upoštevati, da je toplotno ugodje v lesenih objektih primernejše. Uporabniki prostorov se pri nižjih temperaturah v prostoru počutijo prijetneje kot v klasično grajenih objektih, kar vodi tudi v prihranke energije (Ni idr., 2023).



Les v delovnem okolju ima pozitiven učinek na počutje na delovnem mestu in storilnost. Foto: arhiv CBD



Atraktiven lesen hodnik Oddelka za lesarstvo, foto: arhiv CBD

K dobremu počutju veliko prispevajo tudi lahkohlapne spojine, ki izhajajo iz lesa predvsem v prvih letih uporabe. Predvsem les iglavcev je bogat s hlapnimi ekstraktivi, zlasti terpeni in aldehidi. V lesu bora in smreke ključno vlogo igrajo α -pinen, β -pinen, limonen in 3-karen. Terpeni se nahajajo predvsem v smoli, medtem ko se aldehidi sproščajo predvsem z oksidacijo nenasičenih maščobnih kislin. V borovini je teh spojin več kot v smrekovini. Na naše dobro počutje v največji meri vplivajo monoterpeni, če njihova koncentracija v zraku ne presega 13 mg/m^3 . Kakorkoli, v nobeni od analiziranih lesenih stavb se niso niti približali tej koncentraciji. Terpeni delujejo pozitivno na človeški imunski sistem, izboljšajo delovanje živčnega sistema, delujejo sproščujoče, znižujejo frekvenco srčnega utripa in delujejo pomirjujoče (Alapieti idr., 2020). To lastnost lesa zelo dobro tržijo avstrijski mizarji pri trženju pohištva iz lesa cemprina.

Les v bivanjskem in delovnem okolju pripomore tudi k uravnavanju relativne zračne vlage. Prenizka relativna zračna vlaga povzroča težave s sluznico, previsoka relativna zračna vlaga pa se odraža v težavah s plesnimi. Ciljana relativna zračna vlažnost v bivanjskih okoljih je 40–60 %. Les kot higroskopičen material absorbira vlago, ko se relativna vlažnost zraka v prostoru poveča, in oddaja vlago nazaj v notranji zrak, ko se relativna vlažnost zraka zmanjša. Za blažjenje dnevnih nihanj ravni relativne vlažnosti v notranjem okolju lahko les in na lesu osnovani materiali pomagajo nadzorovati vlažnost zraka v prostoru z zmanjšanjem največjih nihanj, s čimer se skrajšajo obdobja z zelo visoko in zelo nizko relativno vlažnostjo (Alapieti idr., 2020).

Baktericidni učinek lesenih površin

Higienske lastnosti notranjih površin so posebej pomembne v nekaterih okoljih, kot so zdravstvene ustanove, šole in vrtci. Razumevanje mikrobnih lastnosti materialov je pomembno za

preprečevanje širjenja okužb preko onesnaženih površin. Novejše študije kažejo, da ima les antibakterijske lastnosti. Njegove antibakterijske lastnosti so preučevali zlasti z vidika živilske industrije in ugotovili, da več vrst lesa zavira preživetje bakterij bistveno bolj kot sintetični polimeri (plastika). Vendar antibakterijske lastnosti med lesovi različnih drevesnih vrst močno nihajo. Močna antibakterijska aktivnost je bila ugotovljena pri lesu rdečega bora in evropskega hrasta. Les evropskega macesna in smreke ima tudi nekaj antibakterijskega potenciala, vendar manj izrazit, kot je opaženo pri borovini in hrastovini. Poleg tega je bilo vsaj omejeno antibakterijsko delovanje ugotovljeno tudi pri drugih vrstah, vključno z jesenom, gabrom, bukvijo, brezo, orehom, češnjo, javorjem in črnim orehom (Alapieti idr., 2020; Tomičić idr., 2020).

Poraba energije

Praviloma je treba lesene zgradbe manj ogrevati kot klasično grajene stavbe. V leseni stavbi se uporabniki počutijo prijetno že pri $18\text{--}20^\circ\text{C}$, za razliko od klasično grajenih stavb, kjer mora biti temperatura za doseganje enakega bivalnega ugodja višja ($22\text{--}24^\circ\text{C}$). Pri opisani temperaturni razliki lahko privarčujemo okoli 5 % energije, potrebne za ogrevanje. Poleg tega so pri nižji temperaturi v prostoru temperaturne razlike med posameznimi deli stavb manjše, manj je toplotnih mostov in temperaturnih razlik med tlemi, stenami in pohištvom, kar zmanjšuje verjetnost pojava plesni (Arumägi in Kalamees, 2020; Premrov idr., 2017).

Leseni objekti imajo nekoliko slabšo toplotno kapacitivnost, ki jo lahko izboljšamo z uporabo nekoliko gostejših toplotnih izolacij. Na koncu je treba upoštevati tudi dejstvo, da se za gradnjo lesenih objektov porabi manj energije. Les je eden redkih materialov, ki za predelavo ne zahteva visokih temperatur kot

preostali gradbeni materiali (cement, jeklo, steklo ipd.), zato je v lesene objekte vgrajene manj sive energije. Energijsko učinkovita gradnja tako ne pomeni nujno odrekanja bivanjskega udobja, temveč ga praviloma lahko celo izboljša.

Obnašanje lesenih stavb v primeru potresa

Lahke konstrukcije na splošno veljajo kot potresno odporne konstrukcije, vendar kljub temu zahtevajo pozornost projektantov. Potresna odpornost lesenih kot tudi drugih zgradb je odvisna od lokacije objekta, tlorisne zasnove, višine, dimenzij posameznih elementov, vrste uporabljenih materialov, kakovosti veznih sredstev, kakovosti projektiranja in kakovosti izvedbe. Manjša masa lesene konstrukcije povzroči manjše vztrajnostne sile na nosilno konstrukcijo. Masa lesene hiše je od 4–5-krat manjša od mase klasično grajene hiše. Te sile se razporedijo na veliko število konstrukcijskih sklopov in stikov. Če so elementi pravilno dimenzionirani, se zato lesena stavba skoraj zanesljivo ne bo porušila. Pri nesimetričnih arhitekturnih zasnovah, ki so značilne za sodobne lesene objekte, lahko pride do neusklajenega odziva celotne konstrukcije. Obnašanje lesenih konstrukcij v primeru potresa lahko močno izboljšamo z uporabo križno lepljenih plošč za medetažne plošče. Te ustvarijo zelo togo medetažno konstrukcijo (Dujič in Žarnić, 2009). Če so lesene stavbe zgrajene po veljavnih standardih in predpisih, se les v primerjavi z betonom ali jeklom celo boljše odreže v primeru potresa. Zaradi manjše mase se lesena hiša na potres zelo dobro odziva.

Odpornost na požar

Večnadstropno leseno gradnjo so desetletja ovirali požarni predpisi, ki so nastali zaradi požarov v mestih v 19. stoletju in na začetku 20. stoletja. S podporo javne politike so bile izvedene spremembe gradbenih predpisov, kar je okrepilo tudi vse večje družbeno zanimanje za trajnostno urbanizacijo (Lähtinen idr., 2021). Les je kot organska snov gorljiv material. Vendar če je lesena konstrukcija pravilno dimenzionirana, lahko zagotovimo solidno požarno odpornost. Ustrezno načrtovana lesena konstrukcija lahko preseže tudi požarno odpornost jekla in armiranega betona. Požarno odpornost lesa lahko še izboljšamo z uporabo ognjezadrževalnih sredstev, kar je pogosto nuja v javnih objektih (Makovicka idr., 2020; White in Dietenberger, 2010). Toplotna prevodnost lesa je zelo nizka, saj les deluje kot izolator. Po drugi strani beton in jeklo bolje prevajata toploto. Poleg tega za razliko od lesa nezaščitenemu jeklu mehanske lastnosti hitro upadajo s temperaturo. Pri temperaturi okoli 230 °C upogibna trdnost upade za 25 %, pri 500 °C se prepolovi, pri 750 °C ima jeklo samo še 10 % upogibne trdnosti. Upadanje trdnosti pri betonskih konstrukcijah je še hitrejše. Na dobro požarno odpornost vpliva pooglenitev površine. Pooglenela površina deluje kot toplotni izolator in upočasnjuje segrevanje lesa pod pooglenelo plastjo. Pooglenitev lahko pospešimo z uporabo ognjezadrževalnih premazov. Les zato tudi po požaru praviloma ohrani dobršen del mehanskih lastnosti. Znan je primer iz Term Čatež, kjer so po požaru ostrešja ponovno uporabili več kot 90 % lesene konstrukcije, izdelane iz dolžinsko in debelinsko spojenega lesa (lepljeni lamelirani nosilci).



Obnašanje lesenih objektov v poplavih

V obdobju po poplavih se številni lastniki sprašujejo, ali so leseni objekti bolj ali manj izpostavljeni poplavam. Izkazalo se je, da je obnova lesenih hiš običajno manj problematična kot obnova stavb iz mineralnih gradbenih materialov, z izjemo vodotesnih betonskih konstrukcij. V lesni gradnji se najpogosteje uporablja tehnično sušen smrekov les. Zaradi slabe permeabilnosti smrekovega lesa voda v les prodira počasi in zato ne prodre globoko. Odstranjevanje namočene izolacije pri lesenih objektih je lažje kot pri klasično grajenih stavbah. Preostalo konstrukcijo je nato mogoče relativno enostavno posušiti. Konstrukcijska lepila, ki se uporabljajo v leseni gradnji, so preizkušena in morajo izkazati visoko odpornost ne vodo. Tako ni nevarnosti, da bi ob poplavnih dogodkih popustila.

Boljši izkoristek časa in prostora

Vedno pomembnejša prednost lesenih hiš je hitrost gradnje. Pri zidanju in betoniranju je ena od osnovnih sestavin voda. Ta mora med posameznimi fazami gradnje izhlapeti iz zidov in tlakov klasično grajenih objektov. Z izjemo temeljne plošče in estrihov se pri gradnji lesenih hiš voda praktično ne uporablja, kar izjemno pospeši potek gradnje. Gradnja je zato tudi bistveno bolj čista. Konstrukcijski deli hiše so praviloma izdelani že v tovarni in izvajalec na gradbišču hišo le sestavi. S tem je hiša izdelana bolj natančno in bolj kakovostno kot zidana stavba, zato je napak pri lesenih hišah manj. Takšna hiša je do strehe postavljena že v nekaj dneh, tako da se je v leseno hišo možno vseliti že v nekaj mesecih. Zaradi dobre toplotne izolativnosti lesa in sodobnih izolacijskih materialov, ki se uporabljajo v leseni gradnji, je uporabna površina lesenih stavb, pri istih zunanjih merah stavbe, za približno 10 % večja. S tem še izboljšamo ekonomiko lesene gradnje. Ta prednost je še posebej pomembna, če gradimo na manjši površini, kjer šteje vsak kvadratni meter.

Vloga lesenih objektov v luči blaženja podnebnih sprememb

Gradbeni sektor je eden največjih porabnikov energije in naravnih virov na svetu ter eden največjih povzročiteljev emisij toplogrednih plinov, zlasti ogljika (Crawford in Cadorel, 2017). Poleg tega je gradeno okolje odgovorno za veliko količino onesnaževal, ki se sproščajo v okolje, in velike količine odpadkov. V prihodnosti se bodo zaradi predvidenega naraščanja in urbanizacije svetovnega prebivalstva povečale zahteve po novih stanovanjskih in poslovnih stavbah ter infrastrukturi. Večja proizvodnja jekla, cementa in drugih industrijskih gradbenih materialov bo povzročila velike količine emisij toplogrednih plinov. Pričakovati je, da bo v naslednjih štiridesetih letih zaradi gradbenih dejavnosti po vsem svetu nastalo približno 415 Gt CO₂ (Tupenaite idr., 2023). Gradbeni materiali pomembno vplivajo na okoljsko učinkovitost stavbe. Čeprav so bile dosežene znatne izboljšave pri delovanju stavb, imamo še vedno veliko priložnosti za izboljšanje njihove okoljske učinkovitosti, zlasti s skrbno izbiro materialov. Vpliv materialov na delovanje stavbe, kot je poraba energije, je dobro dokumentiran in je sestavni del najboljše prakse načrtovanja stavb (Crawford in Cadorel, 2017).

Nujno je poiskati okolju prijazne rešitve za načrtovanje in gradnjo stavb nove generacije. Ena od možnosti je zamenjava tradicionalnih industrijskih gradbenih materialov, kot sta jeklo in



Prefabrikacija v industrijskem okolju ima pozitiven učinek na kakovost in hitrost izvedbe. Foto: Miha Humar

beton, z naravnimi lesenimi ali na lesu osnovanimi materiali. Uporaba lesa v gradbeništvu ima zaradi shranjevanja ogljika in manjših emisij CO₂ v času proizvodnje, gradnje in uporabe materiala med drugimi bistvenimi prednostmi manjši vpliv na okolje in pozitivno prispeva k blaženju podnebnih sprememb. Zaradi teh prednosti znanstveniki in praktiki namenjajo lesu kot gradbenemu materialu in razvoju večnadstropne lesene gradnje v ZDA, Kanadi, na Kitajskem, v Evropi in drugih državah veliko pozornosti.

Z uporabo lesa (v pogojih odgovornega gozdarstva), ki je naravni ponor ogljika, bi se lahko gradbeni sektor izognil znatnim emisijam toplogrednih plinov, povezanih z netrajnostno uporabo materialov. Poleg tega bi lahko leseni elementi v življenjski dobi stavbe še naprej shranjevali CO₂. Primerjava okoljskega vpliva lesene stavbe iz križno lepljenih plošč in klasično grajene betonske stavbe je pokazala, da bi globalno lahko prihranili 14–31 % emisij toplogrednih plinov, oz. za 13–22 % zmanjšali potencial globalnega segrevanja (GWP), če bi za gradnjo stanovanjskih in poslovnih zgradb ter ostalih infrastrukturnih objektov uporabili razpoložljiv les ob upoštevanju zaščite biodiverzitete, varstva habitatov in zaščite ogroženih območij. Poleg tega je analiza obratovanja pokazala znatne prihranke pri rabi energije in toplogrednih plinov v fazi obratovanja stavbe iz križno lepljenih plošč (Crawford in Cadorel, 2017; Oliver idr., 2014).

Na podlagi številnih objavljenih študij je mogoče zaključiti, da les kot gradbeni material povzroča manjše emisije CO₂ in ima zato najmanjši vpliv na okolje v primerjavi s tradicionalnim betonom, jeklom in drugimi materiali. Poleg tega je vgrajena energija pri leseni gradnji bistveno nižja v primerjavi z gradbenimi konstrukcijami, izvedenimi z anorganskimi materiali. Do prihrankov pri rabi energije in sproščanju toplogrednih plinov pride tako v času gradnje kot tudi v času obratovanja.

Krožno gospodarstvo

Lesene konstrukcije imajo velik potencial pri iskanju rešitev za spodbujanje trajnostne gradbene miselnosti. Gozdno-lesna proizvodna veriga, od rasti drevesa, stopnje, ko se les uporabi, do razgradnje in recikliranja lesa kot gradbenega materiala, predstavlja popolnoma zaprt snovni krog, če zanemarimo emisije, povezane s sečnjo in obdelavo lesa. Poleg tega je les sposoben v veliki meri shraniti ogljikov dioksid, ki ga drevo akumulira v fazi rasti drevesa. Polovico lesne mase namreč sestavlja ogljik. Vendar je les omejen vir in trenutno se precejšnji del predelane surovine, ki konča v sekundarnih tokovih, uporabi kot energent. S koncem življenjske dobe, npr. z zgorevanjem ali preprosto z razkrojem, se shranjeni ogljikov dioksid ponovno sprosti v ozračje. Da bi povečali že obstoječe količine konstrukcij, izdelanih iz lesa in lesnih proizvodov, je treba razviti dodatne strategije. Možni načini za izboljšanje učinkovitosti naravnih materialov in uporabe surovin so: optimizacija gradbene strukture glede na zahteve, uporaba sekundarnih tokov za izdelavo gradbenih elementov in vzpostavitev krožnega gospodarstva, ki podaljšuje življenjsko dobo lesa in lesnih proizvodov (Kromoser idr., 2022).

Za razstavljanje, recikliranje in ponovno uporabo lesenih gradbenih elementov obstajajo različne strategije. Optimalna strategija ravnanja z odsluženim lesom je ponovna uporaba stavbe brez razstavljanja, ki ji sledi ponovna uporaba celotnih gradbenih elementov. V naslednjem koraku na ravni materiala je treba dati prednost možnostim nadaljnje uporabe z mletjem oz. dezintegracijo in ponovnim stiskanjem teh gradnikov v lesne kompozite (Medved in Jambreković, 2000), preden se les v zadnjem koraku, po več stopnjah, uporabi v energetske namene (Kromoser idr., 2022).

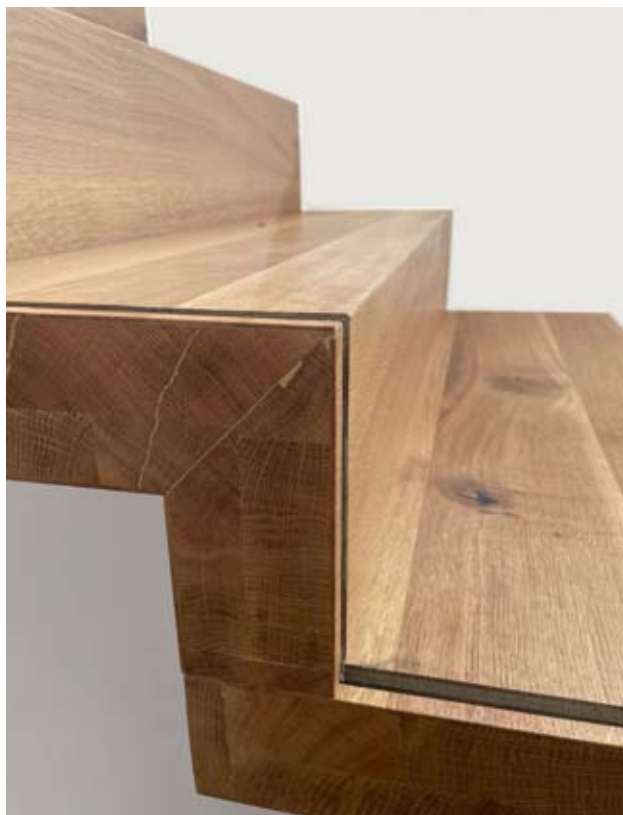
Po odstranitvi objekta v prihodnosti je možno leseni objekt v veliki meri reciklirati, kar je bistvo trajnostne gradnje – da objekt v celotni življenjski dobi pusti čim manjši oz. celo ničlen negativen vpliv na okolju. Ravno te naravne lastnosti in neoporečnost lesa so njegove bistvene prednosti v sodobni družbi, ki stopa po poti trajnostnega razvoja.

Zaključki

Pričakujemo, da bo napredna večnadstropna lesena gradnja prinesla nove poslovne priložnosti tako za lesno kot gradbeno industrijo, povečala učinkovitost virov pri gradbenih postopkih in uporabi hiš ter izboljšala počutje graditeljev in uporabnikov prostorov. Zaradi industrializiranih procesov (npr. prefabrikacija, proizvodnja zunaj gradbišča) lahko lesena gradnja prenovi celoten gradbeni sektor, če bodo podjetja imela zmogljivosti za prilagoditev svojih strategij, da bi izpolnila spremenljiva pričakovanja v poslovnem okolju. Les je zaradi dobre obdelavnosti in dobrih mehanskih lastnosti idealen material za izdelavo prefabriciranih izdelkov, predvsem bivanjskih objektov.

Zahvala

Prispevek je rezultat več med seboj povezanih projektov, ki sta jih sofinancirala Agencija za raziskovalno dejavnost RS in Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prostor: CRP-V4-2017 – Izboljšanje konkurenčnosti slovenske gozdno-lesne verige v kontekstu podnebnih sprememb in prehoda v nizkoogljično družbo in CRP projekta V4-2270 – Hitrejši prehod v podnebno nevtralno družbo z izkoriščanjem potenciala lesa v okviru zele-nega javnega naročanja in P4-0015 – Programska skupina les in lignocelulozni kompoziti.



Z lesenimi detajli lahko vplivamo tudi na estetiko klasično grajenih objektov. Foto: Miha Humar

Viri:

- Alapieti, T., Mikkola, R., Pasanen, P., in Salonen, H. (2020). The influence of wooden interior materials on indoor environment: a review. *European Journal of Wood and Wood Products*, 78(4). <https://doi.org/10.1007/s00107-020-01532-x>
- Arumägi, E., in Kalamees, T. (2020). Cost and energy reduction of a new nZEB wooden building. *Energies*, 13(14). <https://doi.org/10.3390/en13143570>
- Churkina, G., Organschi, A., Reyer, C. P. O., Ruff, A., Vinke, K., Liu, Z., Reck, B. K., Graedel, T. E., in Schellnhuber, H. J. (2020). Buildings as a global carbon sink. *Nature Sustainability*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s41893-019-0462-4>
- Crawford, R. H., in Cadorel, X. (2017). A Framework for Assessing the Environmental Benefits of Mass Timber Construction. *Procedia Engineering*, 196. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.015>
- Dujič, B., in Žarnić, R. (2008). Vrednotenje potresne odpornosti lesene gradnje. V M. Kitek-Kuzman (ur.), *Gradnja z lesom – izziv in priložnost za Slovenijo* (1. izd., 1, str. 176–181). Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta.

- Geng, A., Yang, H., Chen, J., in Hong, Y. (2017). Review of carbon storage function of harvested wood products and the potential of wood substitution in greenhouse gas mitigation. *Forest Policy and Economics*, 85. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2017.08.007>
- Harju, C., in Lahtinen, K. (2022). Consumers' Consciousness for Sustainable Consumption and Their Perceptions of Wooden Building Product Quality. *Forest Products Journal*, 72(3). <https://doi.org/10.13073/FPJ-D-22-00014>
- Jussila, J., Nagy, E., Lähtinen, K., Hurmekoski, E., Häyrynen, L., Mark-Herbert, C., Roos, A., Toivonen, R., in Toppinen, A. (2022). Wooden multi-storey construction market development – systematic literature review within a global scope with insights on the Nordic region. *Silva Fennica*, 56, 1. <https://doi.org/10.14214/sf.10609>
- Kim, D., Franzini, F., Jellesmark Thorsen, B., Berghäll, S., in Aguilar, F. X. (2023). Greener homes: Factors underpinning Europeans' intention to live in multi-storey wooden buildings. *Sustainable Production and Consumption*, 39. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.05.030>
- Kromoser, B., Reichenbach, S., Hellmayr, R., Myna, R., in Wimmer, R. (2022). Circular economy in wood construction – Additive manufacturing of fully recyclable walls made from renewables: Proof of concept and preliminary data. *Construction and Building Materials*, 344. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.128219>
- Lähtinen, K., Häyrynen, L., Roos, A., Toppinen, A., Aguilar Cabezas, F. X., Thorsen, B. J., Hujala, T., Nyrud, A. Q., in Hoen, H. F. (2021). Consumer housing values and prejudices against living in wooden homes in the nordic region. *Silva Fennica*, 55(2). <https://doi.org/10.14214/sf.10503>
- Makovicka, L., Frank, O., Samuel, M., Conference, I., in Safety, F. (2020). Wood & Fire Safety. *Wood & Fire Safety*. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-41235-7>
- Medved, S., in Jambrekočić, V. (2000). The influence of the structure of three-layer particle boards on the thickness and density of surface layer. *Drvena industrija*, 51(1).
- Ni, S., Zhu, N., Hou, Y., in Zhang, Z. (2023). Research on indoor thermal comfort and energy consumption of zero energy wooden structure buildings in severe cold zone. *Journal of Building Engineering*, 67. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.105965>
- Oliver, C. D., Nassar, N. T., Lippke, B. R., in McCarter, J. B. (2014). Carbon, Fossil Fuel, and Biodiversity Mitigation With Wood and Forests. *Journal of Sustainable Forestry*, 33(3). <https://doi.org/10.1080/10549811.2013.839386>
- Premrov, M., Zigart, M., in Leskovaar, V. Z. (2017). Influence of the building geometry on energy efficiency of timber-glass buildings for different climatic regions. *Journal of Applied Engineering Science*, 15(4). <https://doi.org/10.5937/jaes15-15256>
- Tomičić, R., Tomičić, Z., Thaler, N., Humar, M., in Raspor, P. (2020). Factors influencing adhesion of bacteria *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* and yeast *Pichia membranifaciens* to wooden surfaces. *Wood Science and Technology*, 54(6). <https://doi.org/10.1007/s00226-020-01222-0>
- Tupenaite, L., Kanapeckiene, L., Naimaviciene, J., Kaklauskas, A., in Gecys, T. (2023). Timber Construction as a Solution to Climate Change: A Systematic Literature Review. *Buildings*, 13(4), 976. <https://doi.org/10.3390/buildings13040976>
- UN. (21. avgust 2023). 17 Sustainable Development Goals. <https://Sdgs.Un.Org/Goals>.
- White, R. H., in Dietsenberger, M. A. (2010). Fire Safety of Wood Construction. V *Wood Handbook - Wood as an engineering material* (str. 1–22). U.S.D.A. Forest service, Forest products Laboratory. <http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fplgtr113/fplgtr113.htm>
- Zhang, X., Lian, Z., in Ding, Q. (2016). Investigation variance in human psychological responses to wooden indoor environments. *Building and Environment*, 109. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.09.014>

Vloga lesnih izdelkov pri blaženju podnebnih sprememb v Sloveniji

Špela Ščap, dr. Boštjan Mali

Gozdarski inštitut Slovenije

t: 01 200 78 16

e: spela.scap@gozdis.si,

bostjan.mali@gozdis.si

www.gozdis.si

Uvod

Shranjevanje ogljika v lesnih izdelkih lahko prispeva k blaženju podnebnih sprememb. Če se zaloge ogljika v t. i. skladišču ogljika (v našem primeru lesni izdelki) povečujejo, govorimo, da je le-to vir ponora, če se zmanjšujejo, pa vir emisij. Bilanca ogljika v določenem letu je odvisna od obsega proizvodnje, metode izračuna in razpolovne dobe izdelka. Čeprav so lesni izdelki v smislu izračuna lahko vir ponora, tega ne smemo enačiti s ponorom v gozdovih. Ti iz ozračja odvezemajo ogljikov dioksid, zato se v zadnjem času namesto ponora uporablja izraz odvzem. Izračun bilance ogljika se skladno s smernicami dobre prakse (IPCC 2006) dela za glavne tri kategorije lesnih izdelkov, kot so žagan les, lesne plošče in papir. Izdelki, ki jih uvrščamo med žagan les, imajo najdaljšo razpolovno dobo (tj. 35 let), zato v izračunih (glede na enoto) prispevajo več ponora kot lesne plošče in papir z razpolovnima dobama 25 oz. 2 leti. V zvezi z izračunom neto emisij v lesnih izdelkih naj opozorimo še na dve pomembni dejstvi. Prvo je, da izračun zaloge ogljika v lesnih izdelkih upošteva količine proizvodnje lesa, ki je bil posekan izključno v Sloveniji. To pomeni, da uvoz lesa iz tujine in izvoz okroglega lesa v tujino skladno z dogovorjenimi metodami nista vključena v izračun bilance ogljika. Drugo dejstvo se tiče t. i. substitucijskega učinka lesnih izdelkov, ki pomeni rabo lesnih izdelkov pri nadomeščanju drugih materialov (npr. plastike, kovin, betona), za katere se pri proizvodnji porabi več energije. To se glede na določila omenjenih mednarodnih smernic prav tako ne upošteva v izračunih neto emisij.

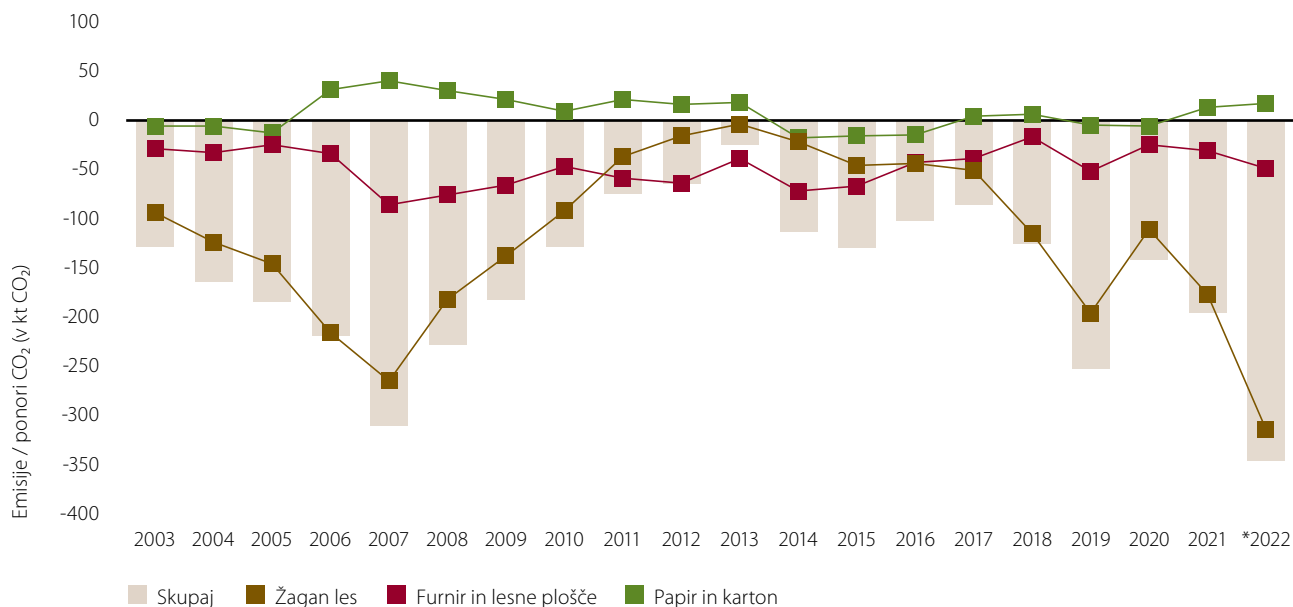
Slovenija ima urejeno sistematično zbiranje podatkov o proizvodnji, uvozu in izvozu lesnih izdelkov na nacionalni ravni. Statistični urad RS na letni ravni v okviru raziskave »Industrijska proizvodnja« zbirata in vodi podatke o količinskem obsegu proizvodnje posameznih vrst industrijskih proizvodov in storitev ter o količinski in vrednostni prodaji industrijskih proizvodov ter storitev v Sloveniji. Zaradi značilnosti metodologije zbiranja teh podatkov so le-ti večkrat pomanjkljivi in je pri interpretaciji potrebna previdnost. Statistiko uvoza in izvoza lesnih proizvodov prav tako spremlja Statistični urad RS, podatke pa zbira Finančna uprava RS, natančneje Carinski urad RS (CURS). Za spremljanje tokov lesa v Sloveniji Gozdarski inštitut Slovenije že vrsto let zbira podatke tudi o količinah proizvedenih

lesnih izdelkov, in sicer s pomočjo anketiranja podjetij v industriji lesnih kompozitov, mehanske celuloze, žaganega lesa in furnirja. Ti podatki so nujno potrebni tudi za izračune bilance ogljika. Spremembe zaloge ogljika se ocenjujejo in poročajo od leta 1986 dalje, ki je bilo za Slovenijo določeno kot izhodiščno leto. Podatki se poročajo v skladu z določili Okvirne konvencije Združenih narodov o spremembi podnebja (UNFCCC) in uredbami Evropske unije. V tokratnem prispevku so predstavljeni podatki za zadnje dvajsetletno obdobje in narejena primerjava z nekaterimi evropskimi državami.

Zaloga ogljika v lesnih izdelkih

Sprememba zaloge ogljika v lesnih izdelkih v obravnavanem obdobju ponazarja obračunski ponor. Največji ponori ogljika so bili v letih 2007, 2019 in 2022 (Slika 1), eden od razlogov za to je večji obseg proizvodnje predvsem žagarskih proizvodov in hkrati visok delež porabe domačega lesa. V zadnjih dvajsetih letih so bili neto ponori v lesnih izdelkih največji v letu 2022, in sicer po začasnih podatkih v višini -346 kt CO₂. Najmanjši neto ponori v višini -25 kt CO₂ so bili leta 2013, kar pripisujemo trendu zmanjševanja predelave hlodovine iz slovenskih gozdov od leta 2007 dalje.

Žagarski proizvodi imajo največji prispevek v skupnih neto ponorih lesnih izdelkov v celotnem obravnavanem obdobju, z izjemo obdobja 2011–2015, v katerem je bila največja sprememba zaloge ogljika v skupini lesne plošče in furnir. Takrat smo v Sloveniji poleg proizvodnje vlaknenih MDF in izolacijskih plošč imeli še proizvodnjo ivernih plošč, kar je pozitivno vplivalo na bilanco ponora. Za primer, v obdobju 2011–2015 smo v Sloveniji letno proizvedli povprečno 92.000 ton lesnih plošč iz slovenskega okroglega lesa, v obdobju 2016–2022 pa povprečno 85.000 ton letno. Proizvodnja furnirja, ki je sicer zaradi metodologije izračunavanja spremembe zaloge ogljika vključena k lesnim ploščam, je bila v obdobju 2011–2015 v upadanju in se je znižala na manj kot 30.000 m³ letno. Sprememba zaloge ogljika v papirju in kartonu je v obdobju 2006–2013 ponazarjala obračunske emisije zaradi drastičnega upada proizvodnje lesovine. Ta je v tem obdobju znašala 25.000 ton letno, v primerjavi z obdobjem 2000–2005, ko je proizvodnja lesovine iz slovenskega okroglega lesa znašala 62.000 ton letno. Zlasti za-

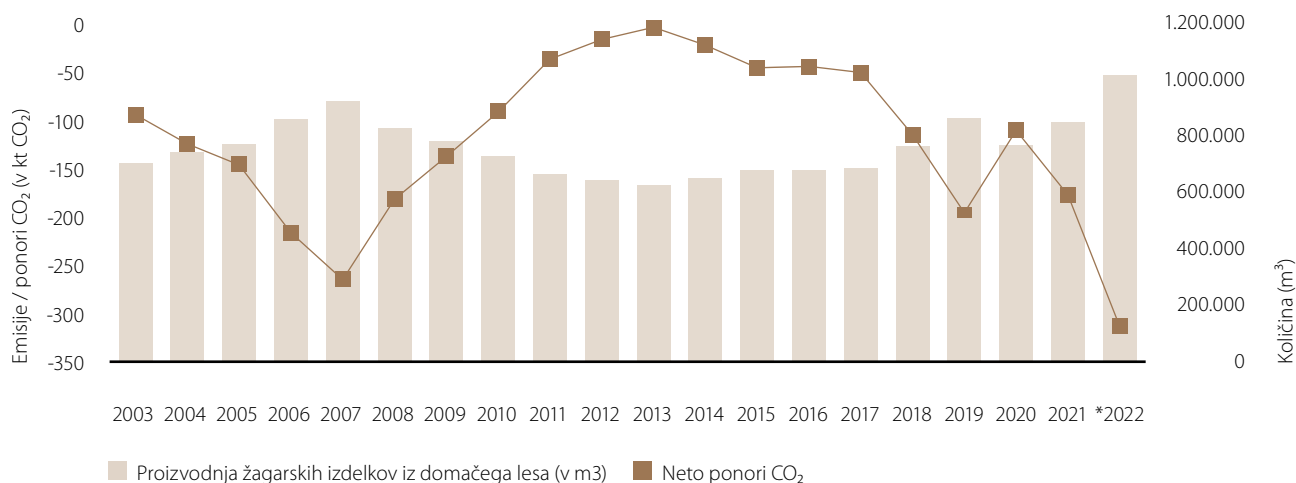


Slika 1: Sprememba zaloge ogljika v lesnih izdelkih v Sloveniji v obdobju zadnjih dvajset let (podatki so prikazani v kilotonah (kt) CO₂, podatki za leto 2022 so začasni) (Gozdarski inštitut Slovenije)

radi povečanega uvoza okroglega lesa za proizvodnjo lesovine in posledično zmanjšane porabe slovenskega lesa so izdelki iz papirja in kartona tudi v letih 2017 in 2018 predstavljali obračunske emisije. Podobno so težave pri poslovanju ene od slovenskih papirnic doprinesle k slabi bilanci spremembe zaloge ogljika v izdelkih iz papirja in kartona v letih 2021 in 2022.

Vse bolj uspešno poslovanje žagarske industrije in povečanje porabe hlodovine v zadnjih letih potrjuje podatek, da je v obdobju 2019–2022 sprememba zaloge ogljika v žagarskih proizvodih znašala povprečno 200 kt CO₂ letno (Slika 2). V času zadnje svetovne gospodarske krize 2008–2014 je sprememba zaloge ogljika v žagarskih proizvodih znašala povprečno 70 kt CO₂ letno. Proizvodnja žaganega lesa v Sloveniji se od leta 2014 naprej povečuje, v obdobju 2018–2022 je znašala povprečno 1,0 milijona m³, od tega je 86 % proizvodov iz lesa domačih gozdov.

Primerjava vrednosti sprememb zalog ogljika v lesnih izdelkih Slovenije z drugimi državami članicami EU kaže, da smo po vrednosti na repu seznama. Absolutno največje ponore v lesnih izdelkih je imela v letu 2021 Švedska, ki ji sledita Nemčija in Poljska (Preglednica 1). Države, ki so v letu 2021 z lesnimi izdelki ustvarjale emisije CO₂, so Nizozemska, Belgija in Ciper. Primerjava med državami sicer ni najboljša, saj bi morali za primerjavo upoštevati tudi velikost oz. površino države in gozdnatost. Prispevek lesnih izdelkov, izražen v odstotkih od skupnih neto ponorov, je med izbranimi članicami EU največji v Nemčiji, ta pa je podobno velik tudi na Finskem. Čeprav je tudi tukaj Slovenija na dnu lestvice, se trend v zadnjih letih izboljšuje.



Slika 2: Sprememba zaloge ogljika v žagarskih izdelkih v Sloveniji v obdobju zadnjih dvajset let (podatki so prikazani v kilotonah (kt) CO₂, podatki za leto 2022 so začasni) in količina proizvodnje žagarskih izdelkov iz slovenskega lesa (uvoz je izključen) (Gozdarski inštitut Slovenije)

Preglednica 1: Neto ponor ogljika v lesnih izdelkih v Sloveniji in drugih izbranih državah članic EU v letu 2021 (Evropska komisija, 2023)

Država	Lesni izdelki [kt CO ₂] (HWP)	LULUCF [kt CO ₂]	Prispevek HWP v skupnih neto ponorih [%]
Nemčija	-8.651	-3.733	231,74
Finska	-3.646	-2.149	169,66
Poljska	-4.877	-21.845	22,33
Švedska	-8.998	-43.290	20,79
Avstrija	-1.889	-10.541	17,92
Madžarska	-933	-7.241	12,88
Hrvaška	-685	-5.924	11,56
Italija	-2.035	-28.924	7,04
Slovenija	-195	-3.142	6,21
Slovaška	-309	-7.710	4,01

Potencial lesnopredelovalne industrije v Sloveniji

Slovenska lesnopredelovalna industrija je po podatkih Gozdarskega inštituta Slovenije pred dvajsetimi leti proizvedla 780.000 m³ žaganega lesa in furnirja, 230.000 m³ lesnih plošč ter 140.000 ton mehanske celuloze (lesovine suhote 90 %), to so proizvodi, ki so po metodologiji vključeni v obračune ponora ogljika v lesnih izdelkih. Po gospodarski krizi, leta 2013, smo v Sloveniji proizvedli 690.000 m³ žaganega lesa in furnirja, 160.000 m³ lesnih plošč ter 70.000 m³ mehanske celuloze. V letu 2022 je predvsem žagarska industrija poslovala zelo dobro, saj je po začasnih podatkih obseg proizvodnje žaganega lesa in furnirja skupaj znašal 1,20 milijona m³, proizvodnje lesnih plošč 130.000 m³, proizvodnje mehanske celuloze pa 73.000 ton.

Po pridobljenih podatkih od lesnopredelovalnih podjetij ocenjujemo, da so trenutne proizvodne zmogljivosti pri industriji lesnih plošč in mehanske celuloze za 15 do 20 % višje od lanskega dejanskega obsega proizvodnje, pri žagarski industriji pa ocenjujemo proizvodno zmogljivost na okrog 1,32 milijona m³ žaganega lesa, kar je dobrih 10 % več od lanske proizvodnje. Proizvodnja furnirja po ocenah trenutno dosega okrog 90 % maksimalne proizvodnje zmogljivosti. Če bi slovenska lesno-

predelovalna žagarska industrija, industrija lesnih plošč, mehanske celuloze in furnirja, pri letni proizvodnji dosegala maksimalne zmogljivosti in bi pri tem razmerje porabe slovenskega okroglega lesa in lesa iz uvoza sledilo trendu zadnjih let, bi se lahko sprememba zaloge ogljika v obravnavanih lesnih izdelkih povečala za okrog 70 kt CO₂ v enem letu.

Zaključki

Gozdovi in lesni izdelki so pomembni pri blaženju podnebnih sprememb; v letu 2021 so bili slovenski gozdovi neto ponor ogljika v višini -2.943 kt CO₂, lesni izdelki pa -195 kt CO₂ (MeKinda Majaron idr., 2023). S povečano porabo okroglega lesa iz domačih gozdov za proizvodnjo žaganega lesa, lesnih plošč, papirja in kartona se sprememba zalog ogljika v lesnih izdelkih povečuje.

V Sloveniji je prispevek neto ponora ogljika v lesnih izdelkih v skupnih neto ponorih sektorja LULUCF (sektor rabe zemljišč, spremembe rabe zemljišč in gozdarstva) majhen (6,2 %). Pri tem je naša država na repu seznama držav članic EU, vendar se s krepitvijo poslovanja lesnopredelovalne industrije v zadnjih letih ta trend izboljšuje (Evropska komisija, 2023).



Foto: Špela Ščap



Foto: Špela Ščap



Foto: Špela Ščap

Proizvodnja lesnih izdelkov v Sloveniji se povečuje od leta 2014 dalje, potem ko se je zaradi naravnih motenj v gozdovih izrazilo povečal sanitarni posek. Ne glede na to je Slovenija še vedno neto izvoznica okroglega lesa, za slovenski les se potegujejo tudi konkurenti iz tujine in zato je še toliko pomembnejša konkurenčnost poslovnega okolja slovenske lesnopredelovalne industrije. Ocenjuje se, da lahko letno predelamo največ okoli 2,7 milijona (neto) m³ okroglega lesa, kar je veliko premalo, če vemo, da je možni posek v letu 2022 znašal nekaj manj kot 7,2 milijona (bruto) m³ (ZGS, 2022). Po podatkih strukture proizvodnje gozdnih lesnih sortimentov (SURS, 2021; Ščap, 2022) je povprečno dobrih 70 % okroglega lesa namenjenega za industrijsko predelavo.

Za večji prispevek lesnih izdelkov pri blaženju podnebnih sprememb so pomembne naložbe predvsem v primarno predelavo lesa. Na tem področju gredo stvari v pravo smer, saj so pristojna ministrstva oblikovala ustrezne ukrepe v obliki finančnih spodbud. Priložnosti za pridobitev nepovratnih sredstev in posojil za investicije v primarno predelavo lesa se kažejo v okviru Načrta za okrevanje in odpornost, evropskih kohezijskih sredstev in Strateškega načrta skupne kmetijske politike 2023–2027 (Mali, 2023).

Viri

- Evropska komisija. (2023). Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2021 and inventory report (NIR). <https://unfccc.int/documents/627851>
- Gozdarski inštitut Slovenije. (2023). Interna podatkovna baza za izračun spremembe zaloge ogljika v lesnih izdelkih v Sloveniji za obdobje 1986–2022 skladno s smernicami IPCC 2008.
- IPCC 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H. S., Buendi, a L., Miwa, K., Ngara, T. and Tanabe, K. (eds). Hayama, Kanagawa, IGES. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>
- Mali, B. (2023). Dva izziva: potencial lesne biomase iz gozdov in prehranska varnost. Okolje, družba, upravljanje (ESG), 179/180, 22. <https://www.zelenaslovenija.si/esg/zdaj-je-priloznost-za-sprejem-operativnega-nacrta-zelenega-prehoda-esg-179-180/>
- Mekinda Majaron, T., Logar, M., Mali, B., Verbič, J., Česen, M., Pečnik, Ž., Kušar, G., in Tolar Šmid, V. (2023). Slovenia's national inventory report 2023: GHG emissions inventories 1986–2021. Submitted under the Regulation (EU) 2018/1999. Ljubljana, Ministry of the Environment, Climate, and Energy, Slovenian Environment Agency. https://cdr.eionet.europa.eu/si/eu/mmr/art07_inventory/ghg_inventory/envzbghrq/SVN_NIR_2023_March.docx/manage_document
- Statistični urad RS (SURS). (2021). Podatkovna zbirka »Proizvodnja gozdnih lesnih sortimentov v Sloveniji«. <https://pxweb.stat.si/SiStatData/pxweb/sl/Data/-/16731455.px>
- Ščap, Š. (2022). Tokovi okroglega lesa. V M. Triplat (ur.), Kazalniki gospodarjenja z gozdovi v Sloveniji. Studia forestalia Slovenica, 183, 48–59. DOI: 10.20315/SFS.183
- Ščap, Š., in Mali, B. (2022). Lesni izdelki v Sloveniji ponazarjajo vir ponora ogljika. InfoGozd: skrbno z gozdom, 3, 7, 16–17. DOI: 10.20315/IG.2022.0036
- ZGS. (2022). Poročilo Zavoda za gozdove Slovenije o gozdovih za leto 2022. Ljubljana: Zavod za gozdove Slovenije. http://www.zgs.si/zavod/publikacije/letna_porocila/index.html

Drevesne vrste slovenskih gozdov v prihodnosti – posledice za gozdno-lesno biogospodarstvo

dr. Jožica Gričar, dr. Luka Krajnc, dr. Polona Hafner,
dr. Gal Kušar, dr. Mitja Skudnik, dr. Peter Prislan

Gozdarski inštitut Slovenije

t: 01 200 78 00

e: jozica.gricar@gozdis.si, luka.krajnc@gozdis.si,
polona.hafner@gozdis.si, gal.kusar@gozdis.si,
mitja.skudnik@gozdis.si, peter.prislan@gozdis.si
www.gozdis.si/

Uvod

Podnebne spremembe pomembno vplivajo na človeštvo, saj so številne dejavnosti, npr. gozdarstvo, kmetijstvo, turizem, energetika in promet, povezane z vremenom. Najverjetnejši podnebni scenarij za Slovenijo predvideva dvig povprečne letne temperature zraka za približno 2 °C do leta 2100 glede na obdobje 1981–2010. Obenem lahko pričakujemo sezonsko prerazporeditev padavin, pri čemer se bo količina padavin verjetno povečala v hladni in zmanjšala v topli polovici leta. Pomembna posledica podnebnih sprememb so tudi pogostejši in intenzivnejši ekstremni vremenski pojavi (npr. vročinski valovi, neurja s točo, strele, žled, orkanski veter) in vremensko pogojene naravne nesreče (zemeljski plazovi, poplave, požari, suša, pozebe), kar v zadnjih letih opažamo tudi v Sloveniji.

Naštete spremembe bi lahko močno vplivale na gozdne ekosisteme v smislu biotske pestrosti, razširjenosti drevesnih vrst in vrstne sestave, odpornosti ter stabilnosti in produkcijske sposobnosti gozdov, kar se bo odražalo v ponudbi, povpraševanju in proizvodnji lesa na globalnem nivoju. Zaradi običajno dolgih obhodnj (pogosto več kot 100 let) je treba razvoj gozdov že danes aktivno usmerjati glede na pričakovane prihodnje okoljske razmere s spremembo strategij gospodarjenja ter z izbiro bolj prilagojenih in posledično odpornejših drevesnih vrst ali provenienc (t. i. podnebno pametno gozdarstvo).

Sestava gozdov se spreminja, kar vpliva na gozdno-lesno industrijo

V luči podnebnih sprememb se v srednji in jugovzhodni Evropi priporoča gojenje tistih drevesnih vrst oziroma njihovih provenienc, ki so na sušo odpornejše. Številčnost trenutno gospodarsko najpomembnejših evropskih drevesnih vrst naj bi se bodisi zmanjšala (navadna smreka, rdeči bor, jelka in dob) ali ostala nespremenjena (navadna bukev). Obenem naj bi nekaj trenutno manj zastopanih in razmeroma gospodarsko nepomembnih avtohtonih (npr. črni bor, puhasti hrast, črnika, pravi kostanj) ali tujerodnih drevesnih vrst (duglazija, robinija) delno zapolnilo nastale vrzeli, tudi pri preskrbi z lesom. Gradbena industrija je bila v zadnjih nekaj desetletjih pri uporabi lesa osredotočena predvsem na uporabo smreke, zato pospešeno išče primerne

drevesne vrste, katerih les bi lahko uporabili kot dodatek ali nadomestek za trenutno najbolj razširjene vrste, upoštevajoč predvsem lastnosti lesa in izboljšano odpornost na podnebne spremembe. Predlogi za dolgoročne nadomestne/dopolnilne vrste za smrekove sestoje obsegajo jelko, duglazijo in več vrst borov. Skrbno vključevanje preizkušenih tujerodnih vrst v gozdove torej lahko predstavlja eno izmed rešitev za prilagajanje podnebnim spremembam in ublažitev njihovih posledic. Kljub različnim mnenjem strokovnjakov o tujerodnih vrstah se mnogi med njimi strinjajo, da bi bile tujerodne vrste (npr. duglazija) lahko zanimive predvsem z ekonomskega vidika, vendar le v podporni vlogi pri večinoma naravni obnovi gozdov z domačimi vrstami.

Drevesne vrste z neizkoriščenim potencialom uporabnosti lesa v Sloveniji

V prihodnje lahko v Sloveniji pričakujemo spremembe v vrstni sestavi gozdov, saj je v zadnjih desetletjih že opazen jasen trend zniževanja deleža iglavcev v lesni zalogi in povečevanja deleža listavcev. Ta trend lahko pripišemo številnim dejavnikom, v največji meri pa nanj vplivajo pogoste in obsežne težave zaradi številnih ujm in podlubnikov ter načrtnega zmanjševanja deleža monokultur smreke v slovenskih gozdovih.

Na podlagi podatkov prirastka in poseka nacionalne gozdne inventure Gozdarskega inštituta Slovenije iz leta 2018 (Skudnik idr., 2021) smo podrobneje pregledali gibanje lesnih zalog izbranih drevesnih vrst, ki imajo glede na trenutne napovedi gibanja podnebnih kazalnikov, gozdne produkcije in lastnosti lesa največji potencial v Sloveniji v prihodnosti. Te drevesne vrste so: navadna bukev, javorji, bela jelka, hrasti, robinija, topoli, črni bor, rdeči bor, navadna ameriška duglazija in pravi kostanj. Od teh vrst je v lesni zalogi naših gozdov največ bukve (33,4 %), smreke (28,6 %), jelke (7,9 %), hrastov (7,5 %) in borov (5,5 %).

V Preglednici 1 so prikazani podatki o prirastku in poseku (m^3/ha) izbranih drevesnih vrst v Sloveniji v obdobju 2012–2018, izračunani v okviru Nacionalne gozdne inventure. Dodani pa so tudi izračuni razmerja med prirastkom in posekom, ki je eden od kazalcev izkoriščenosti posamezne drevesne vrste, ter podatek o povprečnem deležu sanitarnega poseka za posame-

Preglednica 1: Prirastek in posek izbranih drevesnih vrst v obdobju 2012–2018 (Skudnik idr., 2022), izkoriščenost posamezne drevesne vrste, izračunana kot razmerje med prirastkom in posekom za posamezno drevesno vrsto, ter povprečni delež sanitarnega poseka za posamezno drevesno vrsto v izbranem obdobju 2012/2018 (ZGS, 2023). Listavci so napisani s črno barvo, iglavci pa z zeleno barvo.

Drevesna vrsta	Prirastek (m ³ /ha leto)	Posek (m ³ /ha leto)	Posek/prirastek (%)	Delež sanitarnega poseka (%)
Bukev	2,50	1,20	48	30,6
Smreka	2,28	3,19	140	52,9
Jelka	0,73	0,47	65	34,8
Graden in dob	0,38	0,36	94	23,7
Javor	0,26	0,06	22	27,2
Rdeči bor	0,23	0,27	118	37,9
Pravi kostanj	0,18	0,08	44	31
Cer	0,11	0,01	6	19,3
Puhasti hrast	0,02	0,001	3	7,5
Črni bor	0,10	0,08	77	37,4
Duglazija	0,01	0,15	1.299	31,2
Robinija	0,07	0,08	122	12,9
Topoli	0,01	0,001	9	15,2

zno drevesno vrsto v izbranem obdobju. Podatek o deležu sanitarnega poseka je bil pridobljen iz podatkovnih baz o poseku Zavoda za gozdove Slovenije (ZGS, 2023).

Pri sonaravnem gospodarjenju z gozdovi se z redno načrtovanim posekom naj ne bi preseglo 80 % prirastka, vendar je ta delež zaradi sanitarnega poseka pogosto presežen. Na podatke o izkoriščenosti posamezne drevesne vrste tako v veliki meri vpliva sanitarni posek, ki zajema posek bolnega, poškodovanega ali sušečega se drevoja z namenom izboljšanja zdravstvenega stanja sestoja oz. preprečitve širjenja bolezni in škodljivcev (podlubniki). Delež sanitarnega poseka je za določene drevesne vrste, kot je denimo smreka, zelo visok zaradi že omenjenih razlogov in je v analiziranih letih predstavljal več kot polovico celotnega poseka na letni ravni. Tudi pri številnih drugih drevesnih vrstah (npr. bori, jelka, pravi kostanj) delež sanitarnega poseka predstavlja več kot 30 % poseka. Les, pridobljen s sanitarno sečnjo, je pogosto razvrednoten v primerjavi z lesom iz rednega poseka zaradi obarvanosti, okužb z glivami ali razkrojenosti zaradi nepravočasnega spravila.

Pri posameznih drevesnih vrstah, kot so smreka, rdeči bor, duglazija in robinija, je bil posek v analiziranih letih večji od prirastka, kar kaže na visoko teh vrst, medtem ko pri drugih predstavlja posek manj kot 40 % letnega prirasta (topoli, javor, cer, puhasti hrast) in torej predstavlja neizkoriščen potencial možnega in trajnostno vzdržnega poseka.

Za nekatere izbrane drevesne vrste je značilno, da imajo bolj pionirski značaj (topoli, robinija, črni bor), kar pomeni, da uspevajo tudi na zelo zahtevnih rastiščih, predvsem v mladosti hitro priraščajo in so odporne na pričakovane vremenske ekstreme. Izmed hrastov sta zlasti cer in puhasti hrast dokaj odporna na pričakovane višje temperature in občasne sušne razmere. Vendar pa naše gozdove ogrožajo še številni obstoječi in novi škodljivci ter bolezni, ki predstavljajo dodatno potencialno težavo za drevesne vrste in izkoriščanje lesa. Eden od primerov so

sestoji črnega bora, ki jih ogrožajo številni patogeni tujerodni organizmi, in bi ob razširitvi lahko povzročili množično propadanje dreves te vrste. Poleg tega so borovi sestoji v sušnih obdobjih zaradi velike vsebnosti smole v drevesih in presušenosti močno požarno ogroženi.

Od izbranih drevesnih vrst je treba izpostaviti še duglazijo in robinijo, ki sta tujerodni drevesni vrsti, in so ju poleg drugih drevesnih vrst v Evropo prinesli v 17. stoletju, da bi zadostili naraščajočemu povpraševanju po lesu. Delež duglazije je v Sloveniji relativno majhen v primerjavi z ostalimi drevesnimi vrstami in se bo v prihodnosti najverjetneje še zmanjšal, saj je saditev neavtohtonih drevesnih vrst v naravnih gozdovih zakonsko prepovedana. Robinija je hitrorastoča drevesna vrsta z veliko obnovitveno močjo, zato zaradi svoje agresivnosti in invazivnosti rasti ogroža ali celo izrinja avtohtono vegetacijo in tako spada med invazivne tujerodne drevesne vrste.

Primerjava mehanskih in fizikalnih lastnosti izbranih drevesnih vrst

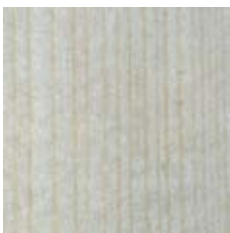
Podatki o strukturi in lastnostih lesa trenutno manj razširjenih ali manj izkoriščanih vrst so tako ključnega pomena za nadaljnjo optimizacijo izkoriščanja lesa. V Preglednici 2 so prikazane nekatere mehanske in fizikalne lastnosti izbranih drevesnih vrst. Številne drevesne vrste z največjim neizkoriščenim potencialom so po mehanskih in fizikalnih lastnostih primerljive ali celo boljše od trenutno na trgu dostopnejših drevesnih vrst in so torej na tem področju več kot konkurenčne. Mehanske lastnosti duglazije v povprečju presegajo smreko in jelko, robinija pa lahko celo za dvakratno vrednost preseže lastnosti pravega kostanja. Največje absolutne vrednosti gostote lesa analiziranih drevesnih vrst najdemo pri hrastih dobi in gradnu, v povprečnih vrednostih pa les robinije presega ostale drevesne vrste. Po gostoti sledijo bukev, hrasti in pravi kostanj. Pomen vseh štirih naštetih vrst listavcev se bo v prihodnosti povečal tudi zaradi večje količine vezanega ogljika. Iz preglednice je

Preglednica 2: Mehanske in fizikalne lastnosti izbranih drevesnih vrst. Podajamo podatke o gostoti absolutno suhega lesa (Wagenführ, 1996). Listavci so napisani s črno barvo, iglavci pa z zeleno barvo. Oznaka / pomeni, da ni podatka.

Vrsta	Modul elastičnosti (MPa)	Upogibna trdnost (MPa)	Gostota (kg/m ³)
Bukev	10.000–16.000–18.000	74–123–210	490–680–880
Smreka	7.300–11.000–21.400	49–78–136	300–430–640
Jelka	6.600–11.000–17.200	47–73–118	320–410–710
Graden in dob	9.200–13.000–13.500	78–110–117	390–650–930
Javor	6.400–9.400–15.200	50–95–140	480–590–750
Rdeči bor	6.900–12.000–20.100	41–80–205	300–490–860
Pravi kostanj	6.400–9.000	64–77–91	530–590
Cer	/	/	/
Puhasti hrast	/	/	/
Črni bor	/	/	/
Duglazija	11.200–13.500	68–89	320–470–30
Robinija	9.000–11.300–13.600	103–136–169	540–740–870
Topoli	4.000–8.800–11.700	43–60–94	370–410–520

razvidno, da nujno potrebujemo nacionalne raziskave lastnosti lesa za drevesne vrste, ki rastejo na območju Slovenije, saj za nekatere drevesne vrste (npr. cer, črni bor, puhasti hrast) manjkajo podatki o lastnostih lesa tudi v svetovnih priročnikih. Poleg tega na lastnosti lesa vplivajo rastiščne razmere, kar se odraža v veliki variabilnosti vrednosti, zato bi bili nacionalni podatki dragoceni z vidika smotrnega izkoriščanja lesa za različne namene. Vendar je treba za vsako drevesno vrstno upoštevati še

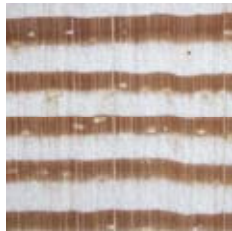
rastne posebnosti, ki so lahko vrstno specifične in lahko močno omejujejo izkoristke ali nadaljnjo predelavo in obdelavo lesa. Primer je robinija, katere raba je zaradi slabe oblikovanosti debel ter nagnjenosti k zvijanju in pokanju omejena, navkljub izstopajočim mehanskim lastnostim lesa. Pri pravem kostanju, katerega struktura lesa je zelo podobna hrastu, rabo lesa omejujejo pogosta kolesivost, razpoke zaradi zmrzali in nepopolna ojedritev (t. i. lunini obroči).



Smreka (*Picea abies* (L.) Karst)

Gostota: 300 ... 430 ... 640 kg/m³

Les je rumenkasto bele do rumenkasto rjave barve
Nima obarvane jedrovine



Rdeči bor (*Pinus sylvestris* L.)

Gostota: 300 ... 490 ... 860 kg/m³

Beljava široka in navadno rumenkastobeale do rdečkastobeale barve; jedrovina rdečkasto rumene do rjavkaste oziroma rdečerjave barve.



Duglazija (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco)

Gostota: 320 ... 470 ... 730 kg/m³

Beljava je ozka do zmerno široka in je bele do rdečkastobeale barve
Jedrovina od rumenkaste ali blede rdečkastorumene do temnordeče barve.

Slika 1: Makroskopski videz smreke, bora in duglazije. Posamezne sličice (od leve proti desni) prikazujejo teksturo prečnega, radialnega in tangencialnega prereza.



Bukev (*Fagus sylvatica* L.)

Gostota: 540 ... 720 ... 910 kg/m³

Les je blede rumene do rdeče-bele barve.

Prisotna je lahko rjavo rdeča do sivo-rjava diskoloracija (rdeče srce).

Hrast (*Quercus* spp.)

Gostota: 430 ... 690 ... 960 kg/m³

Beljava rumeno-bele barve; jedrovina rumeno-rjava do sivo-rjava.

Javor (*Acer pseudoplatanus* L.)

Gostota: 530 ... 630 ... 960 kg/m³

Les je svetlo-rumene do skoraj bele barve.

Možnost nastanka rjave diskoloracije.

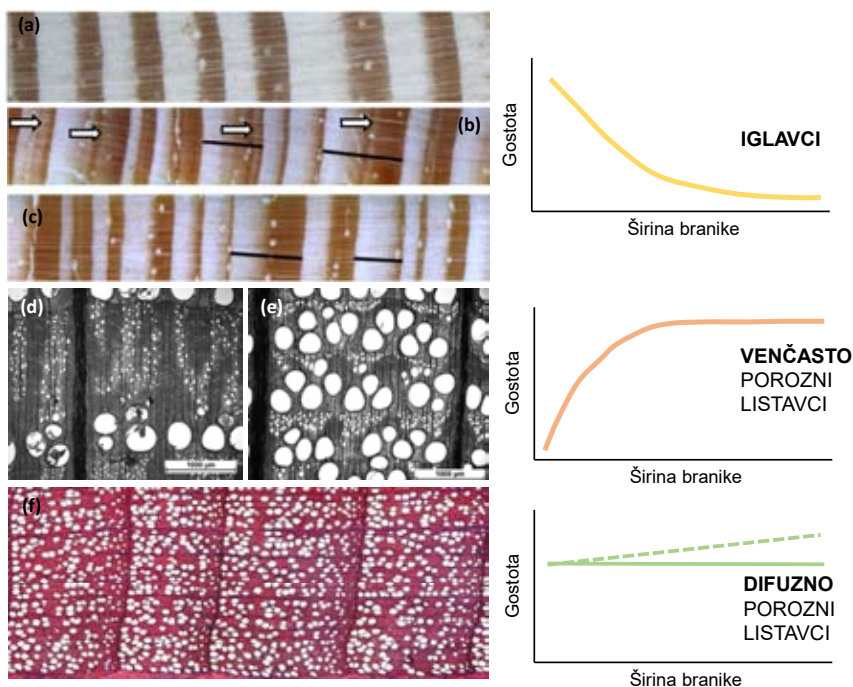
Slika 2: Makroskopski videz bukke, hrasta in javorja. Posamezne sličice (od leve proti desni) prikazujejo teksturo prečnega, radialnega in tangencialnega prereza.

Vpliv podnebnih sprememb na strukturo in lastnosti lesa

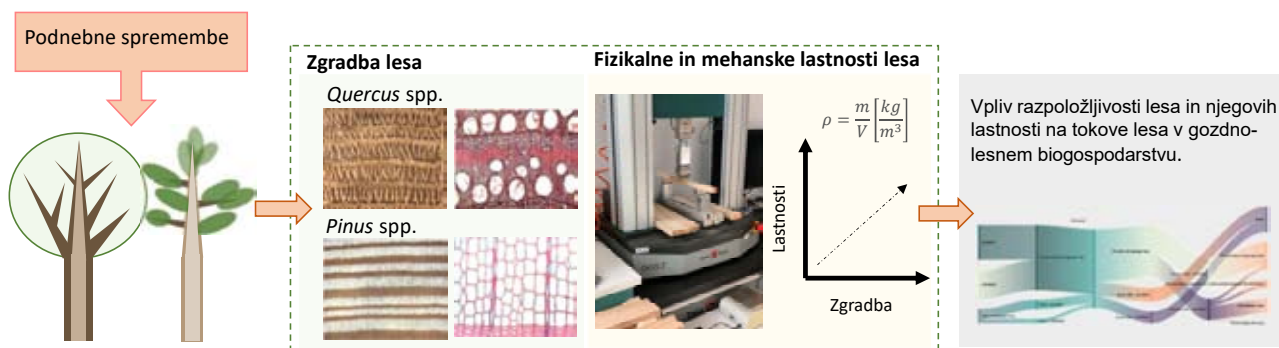
Poleg vplivov globalnih okoljskih sprememb na prihodnjo oskrbo z lesom zaradi spreminjanja razširjenosti drevesnih vrst ne smemo zanemariti tudi vpliva podnebnih sprememb neposredno na lastnosti lesa. Drugačne rastiščne razmere bodo namreč vplivale na dinamiko debelinske rasti, kar se bo odražalo v strukturi in posledično lastnostih lesa. Naša nedavna študija o debelinski rasti in gostoti lesa črnega bora s Podgorskega krasa, za katerega je značilno subsredozemsko podnebje z dokaj ostrimi zimami in pogostimi poletnimi sušami, je pokazala, da takšne izostrene razmere močno vplivajo na strukturo lesa. V primerjavi s strukturo lesa črnega bora iz bolj zmernega podnebja je bila pri črnem boru s Podgorskega krasa zabeležena znatno večja medletna variabilnost v širini letnih lesnih prirastkov. Obenem je bila spremenjena tudi struktura lesa, pri čemer so se pogosto pojavile gostotne fluktuacije znotraj posameznih lesnih prirastkov. Vse te strukturne spremembe vplivajo na gostoto lesa, saj izostane tipična negativna zveza med širino lesnega prirastka in gostoto lesa, ki je značilna za iglavce zmernega in borealnega pasu. Gostota lesa iglavcev je torej večja v ozkih lesnih prirastkih kot v širokih zaradi večjega deleža redkejšega ranega lesa v slednjih. Posledično je les iglavcev z ožjimi lesnimi prirastki primernejši za konstrukcije oz. gradbeni les. V primeru (sub)sredozemskih iglavcev te znane zveze izostanejo, vpliv strukturnih sprememb na lastnosti lesa (npr. mehanske lastnosti lesa, trajnost lesa, kemična sestava) pa je še dokaj neraziskan, zato bo v prihodnje v luči smotne rabe lesa treba del raziskav nameniti tudi temu vprašanju.

Izzivi slovenske lesnoprredelovalne industrije so večplastni

Potencial gozdno-lesnih sortimentov, zlasti listavcev, pri nas ni izkoriščen. To bi lahko deloma pripisali bodisi pomanjkanju informacij o kakovostni strukturi sortimentov, deloma pa načinom oz. tehnologijam predelave lesa z manjšo dodano vrednostjo. Slovenska lesnoprredelovalna industrija je pretežno usmerjena predvsem v predelavo lesa iglavcev, manj pa se predeluje les listavcev, ne glede na to, da se lesna zaloga listavcev (predvsem bukke) v zadnjih letih povečuje. Glede na podatke, ki se zbirajo na Gozdarskem inštitutu Slovenije, je več kot polovica lesa listavcev namenjenega kurjavi, preostali del se enakomerno deli med les za celulozo in plošče ter hlodovino, poleg tega velik delež lesa listavcev tudi izvažamo (Ščap in Krajnc, 2021). Ta podatek jasno kaže, da imamo v Sloveniji z vidika izkoriščenosti potenciala dodane vrednosti sortimentov lesa listavcev izrazite rezerve, zato bi bilo smiselno povečati gospodarsko rabo okroglega lesa znotraj Slovenije ter krepiti tehnološko naprednejše alternative energetske rabi okroglega lesa. V prihodnje se bo torej treba usmeriti v uvajanje inovativnih tehnologij obdelave lesa listavcev, v razvoj novih materialov in izdelkov ter poslovne modele v okviru lesnoprredelovalne in papirniške industrije, ki učinkoviteje izkoriščata ekonomski potencial lesa listavcev. V Sloveniji v zadnjem desetletju vsaj na ravni strateških razvojnih dokumentov zaznavamo krepitev zanimanja za gospodarski razvoj, ki bi vključeval načela krožnega biogospodarstva. Tovrstna organizacija poslovnih procesov bi pripomogla k snovno in energetsko učinkovitejši rabi biomase (v tem primeru sortimentov lesa listavcev) in multiplikativnim ekonomskim učinkom.



Slika 3: Spremenljiva struktura in širina lesnih prirastkov pri črnem boru (a, b, c), hrastu (d, e) in bukvi (f). Na sliki (a) so letni lesni prirastki pri črnem boru iz zmerne pasu dokaj enakomerno široki s primerljivim deležem ranega in kasnega lesa. Širina lesnih prirastkov pri črnem boru na Podgorskem krasu (submediteransko podnebje) je bistveno bolj variabilna (b, c), kar se odraža v neenakomerno širokih lesnih prirastkih, različnem deležu ranega in kasnega lesa ter številnih gostotnih nihanjih v branikah (bele puščice na sliki c). Ta variabilnost pomembno vpliva tudi na lastnosti lesa. Zveza med širino lesnega prirastka in gostoto lesa je pri venčasto poroznih listavcih (hrast, jesen, robinija, pravi kostanj) ravno obratna kot pri iglavcih (d, e). S širino lesnega prirastka gostota lesa narašča, saj narašča delež gostejšega kasnega lesa. Posledično so te lesne vrste s širokimi branikami primernejše za konstrukcijski les. Pri difuzno poroznih lesnih vrstah (bukev, javor) je struktura lesa znotraj posameznega lesnega prirastka dokaj podobna, zato ima širina branike majhen vpliv na gostoto lesa (f).



Slika 4: Vpliv podnebnih sprememb na celotno gozdno-lesno verigo

Slednji se nanašajo tako na izboljšane kazalnike poslovanja gospodarskih subjektov, vključenih v verige vrednosti, kot tudi na pozitivne učinke na ravni nacionalnega gospodarstva (bruto dodana vrednost, dohodki, delovna mesta).

Zaključek

Gozdarski sektor je eden izmed ključnih sektorjev pri prehodu v nizkoogljično in podnebju prijazno gospodarstvo. Navkljub visokemu deležu gozdnatosti in bogatim naravnim virom ostaja ta sektor v Sloveniji premalo izkoriščen, so pa njegov potencial prepoznali tudi oblikovalci politik, saj je les kot pomemben material in vir energije v zadnjih letih opredeljen kot nacionalni strateški vir. Za ustrezne rešitve in uspešne blažitve posledic podnebnih sprememb bo potrebno aktivno sodelovanje vseh vpletenih deležnikov gozdno-lesne verige, ki se navadno začne v gozdu in konča z lesnim izdelkom na trgu. Nujne so spremembe v načinu razmišljanja, prilagoditve obstoječih praks na

nove razmere in investicije v nove tehnologije. Poznavanje možnih in dejanskih količin lesne surovine iz gozdov je pomembna informacija za razvoj lesnopredelovalne industrije tako pri umeščanju novih obratov ali optimizaciji obstoječih kot pri dimenzioniranju kapacitet, varnosti dobave ter izboru ustreznih tehnologij. Za učinkovito izrabo surovine so ključni naši podatki o lastnostih in kakovosti lesa za rastoče drevesne vrste na območju Slovenije, ki bodo podlaga za smotrno uporabo in predelavo lesa za različne namene.

Del teh vprašanj obravnava tudi nov šestletni raziskovalni program P4-0430 Gozdno-lesna veriga in podnebne spremembe: prehod v krožno biogospodarstvo, ki ga financira Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARIS) in vključuje raziskovalce treh raziskovalnih organizacij: Gozdarskega inštituta Slovenije, Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani in Zavoda za gradbeništvo Slovenije.

Preglednica 3: Uvoz lesa v letu 2021

Les (žagan ali rezan, cepljen ali luščen idr.)	
Drevesna vrsta	Količina v kg
Bori	1.841.175
Jelka in smreka	300.230.802
Les drugih iglavcev	12.393.593
Hrasti	27.988.821
Bukev	25.494.806
Javorji	116.315
Češnja	218.028
Jesenj	8.727.907
Breze	591.014
Topoli	3.774.372
Mahagoni (<i>Swietenia</i> spp.)	28.973
Virola (<i>Virola</i> spp.), imbuia (<i>Phoebe porosa</i>) in balza (<i>Ochroma pyramidale</i>)	12.854
Dark red meranti, light red meranti, meranti bakau (<i>Shorea</i> spp.)	22.967
Sapelli (<i>Entandrophragma cylindricum</i>)	148.422
Iroko (<i>Milicia excelsa</i>)	109.033
Les tropskega drevja, drugo	1.676.387
Les drugih dreves	5.053.643
Skupaj	388.429.112

Okrogli les	
Drevesna vrsta	Količina v kg
Les za ogrevanje, iglavci	17.260.511
Les za ogrevanje, listavci	152.070.036
Bori	26.992.483
Jelka	365.265.662
Drugi iglavci	39.144.835
Hrasti	58.867.170
Bukev	49.544.696
Breze	50.415
Topoli	1.777.329
Evkalipti	1.100
Sapelli (<i>Entandrophragma cylindricum</i>), acajou d'Afrique, (<i>Khaya</i> spp.), iroko (<i>Milicia excelsa</i>)	278.884
Okoume (<i>Aucoumea klaineana</i>) in sipo (<i>Entandrophragma utile</i>)	140.890
Les drugih tropskih dreves	412.852
Drug les	53.658.071
Skupaj	765.464.934

S podporo trajnostnemu gospodarjenju, celovitemu varovanju gozdnih virov in biotske raznovrstnosti ter z uvajanjem okolju prijaznih, družbeno sprejemljivih in ekonomsko upravičenih izdelkov in delovnih procesov na osnovi lesa bodo aktivnosti P4-0430 usmerjene v povečanje prispevka gozdno-lesne verige k nacionalnemu gospodarstvu.

Zahvala

Pripravo prispevka so omogočili Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARIS), raziskovalna programa P4-0430 in P4-0107, projekti: V4-2017, V4-2016, V4-2270, J4-2541 in J4-4541 ter projekt REWINNUSE (Norveški finančni mehanizem in Finančni mehanizem EGP). Delo dr. Luke Krajnc financira Evropska unija po pogodbi št. 0005-404; Mehanizem za okrevanje in odpornost (NOO) in "NextGenerationEU". Zahvaljujemo se financerju naloge JGS4, Ministrstvu za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, za finančno podporo pri izvajanju nacionalne gozdne inventure naloge 4.2 in financiranje naloge 4.4.

Viri:

Arnič, D., Prislán, P., in Juvančič, L. (2019). Raba lesa v slovenskem biogospodarstvu. *Gozdarski vestnik*, 10(77), 375–93.
Krajnc, L., Hafner, P., in Gričar, J. (2021). The effect of bedrock and species mixture on wood density and radial wood increment in pubescent oak and black pine. *Forest Ecology and Management*, 481, 118753, 11 str. DOI: 10.1016/j.foreco.2020.118753

Krajnc, L., Hafner, P., in Gričar, J. (2022). Izbor drevesnih vrst z največjim neizkoriščenim potencialom uporabnosti lesa v luči podnebne segrevanja in prihodnjih sprememb vrstne sestave slovenskih gozdov: Projekt REWINNUSE: Izroček št. 1.2.1: poročilo o izvedeni analizi odvisnosti kakovosti lesa od značilnosti rastišča drevesa. Ljubljana: Gozdarski inštitut Slovenije, 1 spletni vir (1 datoteka PDF ([7] str.)). <https://dirros.openscience.si/lzpisGradiva.php?id=16403>
Krajnc, L., Arnič, D., in Prislán, P. (2023). Analiza kakovostne strukture okroglega lesa listavcev. *Les/Wood*, 72(1), 49–58.
Skudnik, M., Grah, A., Guček, M., Hladnik, D., Jevšenak, J., Kovač, M., ... idr. (2021). Stanje in spremembe slovenskih gozdov med letoma 2000 in 2018: rezultati velikoprostorskega monitoringa gozdov in gozdnih ekosistemov. Gozdarski inštitut Slovenije, založba Silva Slovenica. <https://doi.org/10.20315/SFS.181>
Ščap, Š., in Krajnc, N. (2021). Tokovi okroglega lesa v Sloveniji. *Gozdarski vestnik*, 79, (7/8), 251–258.
Zavod za gozdove Slovenije. (2023). Podatkovna zbirka poseka med leti 2012 in 2018. Ljubljana.
Wagenführ, R. (1996). *Holzatlas*, 4. neuarbeitete Auflage. Fachbuchverlag Leipzig.

Krmarjenje s podnebnimi spremembami in trajnostna gradnja – celostni pristop

doc. dr. Katja Malovrh Rebec

Zavod za gradbeništvo Slovenije

t: 01 280 45 14

e: katja.malovrh@zag.si

www.zag.si

Uvod

Prehod na trajnostno prihodnost zahteva temeljite družbene spremembe (Pariški sporazum, 2016). Stremimo k temu, da bi naš naravni življenjski prostor zapustili zanamcev v takšnem stanju, da bodo tudi oni lahko bivali in se razvijali, kot se mi. Lahko bi rekli, da smo trenutno v obdobju trajnostne zaskrbljenosti, ko razmišljamo o posledicah: 1) izčrpanja naravnih virov, 2) naših navadah glede rabe energentov, 3) ustvarjanja in ravnanja z odpadki ter emisijami in s tem povezanimi vplivi na okolje ter 4) vplivi človeških akcij na zdravje in dobro počutje ljudi in širše živih bitij, nismo pa še v aktivni fazi, ko bi vsi skupaj delovali usklajeno. Zdi se, da še vedno upamo, da bomo ukrepe lahko preložili na nekoga drugega, medtem ko bomo sami ohranili vzpostavljene navade; še več: skrbi nas, da bomo s prilagoditvami in odpovedovanjem prikrajšani, nekdo drug pa bo gospodarsko napredoval hitreje od nas. Skratka, slepimo se, da bo namesto nas okoljske probleme rešil nekdo drug.

Pariški sporazum precej jasno opredeljuje problematiko emisij toplogrednih plinov. Z njimi vplivamo na spreminjanje ozračja, zato smo sprejeli zavezo, da do leta 2050 dosežemo podnebno nevtralnost gospodarstev in družb. Gradbeni sektor je eden ključnih akterjev pri zavzemanju za trajnostno prihodnost, saj porabi 30 % energije na svetovni ravni in prispeva k izpustu

27 % svetovnih emisij, pot do ogljično nevtralnega gospodarstva do leta 2050 pa bi pomenila kar 98 % zmanjšanja emisij glede na raven iz leta 2020 (Program Združenih narodov za okolje, 2022).

LCA je temelj za poenoteno vrednotenje okoljskih vplivov grajenih objektov

Neodvisni, celoviti in ponovljivi pristopi merjenja okoljskih od-tisov so bistvenega pomena za trajnostne gradbene prakse, saj lahko le na ta način pričakujemo zmanjšanje negativnih vplivov na okolje, povečevanje učinkovitosti naših akcij ter spodbujanje bolj zdrave in odporne dejavnosti. Ocena življenjskega cikla (Life Cycle Assessment – LCA) je celovita in standardizirana metodologija, ki je v gradbenem sektorju ključna za poenoteno vrednotenje okoljskih vplivov grajenih objektov v njihovi celotni življenjski dobi. Z analizo porabe virov, porabe energije, emisij in odpadkov, ki nastanejo v vsaki fazi življenjskega cikla, od pridobivanja surovin do rušenja objekta, LCA zagotavlja celovit vpogled v trajnostno uspešnost projekta. LCA je tako bistvena za usmerjanje sprejemanja odločitev, saj pomaga pri izbiri materialov, strategijah načrtovanja rabe energije in prenov ter uporabi različnih metod, ki zmanjšujejo škodo za okolje in optimizirajo dolgoročno učinkovitost objekta. Končno LCA zagotavlja, da gradbeni sektor prispeva k okoljsko bolj uravnote-



Slika 1: Posledice globalnega segrevanja (AI)



Slika 2: Trajnostno gradbeništvo in raba virov, krožni modeli gospodarstva in odpadki (AI)

ženemu in odpornemu grajenemu okolju. Eden od parametrov izračuna LCA je tudi potencial globalnega segrevanja (Global Warming Potential – GWP) ali ogljični odtis, ki poroča količino ogljikovega dioksida in drugih toplogrednih plinov, ki se sproščajo v življenjskem ciklu stavbe in prispevajo k podnebnim spremembam. Zmanjšanje tega odtisa vključuje uporabo energetsko učinkovitih principov, zasnov, materialov in sistemov. Govorimo o dekarbonizaciji grajenih objektov. Vsekakor pa to ni edini ali najpomembnejši faktor, saj je bistvo LCA celostno poročanje in usmerjanje nadaljnjega razvoja. Tako ocenjujemo tudi vplive in porabo vode za gradnjo, obratovanje in vzdrževanje objektov, odtise uporabljenih materialov, ki vplivajo na nastajanje fotokemičnega ozona, tanjšanje ozonskega plašča, zakisovanje, pojavljanje presežnih hranil in druge vplive pridobivanja, predelave in prevoza surovin na okolje. LCA spodbuja trajnostno izbiro materialov in recikliranje, z njo pa lahko vrednotimo tudi vplive stavb na ekosisteme, vključno z rabo zemljišč in potencialnim uničevanjem habitatov. Če jo razširimo z ekonomskimi in sociološkimi podatki, lahko poročamo tudi o družbeno-ekonomskem odtisu, torej vrednotimo vpliv stavb na primer na lokalne skupnosti in družbeno dinamiko.

Uredba o zelenem javnem naročanju in delež lesa v objektih

V Sloveniji pri vpeljevanju trajnostnega gradbeništva poleg digitalizacije ključno vlogo igrajo javna naročila, kjer investitorji, kot so javne institucije in organizacije, ki jih vodi javni interes, na letni ravni izpeljejo za skoraj 6 milijard evrov javnih naročil (podatek za leto 2022), od tega več kot 1,27 milijarde evrov samo za gradnje (Fazarinc, 2021). Uredba o zelenem javnem naročanju (ZeJN), vpeljana leta 2018, vpeljuje ukrepe za zmanjšanje emisij CO₂, povečanje energetske učinkovitosti, zmanjšanje količine odpadkov, spodbuja povečanje uporabe recikliranih materialov in lesa. S celostnim pristopom spodbuja harmonično delovno okolje, naprave za varčevanje z vodo ter spodbuja zeleno mobilnost in zelene strehe. Eden od ciljev v ZeJN je vključiti vsaj 30 % lesa ali izdelkov na osnovi lesa v prostornino grajenih objektov. Pa je to podprto z znanstvenimi izsledki?

Trajnostnost gradbenega materiala je odvisna od različnih dejavnikov in konteksta, v katerem se uporablja. Visoke stavbe, kot so nebotičniki, so iz gradbenih materialov kot je armirani

beton in jeklo, da vzdržijo tlačne in natezne napetosti ter na primer obremenitve, ki so posledica vetra. Mostovi, ki premoščajo velike razdalje, pa tudi jezovi in vodni rezervoarji, zahtevajo izjemno trdnost betona, pri gradnji cest in avtocest se beton uporablja zaradi trpežnosti in odpornosti na različne vremenske razmere. Pri gradnji predorov beton izberemo med drugim zaradi požarne odpornosti, strukturne celovitosti ter sposobnosti zagotavljanja stabilnih razmer. Pri gradnji čistilnih naprav je ključna korozivna narava odpadnih voda, s katero se beton spopada dokaj uspešno. V morskem okolju, kot so doki, valobrani in morski zidovi, se pogosto uporablja beton zaradi trpežnosti pred izpostavljenostjo slani vodi. Različni industrijski objekti in garažne hiše so zasnovane v betonu zaradi njegove nosilnosti, požarne odpornosti in sposobnosti prenašanja teže vozil. V vseh naštetih primerih bi les kot gradbeni material težko enakovredno nadomestil beton, zato pri teh grajenih strukturah svoje sile napenjamo v smeri, kako beton tudi okoljsko izboljšati. Po drugi strani pa se zavedamo, da je možno pri določenih objektih beton uspešno nadomestiti z lesom.

Z lesom shranjeni ogljik »zaklenemo« v stavbe

Kjer je to mogoče, bi veljalo razmisliti, ali bi lahko objekte gradili iz lesa in s tem morda prispevali k trajnostnim ciljem naše družbe. Razlogi za take usmeritve so:

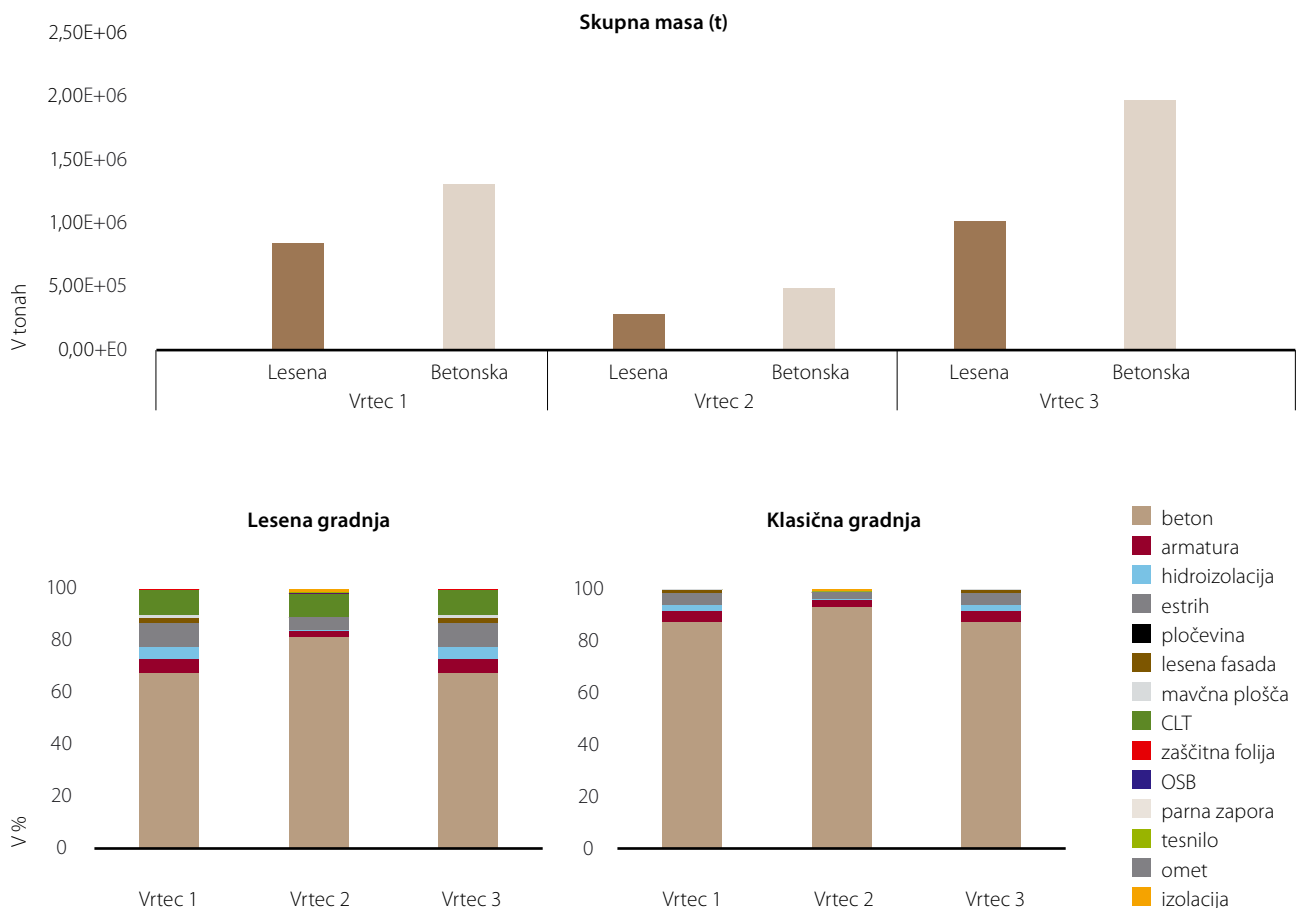
1. Les je naravni ponor ogljika, kar pomeni, da drevesa med rastjo absorbirajo ogljikov dioksid iz ozračja. Ko se les uporablja v gradbeništvu, shranjeni ogljik »zaklenemo« v stavbe. Ob premišljeni in kaskadni uporabi lesa lahko tako zelo dolgo ohranimo ogljik, sprosti se namreč šele, ko les zažgemo.
2. Pridobivanje, predelava in transport lesa zahtevajo bistveno manj energije kot proizvodnja (armiranega) betona, kar vodi v manjši vpliv na okolje v življenjskem ciklu materiala. Proizvodnja cementa, ki je nujen za beton, je energetsko intenzivna in povzroča veliko količino izpustov CO₂, kar prispeva k visokemu ogljičnemu odtisu betonskih zgradb.
3. Les je obnovljiv vir, če z njim gospodarimo trajnostno in odgovorno. Proizvodnja betona pa tudi jekla in opek se nasprotno opira na izčrpavanje naravnih virov, kot so apnenec, glina in pesek, njihova količina pa je končna in omejena.

4. Les ima naravne izolacijske lastnosti, ki lahko pomagajo zmanjšati porabo energije za ogrevanje in hlajenje. To lahko prispeva k izboljšani energetske učinkovitosti lesenih zgradb. Uporabniki pogosto poročajo tudi o višjem bivalnem ugodju.
5. Les je vsestranski material, ki omogoča kreativno arhitekturno oblikovanje. Ta prilagodljivost lahko vodi do inovativnih metod gradnje in prilagodljivih struktur. Poleg tega lesene zgradbe pogosto zgradimo hitreje in z manj motnjami okolice v primerjavi z betonskimi konstrukcijami.

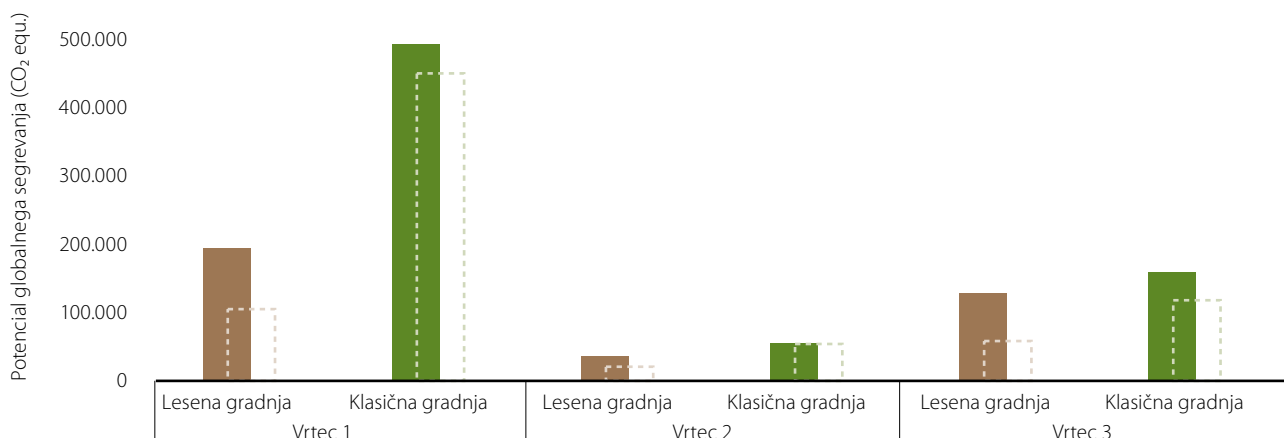
V okviru raziskovalnega projekta z naslovom Pospeševanje prehoda v podnebno nevtralno družbo z izkoriščanjem potenciala lesa v okviru zelenega javnega naročanja smo izračunali in primerjali okoljske odtise treh vrtec, ki so bili prvotno projektirani kot klasično zidani objekti. Vrtci so različno veliki in imajo različne zasnove. Leseni vrtci oziroma njihovi prizidki v naši študiji predstavljajo med 52 in 65 % teže njihovih zidanih različic

(glej Sliko 3 zgoraj). Izračune okoljskih odtisov smo naredili na podlagi projektantskih popisov, s katerimi smo imeli dostop do količin vseh relevantnih gradbenih materialov za obe izvedbi vseh treh vrtec (vgrajeni materiali in razmerja med njimi: glej Sliko 3 spodaj). V obravnavi nismo upoštevali izračunanih vrednosti obratovalnih stroškov in okoljskih potencialov po koncu uporabe materialov, vgrajenih v objekte, kar je tudi možno zajeti v LCA.

Primerjali smo potenciale okoljskih odtisov, izračunanih s pomočjo metode LCA, za primer klasične in lesene gradnje ter rezultate preračunali tako na celotno zgradbo kot tudi na eno tono gradbenega materiala, vgrajenega v posamezni vrtec. Pri potencialu globalnega segrevanja, preračunanega za celotni vrtec, opazimo, da je jasna prednost lesenih vrtec vidna tako v primeru, če upoštevamo pri računu tudi biogeni del CO_2 , kot tudi če ga ne. Sekvestracija oz. absorpcija atmosferskega CO_2 med fotosintezo rastlin, ki ga trajno uskladišči v lesu, torej ni edini razlog za boljše odtise.



Slika 3: Primerjava lesene in klasične gradnje po teži celotnega objekta (zgoraj) in količinah vgrajenih gradbenih materialov (spodaj)



Slika 4: Primerjava potenciala globalnega segrevanja zgrajenega vrtca, trije vrtci, klasična gradnja in lesena gradnja, preračunano na celotni vrtec

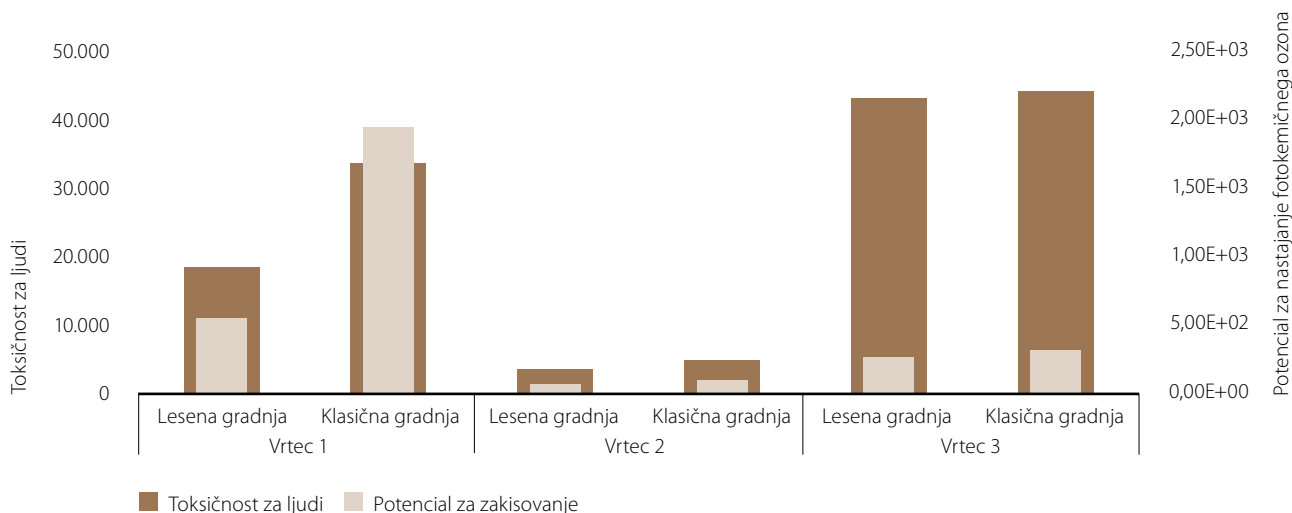
Lesena gradnja povzroča manjše odtise

Izračunali smo tudi ostale okoljske parametre, in sicer: potencial izčrpanja abiotskih virov za elemente in ločeno za fosilne vire, potencial za zakisovanje, potencial za pojavljanje presežnih hranil, ekotoksičnost za sladkovodne vode, toksičnost za ljudi, ekotoksičnost za morske vodne organizme, potencial za tanjšanje ozonskega plašča, potencial za nastajanje fotokemičnega ozona ter ekotoksičnost za kopno. Iz ocene nekaterih ostalih okoljskih parametrov (Slika 5) je razvidno, da v večini primerov lesena gradnja povzroči manjše odtise kot klasična masivna. Edini od tu predstavljenih okoljskih parametrov, kjer lesena gradnja predstavlja bistveno večje okoljske odtise, je ekotoksičnost za sladkovodne sisteme. Pri ocenjevanju tega parametra se upošteva:

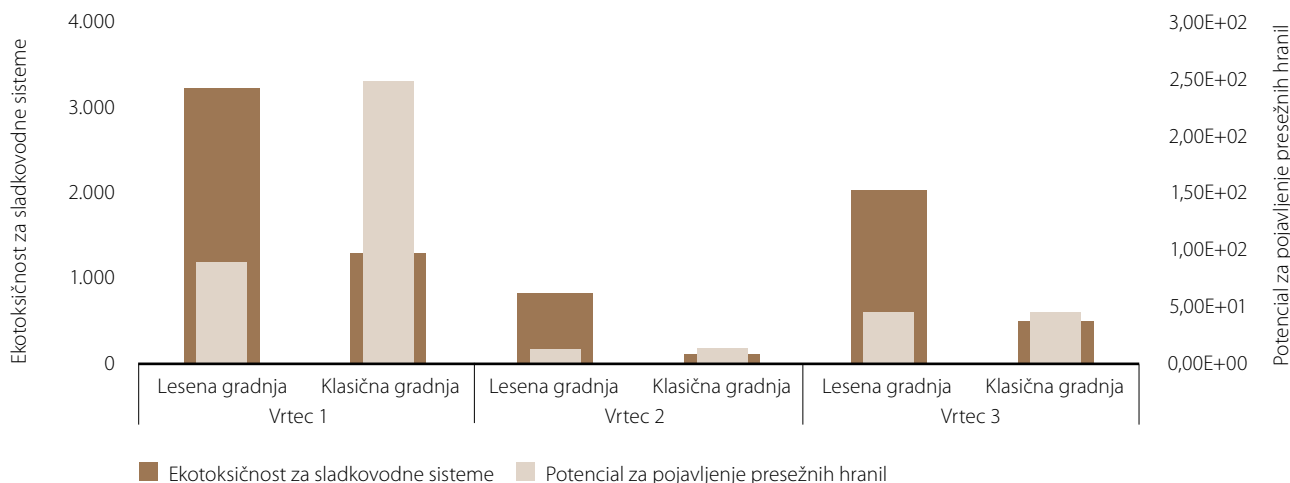
- toksičnost kemikalij, ki se uporabljajo v izdelku ali postopku (akutna in kronična strupenost za vodne organizme);

- emisije kemikalij z neposrednim izpustom, odtekanjem ali emisijami v ozračje, ki sčasoma pridejo v vodna telesa;
- bioakumulacija kemikalij;
- obstojnost kemikalij v okolju;
- lokalni okoljski pogoji, kot sta občutljivost sladkovodnega ekosistema in njegova zmožnost redčenja;
- geografska lokacija izpusta in bližina občutljivih ekosistemov ali občutljivih območij, ker lahko vplivata na resnost ekotoksičnosti;
- mehanizmi prenosa (površinski odtok, onesnaženje podtalnice in atmosfersko usedanje);
- ocena izpostavljenosti;
- metode ocenjevanja vplivov ter normalizacija in ponderiranje.

To so priložnosti za optimizacije in izboljšave predlagane rešitve.



Slika 5a: Primerjava potencialov toksičnosti za ljudi in potenciala za zakisovanje, za tri vrtce, primerjava klasične in lesene gradnje, preračunano za celotni vrtec



Slika 5b: Primerjava potencialov ekotoksičnosti za sladkovodne sisteme in potencial za pojavljanja presežnih hranil za tri vrtce, primerjava klasične in lesene gradnje, preračunano za celotni vrtec

Digitalizacija bi lahko bistveno izboljšala okoljske analize

Pomembno je poudariti tudi, da je celotna ocena trajnostnosti lesa kot gradbenega materiala odvisna tudi od dejavnikov, kot so nabavne prakse, gospodarjenje z gozdovi, specifične obdelave proti škodljivcem in gnitjem ter učinkovitost gradbenih procesov. Poleg tega imajo lokalni kontekst in predpisi pomembno vlogo pri določanju splošne izbire gradbenega materiala. Torej, čeprav imajo lesene zgradbe jasne trajnostnostne prednosti pred betonom, mora izbira med obema materialoma temeljiti na celoviti oceni različnih okoljskih, gospodarskih in družbenih dejavnikov, specifičnih za vsak projekt.

Vstopamo v obdobje, ko se bolj in bolj zavedamo odgovornosti za zagotavljanje trajnostne prihodnosti prihodnjim generacijam. Vedno bolj smo tudi priča zahtevam za kakovostne okoljske izračune. Tudi podatki o večplastnih izzivih, povezanih z izčrpavanjem virov, porabo energije, ravnanjem z odpadki in globokimi vplivi postajajo vse bolj dostopni, primerljivi in kakovostni. Poudarek Pariškega sporazuma na zmanjšanju emisij toplogrednih plinov, zlasti v sektorjih, kot je gradbeništvo, ki pomembno prispevajo k svetovnim emisijam, poudarja ključno vlogo, ki jo mora imeti gradbena industrija pri doseganju pod-

nebne nevtralnosti. Za doseg tega cilja je treba upoštevati neodvisne, celovite in ponovljive pristope za merjenje okoljskih odtisov, ki nam bodo omogočili sprejemanje informiranih odločitev in doseganje pomembnega napredka v smeri trajnostnosti. Protokol za izračun izpusta toplogrednih plinov (protokol GHG) ni dovolj in tudi taksonomija, ki se osredotoča predvsem na izpuste CO₂, naj bo le prvi korak v pravi smeri. Digitalizacija v gradbeništvu, predvsem informacijsko modeliranje gradenj (Building Information Modeling – BIM), ki ga vpeljujemo v zakonodajo, bi lahko bistveno olajšala in izboljšala okoljske analize ter odločevalcem, na primer javnim naročnikom, ponudila uvid v podatke, s katerimi danes ne razpolagajo.

Viri:

Fazarinc, M. K. (2021). Lani oddanih za 5,8 milijarde evrov javnih naročil. <https://www.delo.si/dpc-javne-investicije/lani-oddanih-za-58-milijarde-evrov-javni-narocil/>

Pariški sporazum – Okvirna konvencija Združenih narodov o spremembi podnebja. (2016). [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/?uri=CELEX:22016A1019\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/?uri=CELEX:22016A1019(01))

Program Združenih narodov za okolje (UNEP). <http://www.pisrs.si/Pisweb/pravniRedRSDrzavniNivoKazalaTematskoKazaloPredpis?pog1=2&pog2=1&pog3=2&pog4=45&treeld=74>

Evropska zakonodaja: Preprečevanje zelenega zavajanja in zavajajočih okoljskih trditev

mag. Vanesa Čanji

Fit media d.o.o. / Zelena Slovenija

t: 03 42 66 700

e: vanesa.canji@fitmedia.si

www.fitmedia.si

www.zelenaslovenija.si

Uvod

Zeleni prehod evropskega gospodarstva in širše družbe zahteva opolnomočenje potrošnikov, da bodo sprejemali bolj premišljene odločitve in imeli dejavno vlogo pri svojih nakupnih odločitvah. Evropski zeleni dogovor določa zavezo glede odprave lažnih okoljskih zagotovil, in sicer z zagotavljanjem zanesljivih, primerljivih in preverljivih informacij kupcem, da bi lahko sprejemali bolj trajnostne odločitve in bi se zmanjšalo tveganje zelenega zavajanja. Komuniciranje o »zelenem« želi EU urediti bistveno jasneje, kot je sedaj, zato je Komisija EU marca 2023 objavila predlog Direktive o zelenih trditvah (Green Claims Directive), ki opredeljuje skupna merila za preprečevanje zelenega zavajanja in zavajajočih okoljskih trditev. Po novih pravilih naj bi imeli potrošniki trdnjše zagotovilo, da so izdelki ali storitve, ki se prodajajo in oglašujejo kot zeleni, dejansko okolju prijazni. Nova pravila naj bi prinesla koristi tudi podjetjem, ki si resnično prizadevajo za okolju prijazne izdelke, da bodo na trgu bolj prepoznavni.

Okoljski znaki in okoljske trditve

Okoljska trditev pomeni vsako sporočilo ali predstavitev, ki ni obvezna na podlagi prava Unije ali nacionalnega prava, ki navaja ali namiguje, da ima izdelek ali trgovec pozitiven ali ničelni vpliv na okolje, ali je manj škodljiv za okolje od drugih izdelkov oziroma trgovcev, ali je svoj vpliv sčasoma izboljšal. Gre lahko za besedilo, slikovno ali grafično predstavitev ali predstavitev s simboli v kakršnikoli obliki, vključno z znaki, blagovnimi znamkami, imeni podjetij ali imeni izdelkov. Vse to sodi v okvir komercialnega sporočila.

Okoljski znaki so podskupina okoljskih trditev. Znaki so v obliki znaka zaupanja, kakovosti ali podobnega, katerega namen je izdelek oz. postopek ali podjetje izpostaviti in promovirati s sklicevanjem na njegove okoljske vidike. Ti znaki včasih temeljijo na shemah certificiranja, to so sheme okoljskega označevanja, ki potrjujejo, da izdelek oz. postopek ali podjetje izpolnjuje zahteve, določene v shemi, in spremljajo skladnost.

Izziv zelenih trditev

Trditve, da je nekaj zeleno in trajnostno, je postala dejavnik konkurenčnosti, saj raziskave kažejo, da je rast zelenih izdelkov večja od rasti standardnih izdelkov. Tovrstne trditve so zato postale pomemben del znamčenja in marketinškega komuniciranja ne le izdelkov in storitev, temveč tudi blagovnih znamk podjetij. Je to za večje ozaveščanje potrošnikov dobro? Je, če so te trditve verodostojne in temeljijo na preverljivih dokazih. Če pa so trditve brez temeljev ali dokazov, gre za zeleno zavajanje, ki na trgu ustvarja zmedo in škoduje zelenemu prehodu.

Zaradi »poplave« zelenih znakov in trditev, ki želijo izkoristiti vedno večjo okoljsko ozaveščenost potrošnikov, se zaupanje potrošnikov v okoljske trditve občutno niža, kar kaže več raziskav na področju EU. Okoljski znaki in trditve, ki so pomemben instrument komuniciranja, s katerim naj bi okrepili vlogo potrošnikov za nakupe in vedenjske vzorce, odgovornejše do okolja, so zašli v slepo ulico. Brez jasne regulative okoljske trditve lahko povzročajo resno škodo podjetjem, ki želijo odgovorno upravljati s svojimi vplivi na okolje in to tudi verodostojno komunicirati, saj na trgu konkurirajo s tistimi, ki okoljske trditve komunicirajo neutemeljeno. To odvrača potrošnike od tovrstnih informacij, saj jim ne zaupajo. Ker je izziv resen, želi EU bistveno omejiti zeleno zavajanje z novim zakonodajnim svežnjem.



Foto: www.shutterstock.com

Ocena za utemeljitev izrecnih okoljskih trditvev

Glede na predlog direktive o zelenih trditvah bodo morali zavazanci izvesti oceno za utemeljitev izrecnih okoljskih trditvev. Ta ocena:

- določi, ali se trditev nanaša na celoten izdelek, del izdelka ali nekatere vidike izdelka, ali na vse dejavnosti trgovca, določen del ali vidik teh dejavnosti, kot je ustrezno za trditev;
- temelji na splošno priznanih znanstvenih dokazih, uporablja točne informacije in upošteva ustrezne mednarodne standarde;
- dokaže, da so okoljski vplivi, okoljski vidiki ali okoljska uspešnost, ki so predmet trditve, pomembni z vidika življenjskega cikla;
- če je navedena trditev o okoljski uspešnosti, upošteva vse okoljske vidike ali vplive na okolje, ki so pomembni za oceno okoljske uspešnosti;
- dokaže, da trditev ni enakovredna zahtevam, ki jih zakonodaja nalaga za izdelke v skupini izdelkov ali trgovce v sektorju;
- zagotovi informacije o tem, ali izdelek ali trgovec, na katerega se nanaša trditev, glede vplivov na okolje, okoljskih vidikov ali okoljske uspešnosti, ki je predmet trditve, dosega občutno boljše rezultate od običajne prakse za izdelke v zadevni skupini izdelkov ali trgovce v zadevnem sektorju;
- ugotovi, ali izboljšanje okoljskih vplivov, okoljskih vidikov ali okoljske uspešnosti, na katere se nanaša trditev, povzroča znatno škodo v zvezi z okoljskimi vplivi na podnebne spremembe, porabo virov in krožnost, trajnostno rabo ter varstvo vodnih in morskih virov, onesnaževanje, biotsko raznovrstnost, dobrobit živali in ekosisteme;
- vse uporabljene izravnavne emisij toplogrednih plinov loči od emisij toplogrednih plinov kot dodatne okoljske informacije, navede, ali so te izravnavne povezane z zmanjšanjem ali odvzemi emisij, ter opiše, kako imajo izravnavne, na katere se opira, visoko integriteto in se pravilno izračunajo, da odražajo zatrjevani vpliv na podnebje;
- vključuje primarne informacije, ki so trgovcu na voljo v zvezi z okoljskimi vplivi, okoljskimi vidiki ali okoljsko uspešnostjo, na katere se nanaša trditev;
- vključuje ustrezne sekundarne informacije o okoljskih vplivih, okoljskih vidikih ali okoljski uspešnosti, ki so reprezentativne za določeno vrednostno verigo izdelka ali trgovca, na katerega se nanaša trditev, kadar primarne informacije niso na voljo.

Zakonodajni okvir EU

V postopku usklajevanja v telesih EU je poleg Direktive o zelenih trditvah (Green Claims Directive) tudi predlog Direktive o opolnomočenju potrošnikov za zeleni prehod (Directive on Empowering Consumers for the Green Transition – ECGT), ki

med drugim opredeljuje uporabo zavajajočih okoljskih trditvev, t. i. greenwashing, kot nepošteno poslovno prakso po določilih Direktive o nepoštenih poslovnih praksah (UCPD). Nov zakonodajni paket bo postavil bistveno strožja pravila, kdaj in pod kakšnimi pogoji bo uporaba okoljskih trditvev tako na embalažah izdelkov kot v komunikaciji s potrošniki oz. uporabniki dovoljena. Predlog Direktive naj bi med drugim uvedel proces odobritve zelenih trditvev na embalaži pred njihovo uporabo.

Trajnostno potrošnje z zagotavljanjem okoljskih informacij želi EU regulirati tudi z drugimi akti.

Komisija je marca 2022 sprejela predlog nove uredbe o okoljsko primerni zasnovi za trajnostne izdelke, da bi bistveno izboljšala krožnost, energijsko učinkovitost, okoljske vplive in druge vidike okoljske trajnostnosti za posebne prednostne skupine izdelkov. Omogočila bo določitev zahtev glede učinkovitosti in informacij za skoraj vse kategorije fizičnega blaga, ki se dajejo na trg EU.

Nekateri drugi predlogi Komisije v okviru akcijskega načrta za krožno gospodarstvo in politike izdelkov vključujejo zahteve po informacijah, na primer na podlagi predlaganih uredb o trženju gradbenih proizvodov.

Poleg tega obstajajo pravni akti v zvezi z obveznimi in tudi prostovoljnimi znaki, razvitimi na ravni EU, kot je znak EU za okolje. Znak EU za okolje, uveden leta 1992, je uradni prostovoljni znak za okoljsko odličnost najuspešnejših izdelkov v EU. Uredba o znaku EU za okolje določa pravila za uvedbo in uporabo te prostovoljne sheme. Druga povezana zakonodaja EU o znakih vključuje sistem za okoljsko ravnanje in presojo (EMAS), uredba o znaku za ekološko kmetovanje, označevanje z energijskimi nalepkami in oznako CE (glavni kazalec skladnosti izdelka; potrjuje, da izdelek izpolnjuje bistvene zahteve glede varnosti potrošnikov, zdravja in varovanja okolja, kot jih določa zakonodaja Evropske unije).

Zaključek

Podjetja bodo morala bistveno resneje pristopati k zelenim trditvam in znakom. Za vse, kar komunicirajo, bodo morala imeti verodostojne dokaze. Zelene trditve »po občutku« naj bi postopoma izginile. S tem se bo odprla možnost povečanja konkurenčne prednosti tistim podjetjem, ki bodo dejansko dosegala zelene oz. trajnostne standarde in to tudi ustrezno komunicirala.

Viri:

- Predlog Evropskega parlamenta in Sveta o utemeljitvi in sporočanju izrecnih okoljskih trditvev (direktiva o zelenih trditvah), Evropska komisija, 22. 3. 2023.
- Sporočilo Komisije Evropskemu parlamentu, Svetu, Evropsko-socialnemu odboru in odboru regij, O trajnostnih izdelkih kot pravilu, Evropska komisija, 30. 3. 2022.
- Predlog Direktive Evropskega parlamenta in Sveta o spremembi direktiv 2005/29/ES in 2011/83/EU v zvezi s krepitvijo vloge potrošnikov za zeleni prehod z boljšim varstvom pred nepoštenimi praksami in boljšim obveščanjem, Svet Evropske unije, 1. 4. 2022.
- Report: Study on Certification and Verification Schemes in the Forest Sector and for Wood-based Products, Evropska komisija, julij 2021.

Izobraževanje mladih za poklice v lesarstvu v Sloveniji

Igor Leban

Center RS za poklicno izobraževanje

t: 01 586 42 24

e: igor.leban@cpi.si

www.cpi.si

Slovenija je tretja najbolj gozdnata dežela v Evropski uniji. Les je tako eno naših največjih naravnih bogastev. Pohvalimo se lahko tudi z bogato tradicijo rabe lesa. V zadnjem obdobju se les uveljavlja predvsem kot trajnostni material, področje njegove uporabe pa je čedalje večje.

Razvoj vsake gospodarske panoge temelji na kadrih, ki imajo sodobno znanje in razvite spretnosti, s katerimi lahko sledijo razvoju stroke, zato se mora sistem poklicnega in strokovnega izobraževanja s programi temu nenehno prilagajati, kar ne nazadnje pričakujejo tudi delodajalci. Ob tem mora izobraževanje nuditi in zagotavljati obseg splošnih znanj in veščin, ki jih vsak posameznik potrebuje za delovanje v družbi.

Srednješolsko izobraževanje ima s programi na področju lesarstva že zelo dolgo in bogato tradicijo. Programi vseskozi sledijo novostim in smernicam, ki oblikujejo sistem poklicnega in strokovnega izobraževanja. Višješolsko strokovno izobraževanje je bilo v sistem umeščeno pred dobrimi 25 leti z namenom, da bodo imeli diplomanti programov znanje za vodenje procesov in reševanje problemov na operativni ravni, da bodo večji razvijanja višje ravni ustvarjalnosti ter usposobljeni za opravljanje nalog vodenja, načrtovanja in nadzora v delovnih procesih.

Program srednjega poklicnega in strokovnega izobraževanja na področju lesarstva izvaja 11 srednjih šol, programe višjega strokovnega izobraževanja pa izvajajo 3 višje strokovne šole.

Izobraževalni in študijski programi

V izobraževalnem sistemu imamo na področju lesarstva 4 programe poklicnega in strokovnega izobraževanja ter 2 višješolska študijska programa. Pokriti so vsi nivoji izobraževanja do univerzitetne ravni, ki pa je v tem prispevku ne obravnavamo.

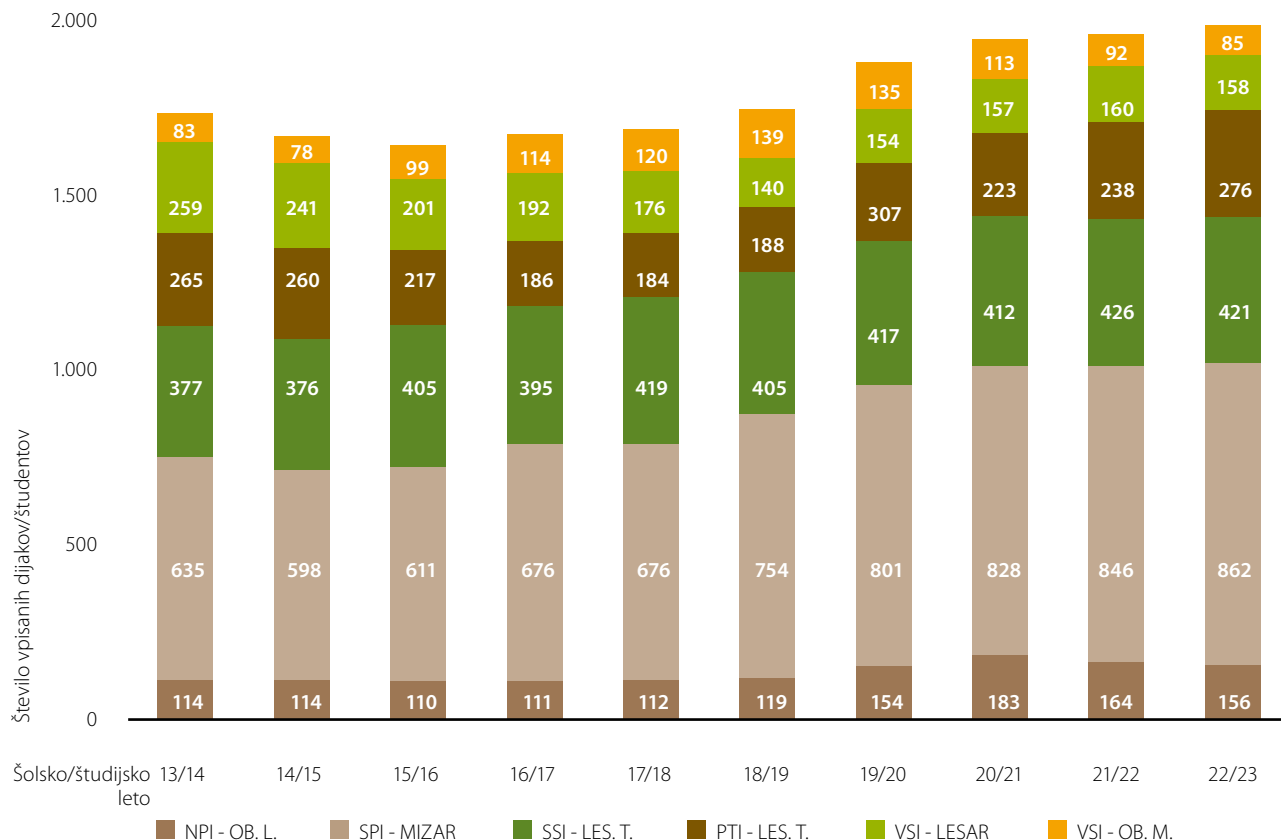
Na nivoju nižjega poklicnega izobraževanja (NPI) imamo program **Obdelovalec lesa**. V program, ki traja dve leti, se vpisujejo kandidati, ki imajo izpolnjeno osnovnošolsko obveznost ali so zaključili osnovnošolsko izobraževanje po prilagojenem programu z nižjim izobrazbenim standardom. Dijaki se usposobijo za ročno obdelavo lesa in delo na osnovnih lesnoobdelovalnih strojih ter izdelavo enostavnih lesnih izdelkov. Običajno

pa v poklicu ne delajo samostojno. V program Obdelovalec lesa se kandidati lahko vpišejo na osmih šolah.

Izobraževalni program **Mizar** je program srednjega poklicnega izobraževanja (SPI), ki traja tri leta. Vanj se lahko vpišejo kandidati, ki so končali osnovnošolsko ali nižje poklicno izobraževanje. V programu je velika pozornost namenjena praktičnemu izobraževanju, saj imajo dijaki v vseh treh letnikih skupaj 822 ur praktičnega pouka v šoli in 912 ur oziroma 24 tednov praktičnega usposabljanja z delom v podjetjih. Dijaki so po zaključnem izobraževanju usposobljeni za samostojno izdelavo mizar-skih izdelkov ter uporabo dokumentacije za izdelavo, na osnovi katere izbirajo materiale in tehnologijo obdelave. Usposobljeni so tudi za gospodarno rabo materialov, energije in časa. Vpis v program je mogoč na enajstih šolah. V programu Mizar je možen vpis tudi v vajeniško obliko izobraževanja.

Lesarski tehnik je štiriletni program srednjega strokovnega izobraževanja (SSI). V program se lahko vključijo kandidati, ki so zaključili osnovnošolsko ali nižje poklicno izobraževanje. Program ima velik poudarek na strokovni teoriji, niso pa zanemarljive praktične veščine, saj imajo dijaki praktični pouk v šoli, ki traja 504 ure, in praktično usposabljanje z delom v podjetju v obsegu 152 ur. Dijaki so po zaključku izobraževanja usposobljeni za izdelavo konstrukcijske in tehnološke dokumentacije, organizacijo dela v proizvodnem procesu in izdelavo lesnih izdelkov. Vpis v ta program je možen na štirih šolah.

Strokovni naziv lesarski tehnik lahko kandidati pridobijo tudi po uspešno končanem programu poklicno-tehniškega izobraževanja (PTI) **Lesarski tehnik**. Program traja dve leti, v javnosti pa je pogosto prepoznan kot »program 3 + 2«. V program se lahko vpišejo kandidati, ki so uspešno končali program Mizar ali Tapetnik ali pa so uspešno končali katerikoli drug program srednjega poklicnega izobraževanja in imajo najmanj tri leta delovnih izkušenj na področju lesarstva. Program omogoča nadgradnjo strokovno teoretičnega znanja in praktičnih veščin programa Mizar. Obsega 170 ur praktičnega pouka ter 76 ur oziroma dva tedna praktičnega usposabljanja z delom v podjetju. Program izvaja sedem šol.



Skupni vpis v programe lesarstva od 2013/14 do 2022/23

Na nivoju višjega strokovnega izobraževanja (VSI) imamo višješolske študijske programe, ki trajajo dve leti. V študij se lahko vpišejo kandidati, ki so uspešno opravili poklicno ali splošno maturo ali kandidati, ki so opravili mojstrski, delovodski ali poslovodski izpit, imajo tri leta delovnih izkušenj in opravljen preizkus znanja iz splošnoizobraževalnih predmetov v obsegu, ki je določen za poklicno maturo. Program zajema 40 % praktičnega izobraževanja. Študij se zaključi z diplomskim delom.

Po uspešno zaključenem višješolskem študijskem programu **Lesarstvo** diplomanti pridobijo strokovni naziv inženir lesarstva.

V času študija študenti spoznajo različna ožja strokovna področja, kot so žagarstvo, predelava in obdelava lesa, izdelava bivalnega in stavbnega pohištva, lesena gradnja, računalniško vodenje lesnoobdelovalnih strojev in tudi področje vodenja, podjetništva in komuniciranja. Pri praktičnem izobraževanju v podjetju praviloma pripravijo diplomsko delo, s katerim poglobijo znanje na izbranem področju. Vpis je mogoč na treh višjih strokovnih šolah.

Tudi višješolski študijski program **Oblikovanje materialov** se dotika področja lesarstva. Študenti po uspešno opravljenih obveznostih pridobijo naziv inženir oblikovanja. Program omogoča izbirnost s treh področij, med katerimi je tudi oblikovanje lesa. Študij zajema poznavanje materialov v lesarstvu, tehnologije obdelave lesa in umetniško oblikovanje izdelkov iz lesa. Inženirji oblikovanja s praktičnim izobraževanjem in lastnimi projekti dokažejo znanje in veščine oblikovanja izdelkov iz lesa. Ta program poteka na dveh višjih strokovnih šolah.

Med izobraževalnimi programi, ki dajejo kadre na področju obdelave lesa, lahko omenimo tudi program srednjega poklicnega izobraževanja **Tesar**. V našem izobraževalnem sistemu je sicer tesar uvrščen med poklice na področju gradbeništva. Izobraževanje za tesarje poteka na petih gradbenih šolah. Vpis dijakov v zadnjih desetih letih je sicer majhen, vendar dokaj stabilen. Letno je vpisanih med 40 in 50 dijakov. Vsako leto jih izobraževanje zaključi 10 do 15.

V prikaz trendov vpisa v programe na področju lesarstva izobraževalni program **Tesar** ni vključen.

Na tem mestu je smiselno omeniti tudi program srednjega poklicnega izobraževanja **Polagalec talnih oblog**, ki obravnava obloge iz umetnih materialov in talne obloge iz lesa. Program pa se ne izvaja, saj kljub večkratnim poskusom gradbenih šol ni zaživel, ker med dijaki ni bilo interesa za ta poklic.

Trendi vpisa dijakov in študentov v programe

Podatki o vpisu v programe so pokazatelj zanimanja mladih za različne poklice ter prepoznavnosti in perspektivnosti panoge v družbi.

Za pregled trenutnega stanja in gibanja vpisa v programe na področju lesarstva so uporabljeni podatki zadnjih deset let. Število vseh vpisanih dijakov in študentov po letih je prikazano v stolpcnem diagramu Skupni vpis v programe lesarstva od 2013/14 do 2022/23.

Iz diagrama lahko ugotovimo, da je celoten vpis dokaj stabilen. Razveseljivo je dejstvo, da se od leta 2016 število vpisanih rahlo povečuje.

Vpis v program Obdelovalec lesa je bil do šolskega leta 2018/19 konstanten in se je gibal od 110 do 120 dijakov letno, v zadnjih štirih letih pa se znatno povečuje. Pravi vzrok za to je težko najti. Podatki kažejo, da se vpis v programe nižjega poklicnega izobraževanja povečuje na vseh strokovnih področjih po vsej Sloveniji.

V program Mizar se je vpis v tem obdobju povečal za 26 %, beležimo pa tudi 10 % večji vpis v program Lesarski tehnik (SSI).

Povečanje vpisa v program poklicno-tehniškega izobraževanja za naziv Lesarski tehnik (PTI) je neposredno povezan z večjim vpisom dijakov v program Mizar. Analiza podatkov o vpisu iz omenjenega obdobja je pokazala, da v povprečju 62 % dijakov, ki zaključijo izobraževanje za mizarja, nadaljuje izobraževanje v programu PTI Lesarski tehnik. Zanimiv je tudi podatek, da je prehodnost v tem programu iz 1. v 2. letnik dokaj nizka. V obdobju zadnjih desetih let so v povprečju napredovali le trije od štirih dijakov.

Število študentov v višješolskem študijskem programu Lesarstvo se je v prikazanem obdobju precej zmanjšalo in se v zadnjih štirih letih ustalilo na okrog 160 študentov letno. Podooben trend upadanja pri skupnem številu študentov beležimo v vseh višješolskih študijskih programih v Sloveniji.

Program Oblikovanje materialov, vezan na oblikovanje lesa, beleži v začetku prikazanega obdobja rast, nato pa predvsem v zadnjih štirih letih, znaten padec števila vpisanih študentov.

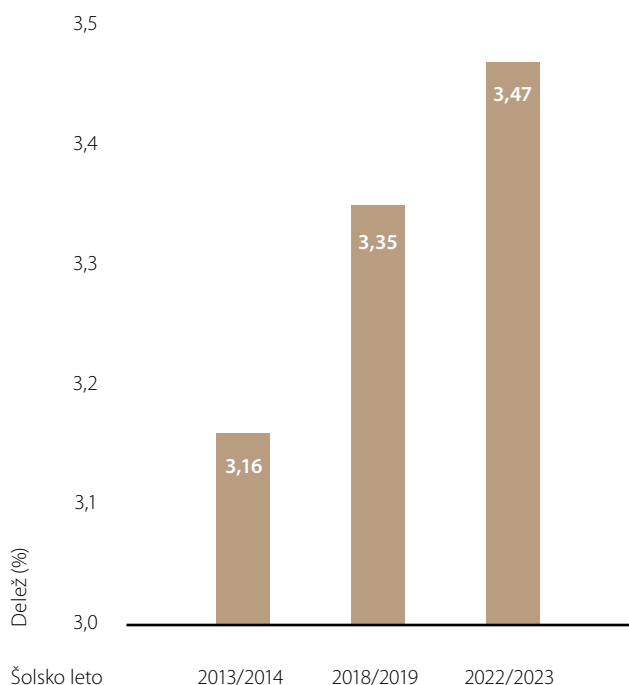
Za gospodarsko dejavnost je poleg celotnega vpisa v programe zanimiva tudi struktura vpisanih dijakov in študentov po nivojih izobraževanja.

Iz stolpčnega diagrama lahko za šolsko oziroma študijsko leto 2022/23 razberemo, da je v celotni populaciji mladih, ki se izobražujejo v programih na področju lesarstva, dobra polovica v poklicnem, dobra tretjina v srednjem strokovnem in dobra desetina v višjem strokovnem izobraževanju.

Zanimivo je tudi število dijakov po nivojih izobraževanja, prav tako pa tudi število študentov, ki na letni ravni uspešno zaključijo izobraževanje.

Ocenjujemo, da je v zadnjih desetih letih vsako leto izobraževanje zaključilo v povprečju 60 obdelovalcev lesa, 220 mizarjev, 190 lesarskih tehnikov, 80 inženirjev lesarstva in 50 inženirjev oblikovanja. Tovrstne informacije so lahko zelo pomembne pri načrtovanju razvoja kadrov v podjetjih.

Za celovito oceno trendov je pomembno tudi poznavanje gibanj v celotni populaciji dijakov srednjega poklicnega in strokovnega izobraževanja ter študentov višjega strokovnega izobraževanja, s katero primerjamo dijake in študente v programih lesarstva. Enako število vpisanih dijakov ali študentov pri zmanjšani celotni populaciji lahko pomeni pozitiven trend oziroma povečanje zanimanja za določen program izobraževanja.



Delež dijakov lesarstva v programih poklicnega in strokovnega izobraževanja



Delež študentov oblikovanja materialov in lesarstva v višješolskih študijskih programih

Populacija vseh dijakov v poklicnem in strokovnem izobraževanju je v šolskem letu 2013/14 štela 43.957 dijakov, v šolskem letu 2022/23 pa se je povečala na 50.272 dijakov. Diagram Delež dijakov lesarstva v programih poklicnega in strokovnega izobraževanja prikazuje povečanje deleža lesarjev v celotni populaciji. Ob dejstvu, da se je v tem obdobju celotna populacija povečala, je razveseljivo, da se je povečalo tudi zanimanje dijakov za izobraževanje na področju lesarstva.

Populacija vseh študentov v višješolskih študijskih programih je v študijskem letu 2013/14 znašala 13.203 študente, v študijskem letu 2022/23 pa le še 9.280 študentov. V omenjenem obdobju smo zabeležili 30-% zmanjšanje celotne populacije študentov.

V diagramu Delež študentov lesarstva in oblikovanja materialov v višješolskih študijskih programih je prikazano gibanje deležev študentov v programih Lesarstvo in Oblikovanje materialov.

Iz diagrama je razvidno, da je delež študentov v programu Lesarstvo v začetnem delu obdobja ostal praktično na istem nivoju, v zadnjih letih pa se rahlo povečuje, kar kaže na rast zanimanja med študenti za ta program.

Delež študentov v programu Oblikovanje materialov je sredi opazovanega obdobja dosegel svoj maksimum, v zadnjih letih pa zanimanje za ta študij rahlo upada.

Iz vsega prikazanega lahko sklenemo, da je zanimanje mladih za izobraževanje v programih lesarstva stabilno oziroma se v zadnjih letih rahlo povečuje.



Foto: www.shutterstock.com

Prihodnost izobraževanja kadrov v lesarstvu

Izobraževanje bodočih kadrov za potrebe lesarstva imamo v sistemu poklicnega in strokovnega izobraževanja dobro urejeno. Tudi mreža šol, ki izvajajo programe lesarstva, dokaj dobro pokriva vse regije v Sloveniji. Krepi se tudi vloga delodajalcev, saj na nacionalni ravni oblikujejo dokumente, ki so podlaga za pripravo izobraževalnih in študijskih programov, na izvedbeni ravni pa se šole povezujejo s podjetji, predvsem pri izvedbi praktičnega izobraževanja, praktičnega usposabljanja z delom in pri zaključevanju izobraževanja dijakov in študentov.



Foto: www.shutterstock.com

Šole se z izvajanjem programov čedalje bolj prilagajajo potrebam podjetij, saj imajo možnost oblikovati in posodabljaliti izobraževalne programe. Avtonomiji šol pri oblikovanju izobraževalnih vsebin je namenjeno približno 15 % programa, ki ni določen na nacionalni ravni. V strokovnih krogih poimenujemo ta del programa odprti kurikulum.

Nekatere izkušnje iz mednarodnih primerjav rezultatov izobraževalnih sistemov kažejo, da je poklicno in strokovno izobraževanje na področju lesarstva v Sloveniji kakovostno. Znanje z veščinami naših diplomantov je popolnoma primerljivo z diplomati iz držav, kjer imajo razvito lesno industrijo in obrt. Zaradi tega so pri nas izobraženi kadri cenjeni in iskani.

Doseženi rezultati na področju izobraževanja so lahko velika spodbuda za razmislek o strategiji in ciljih izobraževanja kadrov v lesarstvu. Ena od ključnih aktivnosti vseh deležnikov, ki se ukvarjajo s sistemom poklicnega in strokovnega izobraževanja, je usklajeno prenavljanje in posodabljanje programov na vseh ravneh. Ugotavljamo, da bo treba v naslednjih letih prenoviti oziroma posodobiti izobraževalne in študijske programe lesarstva ter jih obogatiti z vsebinami, povezanimi z novimi tehnologijami, digitalizacijo in trajnostnim razvojem.

Naslednja izjemno pomembna aktivnost, ki čaka vse deležnike, je vztrajanje pri promocijskih aktivnostih o možnostih izobraževanja v stroki in na promociji rabe lesa, ki zagotovo vpliva na povečanje zanimanja mladih za opravljanje poklicev v lesarstvu.

Ne nazadnje si želimo in upamo, da bodo lesnopredelovalna podjetja tudi v bodoče zagotovila dobre pogoje za delo in razvoj mladih, ki so vključeni v poklicno in strokovno izobraževanje ter bodo po končanem izobraževanju in praktičnem usposabljanju lahko svoje izkušnje in znanje posredovali naprej bodočim generacijam lesarjev.

Nova evropska uredba bo vplivala na lesno industrijo

Nina Tome

Focus, društvo za sonaraven razvoj

t: 01 515 40 80

e: nina@focus.si

www.focus.si

Uredba EU o proizvodih, ki ne povzročajo krčenja gozdov, predstavlja prelomni zakon v boju proti uničevanju gozdov. Slovenskim podjetjem (skupaj z ostalimi podjetji držav članic), ki uvažajo blago iz uredbe, nalaga predložitev dokazil, da noben člen v njihovi dobavni verigi ni povzročil deforestacije ali degradacije gozda. Z izdajo o potrebni skrbnosti bo podjetje prevzelo odgovornost za skladnost izdelka z uredbo. Neupoštevanje pomeni tveganje finančnih kazni in resno škodo za ugled podjetja. Temeljiti in stalen nadzor dobavne verige še nikoli ni bil tako ključen.

Problematika krčenja gozdov

Po podatkih Organizacije združenih narodov za prehrano in kmetijstvo vsako leto na globalni ravni posekamo 10 milijonov hektarjev gozdov (Food and Agriculture Organization ..., 2021). To je več kot znaša ozemlje Portugalske. Vzporedno z izginjanjem svetovnih gozdov skokovito naraščajo emisije toplogrednih plinov. Drevesa absorbirajo in skladiščijo CO₂, ko jih uničimo, pa ga (skupaj z ostalimi toplogrednimi plini) spustijo v ozračje. Spremembe rabe tal, na prvem mestu deforestacija, so vir 12–20 % antropogenih emisij CO₂ (The Grantham Research Institute ..., 2023). Deforestacija rezultira v izgubi biotske raznovrstnosti, povzroča motnje v svetovnem vodnem ciklu in ogroža preživetje staroselskih in lokalnih skupnosti.

Dobavne verige igrajo ključno vlogo pri poglabljanju podnebne krize in krize biotske raznovrstnosti. S širjenjem površin za intenzivno kmetijstvo je povezanih 90 % uničevanja gozdov (Food and Agriculture Organization ..., 2020). Uničevanju gozdov izven meja Evropske unije (EU), ki ga povzroča način pridelave proizvodov, ki jih trošimo v EU, pravimo uvožena deforestacija. Poročilo organizacije World Wildlife Fund (2021) ugotavlja, da je bila v letu 2017 EU odgovorna za 16 % deforestacije, povezane z mednarodno trgovino (203.000 hektarjev in 116 milijonov ton CO₂). Pred EU je le Kitajska (24 %), sledijo Indija (9 %), ZDA (7 %) in Japonska (5 %). EU je torej pomemben uvoznik proizvodov, povezanih s krčenjem gozdov in degradacijo ekosistemov, zato mora prevzeti svoj del odgovornosti za vzpostavitev dobavnih verig brez uničevanja gozdov.

Nova pravila in obveznosti za države članice EU

29. junija 2023 je bila uradno sprejeta Uredba EU o proizvodih, ki ne povzročajo krčenja gozdov (EUDR).¹ EUDR podjetjem prepoveduje dajanje proizvodov² na trg Evropske unije, če ti niso proizvedeni zakonito in na način, ki ne povzroča krčenja gozdov.³ Prav tako je nezakonito izvažanje takšnih proizvodov iz EU. Velja za les, palmovo olje, sojo, kavo, kakav, kavčuk in govedo, pa tudi za večino proizvodov, ki so proizvedeni iz teh primarnih proizvodov. Največji delež v svetovnem krčenju gozdov (če se porabijo v EU) pripada palmovemu olju (35 %) in soji (33 %), ki se večinoma uporablja za živalsko krmo. Les predstavlja 9 % vseh uvoženih proizvodov, ki so povzročili krčenje gozdov.

Vsako podjetje, ki uvažajo proizvode iz Priloge I⁴ na trg EU ali jih z njega izvažajo, bo moralo s potrebno skrbnostjo (due diligence) zagotoviti skladnost z EUDR. Preden bo dalo podjetje katerikoli proizvod na trg EU, bo moralo pripraviti izjavo o potrebni skrbnosti, ki vsebuje podatke o podjetju, proizvodih, na katere se nanaša, velikosti in geolokaciji vseh zemljišč, na katerih se primarni proizvodi proizvajajo, ter izjavo, da ni tveganja za neskladnost ali pa je to tveganje zanemarljivo. Osnutek izjave o potrebni skrbnosti je v Prilogi II EUDR.

¹ Polno ime se glasi UREDBA (EU) 2023/1115 EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA o omogočanju dostopnosti nekaterih primarnih in drugih proizvodov, povezanih s krčenjem in degradacijo gozdov, na trgu Unije in njihovem izvozu iz Unije ter o razveljavitvi Uredbe (EU) št. 995/2010. Celotno besedilo uredbe se nahaja na: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R1115>

² »Dajanje na trg« pomeni, da je zadevni primarni ali drug zadevni proizvod prvič dostopen na trgu Unije.

³ Podjetja bodo morala zagotoviti, da proizvodi, ki jih uvažajo in prodajajo v EU ali izvažajo, niso povzročili uničenja gozdov po 31. decembru 2020 kjerkoli na svetu.

⁴ Izraza primarni proizvod in proizvod uporabljamo kot sopomenki, ki pomenita tako zadevne primarne kot zadevne druge proizvode. Po EUDR so zadevni drugi proizvodi tisti proizvodi, ki vsebujejo primarne proizvode, so bili z njimi krmljeni ali iz njih proizvedeni.



Krčenje gozda za potrebe proizvodnje peletov, Južna Afrika, foto: Matthew, vir: Adobe Stock



Krčenje tropskega gozda, foto: Richard Carey, vir: Adobe Stock

Postopek potrebne skrbnosti sestavljajo trije koraki:

- zbiranje informacij o proizvodu, količini, geolokaciji, zakonitosti in krčenju gozdov;
- izvedba ocene tveganja, pri kateri se med drugim upošteva prisotnost staroselskih ljudstev v državi, regiji in na območju proizvodnje primarnega proizvoda pa tudi to, ali potekata posvetovanje in sodelovanje s staroselskimi ljudstvi, ali obstajajo zemljiški zahtevki in kako kompleksna je dobavna veriga;
- zmanjševanje tveganja, kar lahko vključuje podporo malim kmetom v obliki krepitve zmogljivosti in naložb, da bodo lahko izpolnjevali EUDR. Za obvladovanje tveganja za neskladnost morajo podjetja imenovati osebo, odgovorno za skladnost, in zagotoviti neodvisno revizijsko funkcijo.

Za prilagoditev poslovanja v skladu z uredbo bodo imeli gospodarski subjekti in trgovci⁵ na voljo 18 mesecev (od datuma sprejema uredbe), mikro in mala podjetja pa 24 mesecev.

Pristojni organ,⁶ ki bo imenovan v vsaki državi članici, bo s pomočjo pristopa, ki temelji na oceni tveganja, preverjal izjave o potrebni skrbnosti in postopke potrebne skrbnosti. Vsako leto bo preveril dogovorjen odstotek podjetij in proizvodov. Preveril bo tudi podjetja, o katerih mu bodo tretje osebe posredovale informacije, ki bodo vsebovale utemeljene pomisleke.

Državam ali njihovim regijam se bo na podlagi sistema primerjalne analize držav dodelila stopnja tveganja, ki bo standardna, nizka ali visoka. Pri uvozu iz držav ali regij z visokim tveganjem bodo pristojni organi preverili večji odstotek blaga in podjetij. Samo pri državah z visokim tveganjem bodo preverili tako blago kot tudi podjetja.

⁵ »Gospodarski subjekt« pomeni vsako fizično ali pravno osebo, ki v okviru gospodarske dejavnosti da zadevne proizvode na trg ali jih izvažajo. »Trgovec« pomeni vsako osebo v dobavni verigi, razen gospodarskega subjekta, ki v okviru gospodarske dejavnosti omogoči dostopnost zadevnih proizvodov na trgu.

⁶ Pristojni organ(i): ena ali več agencij, odgovornih za izvrševanje EUDR. Pristojni organi bodo morali imeti primerno medsektorsko strukturo, morali bodo biti funkcionalno neodvisni ter imeti na voljo dovolj sredstev in ljudi.

EUDR in les ter lesni izdelki

Obveznosti v skladu z novo Uredbo bodo precej obsežnejše od tistih iz Uredbe o trgovini z nezakonito posekanim lesom. Pričakuje se, da bo imela EUDR močan vpliv na trgovino z lesom in lesnimi proizvodi. Podjetja, ki uvažajo te proizvode v EU, bodo morala prilagoditi svoje dobavne verige, da bi zagotovila skladnost z uredbo. Cilj je, da se povpraševanje po trajnostno pridobljenem lesu in lesnih izdelkih zviša, kar naj bi proizvajalce spodbudilo k sprejemanju odgovornejših praks gospodarjenja z gozdovi.

V Prilogi I EUDR so naštetni vsi primarni in drugi proizvodi, za katere se bo uredba uporabljala. Pri lesu je seznam sledeč:

- 4401 Les za ogrevanje v hlodih, polenih, vejah, butarah ali podobnih oblikah; iver in podobni drobci; žagovina, lesni odpadki in ostanki, aglomerirani ali neaglomerirani v hlode, brikete, pelete ali podobne oblike
- 4402 Lesno oglje (vključno oglje iz lupin ali luščin), aglomerirano ali neaglomerirano
- 4403 Les, neobdelan, z lubjem ali brez lubja ali beljavine, ali grobo obdelan (obtesan)
- 4404 Les za obroče; cepljeni koli; koli, planke in drogovi, zašiljeni, toda ne žagani po dolžini; lesene palice, grobo okleščene, toda ne zvite, upognjene ali drugače obdelane, primerne za izdelavo sprehajalnih palic, dežnikov, ročajev za orodje ali podobnih proizvodov; trakovi in podobno iz lesa
- 4405 Lesna volna; lesna moka
- 4406 Leseni železniški ali tramvajski pragovi
- 4407 Les, vzdolžno žagan ali rezan, cepljen ali luščen, skobljan ali ne, brušen ali na koncih spojen ali ne, debeline nad 6 mm
- 4408 Listi za furniranje (vključno s tistimi, ki so pridobljeni z rezanjem laminiranega lesa) za vezan les ali podoben laminiran les in drug les, vzdolžno žagan, rezan ali luščen, skobljan ali ne, brušen ali ne, prstasto spojen ali ne, na koncih spojen ali ne, debeline do vključno 6 mm
- 4409 Les (vključno lamele in frize za parket, nesestavljene), profiliran (pero in utor, utorjen ali podobno obdelan) vzdolž kateregakoli roba, konca ali strani, skobljan ali ne, brušen ali ne ali na koncih spojen ali ne

- 4410 Iverne plošče, usmerjene pramenske plošče (OSB) in podobne plošče (na primer oblatne plošče) iz lesa in drugih lesnih materialov, neaglomerirane ali aglomerirane s smolami ali drugimi organskimi vezivi
- 4411 Vlaknene plošče iz lesa ali drugih lesnih materialov, aglomerirane ali neaglomerirane s smolami ali drugimi organskimi vezivi
- 4412 Vezane lesene plošče, furnirane plošče in podoben lameliran les
- 4413 Zgoščen (zbit) les v blokkih, ploščah, trakovih ali profilih
- 4414 Leseni okvirji za slike, fotografije, ogledala in podobne predmete
- 4415 Zaboji za pakiranje, škatle, gajbe, sodi in podobna embalaža za pakiranje, iz lesa; koluti (tulci) za kable iz lesa; palete, zabojaste palete in druge nakladalne plošče iz lesa; paletne prirobnice iz lesa (razen materiala za pakiranje, ki se ga uporablja izključno za pakiranje, da bi podprl, zaščitil ali nosil drug izdelek, ki je dan na trg)
- 4416 Sodi, kadi, vedra in drugi kletarski proizvodi in njihovi deli, iz lesa, vključno doge
- 4417 Orodja, jedra za orodje, držaji za orodje in lesene osnove in držala za metle in ščetke; lesena kopita za obutev
- 4418 Stavbno pohištvo in drugi leseni proizvodi za gradbeništvo, vključno celičaste lesene plošče, sestavljene plošče za oblaganje tal, žagane in klane skodle
- 4419 Lesena namizna in kuhinjska posoda in pribor
- 4420 Lesena marketerija in intarzirani lesi, skrinjice in škatle za nakit, za jedilni pribor in podobni leseni izdelki, leseni kipci in drugi leseni okraski; izdelki za notranjo opremo, ki se ne uvrščajo v poglavje 94, iz lesa
- 4421 Drugi leseni izdelki
- Celuloza in papir iz poglavij 47 in 48 kombinirane nomenklature, razen proizvodov na osnovi bambusa ter proizvodov iz predelanih odpadkov in ostankov
- ex 49 Tiskane knjige, časopisi, slike in drugi proizvodi grafične industrije; rokopisi, tipkana besedila in načrti, iz papirja
- ex 9401 Sedeži (razen tistih iz tarifne številke 9402), vključno s tistimi, ki se lahko spremenijo v ležišča, in njihovi deli, iz lesa
- 9403 30, 9403 40, 9403 50, 9403 60 in 9403 91 Leseno pohištvo in njegovi deli
- 9406 10 Montažne zgradbe iz lesa

Dovoljenja FLEGT (Akcijski načrt EU za izvrševanje zakonodaje, upravljanje in trgovanje na področju gozdov) bodo sprejeta kot dokazilo o zakonitosti, ne pa tudi kot dokaz, da določen proizvod ne povzroča krčenja gozdov. Tako bo les iz Indonezije, ki ima dovoljenje FLEGT, samodejno priznan kot zakonit, ne bo pa na podlagi tega dobil dostopa po zelenem pasu, kar pomeni, da bodo morali gospodarski subjekti še vedno opraviti postopek potrebne skrbnosti, s katerim bodo zagotovili, da les ne povzroča krčenja gozdov.

V EUDR je poudarjeno, da se lahko certificiranje (FSC, PEFC) ali druge sheme tretjih strani uporabljajo le kot vir informacij v postopku ocenjevanja tveganja, ne morejo pa nadomestiti odgovornosti gospodarskega subjekta za izvajanje postopka potrebne skrbnosti.

Kazni in spremljanje

Države članice bodo morale določiti tudi nacionalna pravila o kaznih za primere neskladnosti z uredbo. Če bo pristojni organ ugotovil, da podjetje krši EUDR, bo lahko kaznovano z globo v višini najmanj 4 % njihovega skupnega letnega prometa v EU v finančnem letu pred sprejetjem sklepa o kazni, njihovi proizvodni pa bodo zaseženi. Od podjetja se lahko zahteva tudi povrnitev stroškov pristojnemu organu.

Podjetja morajo »na čim širši ravni« vsako leto javno poročati o svojem sistemu potrebne skrbnosti, pri čemer morajo opisati proizvode, količino, državo ali regijo izvora, rezultate ocene tveganja in morebitne sprejete ukrepe za ublažitev tveganja. V svoji oceni tveganja morajo opisati »proces posvetovanja s staroselskimi ljudstvi, lokalnimi skupnostmi in drugimi imetniki običajnih pravic do posesti ali ustreznimi organizacijami civilne družbe, ki so prisotne na območju proizvodnje zadevnih primarnih in drugih proizvodov, kadar je to ustrezno«.

Države članice bodo morale vsako leto do 30. aprila javno objaviti informacije o tem, kako izvajajo EUDR, med drugim informacije o številu in rezultatih opravljenih pregledov, količini pregledanih proizvodov in primerih neskladnosti. Na podlagi poročil držav članic bo morala Evropska komisija vsako leto do 30. oktobra objaviti vseevropsko poročilo.

Komisija bo na svojem spletnem mestu objavila seznam vseh kršitev EUDR z imeni vpletenih podjetij, datumi, dejavnostmi, naravo in (če ustreza) naloženimi kaznimi.

Razvrščanje lesa po trdnosti

dr. Goran Turk

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za
gradbeništvo in geodezijo

t: 01 476 86 14

e: goran.turk@fgg.uni-lj.si

www.fgg.uni-lj.si

V prispevku želimo poiskati odgovore na naslednja vprašanja:

- Zakaj potrebujemo trdnostne razrede?
- Kaj pomenijo trdnostni razredi, kako so definirani?
- Kako določimo trdnostni razred?
- Kakšno je stanje v Sloveniji?
- Kaj moramo storiti v prihodnosti?

Projektiranje lesenih konstrukcij

Pri projektiranju konstrukcij v Sloveniji uporabljamo tako imenovane evrokode. V primeru lesenih konstrukcij je to standard Evrokod 5, ki pokriva različna področja lesenih konstrukcij. V omenjenih standardih so uporabljene določene mehanske lastnosti lesa, ki jih moramo upoštevati v okviru različnih izračunov. To so upogibna, tlačna in natezna trdnost v različnih smereh glede na vzdolžna vlakna. Različne vrednosti trdnosti moramo uporabiti pri preverjanju mejnega stanja nosilnosti. Modul elastičnosti E in strižni modul G uporabimo pri preverjanju mejnega stanja uporabnosti. Gostoto lesa uporabimo pri določitvi lastne teže konstrukcije, pomembna pa je tudi pri dimenzioniranju lesenih spojev.

Običajno projektant izbere določen trdnostni razred lesa, za katerega so v standardu zapisane predpisane vrednosti, in te uporabi pri statičnih izračunih in dimenzioniranju prereзов. V Sloveniji, kjer v konstrukcije večinoma vgrajujemo les smreke ali jelke, projektanti najpogosteje predvidijo trdnostni razred C24.

Trdnostni razredi

Vsak element lesa, ki ga želimo vgraditi v gradbeni objekt kot nosilni del konstrukcije, mora biti označen s tako imenovano oznako CE. V okviru te oznake je tudi podatek o trdnostnem razredu. Za razliko od večine drugih gradbenih materialov lesa ne moremo projektirati z nekimi določenimi lastnostmi, lahko ga le neporušno preskušamo in vizualno pregledamo. Na osnovi teh meritev in opazanj določimo trdnostni razred, temu postopku pravimo razvrščanje lesa po trdnosti. Za iglavce so to C24, C30, C40 idr., kjer črka C pomeni iglavce (angl. coniferous), število pa nazivno upogibno trdnost v MPa. Za listavce so D24, D30, D40 idr., kjer črka D predstavlja listavce (angl. de-

ciduous), število pa nazivno upogibno trdnost v MPa. Ker lesene elemente pogosto sestavljamo v lepljene nosilce, križno lepljene plošče in druge inženirsko obdelane lesene elemente, je pomembna lastnost tudi natezna trdnost lesa. V tem primeru lahko določimo tudi posebne razrede za nateg, to so T24, T30, T40 idr., kjer črka T pomeni nateg (angl. tension), število pa nazivno natezno trdnost lesa v MPa.

Na uporabo lesa v konstrukcijah poleg trdnosti vplivata tudi elastični modul in gostota, trdnostni razred zato določajo tri količine. Če želimo smrekovo desko razvrstiti v razred C30, mora veljati, da je 5. centil trdnosti večji od 30 MPa, da je povprečje elastičnega modula večje od 12.000 MPa in 5. centil gostote večji od 380 kg/m³. Zahteve za vse trdnostne razrede (C, D in T) so zapisane v standardu SIST EN338:2016. Vidimo torej, da dobi trdnostni razred pravi pomen šele za večjo skupino lesenih elementov. Posamezni element ima lahko slabše karakteristike od nominalnih, a je v skupini elementov, ki imajo boljše mehanske lastnosti, tako da lastnosti skupine elementov ustrezajo pogojem za določen razred. V Preglednici 1 so prikazani pogoji, ki jim mora ustrezati skupina lesenih elementov, da dobi oznako določenega trdnostnega razreda.

Določitev trdnostnega razreda

V osnovi imamo dva pristopa za določitev trdnostnega razreda: vizualno razvrščanje in strojno razvrščanje. Osnovne zahteve, povezane z razvrščanjem lesa po trdnosti, so zapisane v standardu SIST EN 14081-1:2016.

Vizualno razvrščanje

Pri vizualnem razvrščanju vsak element pregledamo in izmerimo določene lastnosti, ki so vidne s prostim očesom: velikosti in lege grč, širino branik, naklon vlaken, stržen, dimenzije in lege razpok, lisičavost, ukrivljenost, zvitost, obarvanost, delež kompresijskega lesa, poškodbe zaradi žuželk. Standardi določajo pogoje, ki jim morajo ustrezati vizualno pridobljene lastnosti, da se leseni element razvrsti v določen vizualni razred. V Evropi so v veljavi različni standardi za vizualno razvrščanje lesa (Nemčija: DIN 4074-1:2012-06, Združeno kraljestvo: BS 4978:2007+A2:2017 in BS 5756:2007+A2:2017, Francija: NF B

Preglednica 1: Zahtevane lastnosti za nekaj različnih trdnostnih razredov iglavcev in listavcev (povzeto iz SIST EN338:2016)

Lastnost	Trdnostni razredi					
	C14	C16	C20	C24	C30	C40
Karakteristična upogibna trdnost [MPa]	14	16	20	24	30	40
Karakteristična natezna trdnost [MPa]	7,2	8,5	11,5	14,5	19	26
Povprečni elastični modul [GPa]	7	8	9,5	11	12	14
Karakteristična vrednost gostote [kg/m ³]	290	310	330	350	380	400

Lastnost	Trdnostni razredi					
	D18	D24	D30	D40	D50	D60
Karakteristična upogibna trdnost [MPa]	18	24	30	40	50	60
Karakteristična natezna trdnost [MPa]	11	14	18	24	30	36
Povprečni elastični modul [GPa]	9,5	10	11	13	14	17
Karakteristična vrednost gostote [kg/m ³]	475	485	530	550	620	700

Lastnost	Trdnostni razredi					
	T8	T10	T14	T18	T24	T27
Karakteristična upogibna trdnost [MPa]	13,5	16	20,5	25,5	33	36,5
Karakteristična natezna trdnost [MPa]	8	10	14	18	24	27
Povprečni elastični modul [GPa]	7	8	11	12	13,5	15
Karakteristična vrednost gostote [kg/m ³]	290	310	350	380	400	410

Preglednica 2: Del preglednice iz standarda EN 1912:2021

Trdnostni razred	Standard za vizualno razvrščanje	Vizualni razred	Vrsta lesa	Vrsta lesa (lat.)	Država	Osnova za preslikavo
C18	SIST DIN 4074-1:2009	S7	Spruce & fir whitewood	Abies alba, Picea abies	Slovenia	TC124-2011
C24	SIST DIN 4074-1:2009	S10	Spruce & fir whitewood	Abies alba, Picea abies	Slovenia	TC124-2011
C30	SIST DIN 4074-1:2009	S13	Spruce & fir whitewood	Abies alba, Picea abies	Slovenia	TC124-2011

52-001-1, Skandinavija: DS/INSTA 142:2019). V Sloveniji uporabljamo standard SIST DIN 4074-1:2009, ki smo ga povzeli po nemških standardih. Skupnega evropskega standarda, kot na nekaterih drugih področjih v gradbeništvu, pa ni.

Preslikava med vizualnimi razredi, ki jih določimo po enem od zgoraj naštetih standardov, in trdnostnimi razredi mora biti potrjena s strani evropske komisije za standardizacijo (CEN/TC 124/WG 02). Določitev te preslikave temelji na obsežnih preizkusih, v katerih se določijo tudi dejanske trdnosti, elastični modul in gostota posameznih elementov. Preslikave so objavljene v standardu EN 1912:2021. V Preglednici 2 prikazujemo izsek iz tega standarda, kjer je zapisano, da lahko vizualne razrede S7, S10 in S13, določene po SIST DIN 4074-1:2009, preslikamo v trdnostne razrede C18, C24 in C30. V standardu EN 1912:2021 so določena tudi območja, kjer lahko uporabimo iste standarde, vključno s preslikavami v trdnostne razrede. Slovenija je v tem standardu del srednje Evrope skupaj z Avstrijo, Nemčijo, severno Italijo, Švico in drugimi. To določilo nam v veliki meri olajša razvrščanje lesa z vizualnimi metodami, saj nismo več omejeni na določila, ki veljajo le za Slovenijo.

Vizualno razvrščanje je zaradi nizkih začetnih stroškov in relativno preproste vključitve v proizvodni proces najbolj razširjen način razvrščanja lesa po trdnosti. Ta način pa ima žal vrsto pomanjkljivosti:

- vizualno razvrščanje opravljajo ljudje, zaradi česar je podvrženo subjektivnosti tako zaradi različnih posameznikov kot tudi zaradi različnega počutja istega človeka;
- vizualno razvrščanje je zelo počasno. Če upoštevamo določila standardov, bi za vsak lesen element porabili vsaj nekaj minut;
- zaradi velikega raztrosa materialnih lastnosti oziroma slabe povezanosti med lastnostmi, ki jih določimo vizualno, in lastnostmi, ki določajo trdnostni razred, so preslikave zelo konzervativne. Tako je najvišji trdnostni razred, ki ga lahko v Evropi določimo za iglavce, razred C30. Le izjemoma je za nekaj držav in vrst lesa najvišji razred C35. V raziskavi, ki smo jo v okviru evropskega projekta Gradewood in slovenskega projekta (ARRS L2-2214, Razvrščanje lesenih konstrukcijskih elementov po trdnosti) opravili na več kot 1.000 deskah in tramovih smreke in jelke, smo pokazali, da bi lahko že z relativno preprostim strojnimi razvrščanjem 28 % elementov razvrstili v razred C35 (Plos, 2012).

Strojno razvrščanje

Kot alternativa vizualnemu razvrščanju lesa so se v zadnjih desetletjih razvile metode strojnega razvrščanja lesa po trdnosti. Kot že ime pove, te metode ne temeljijo na vizualnih lastnostih lesa, temveč na določenih mehanskih lastnostih, ki jih lahko izmerimo z napravami, ne da bi poškodovali ali celo uničili element (preizkušanca). Parametrom, ki jih lahko določimo z neporušnimi metodami, pravimo indikativni parametri, saj nakazujejo na določene lastnosti lesa. Ti parametri so statični modul elastičnosti, dinamični modul elastičnosti, masa elementa, rentgenska slika elementa in drugi. Strojno razvrščanje je regulirano s standardi SIST EN 14081-2:2018, SIST EN 14081-3:2012+A1:2018 in SIST EN 14081-4:2009, ki opredeljujejo dva načina strojnega razvrščanja, s kontrolo v proizvodnji (angl. output control) ali strojno kontrolirano kontrolo (angl. machine control). V Evropi se uporablja slednji način, medtem ko je v Ameriki in Avstraliji pogostejše v uporabi tudi način s kontrolo v proizvodnji.

V začetkih razvoja naprav za razvrščanje so uporabljali meritve statičnega modula elastičnosti, tako da so leseni element upogibno deformirali pri relativno nizki obremenitvi. Od tod so lahko izračunali elastični modul in ocenili trdnost elementa, saj sta elastični modul in trdnost elementa linearno odvisni količini. Primer take naprave je M 7200 ameriškega proizvajalca Metriguard. Dobra lastnost teh naprav je zelo velika hitrost razvrščanja, slabost pa relativno slaba natančnost razvrščanja. Skoraj vse moderne naprave vključujejo merjenje dinamičnega modula elastičnosti, ki ga lahko merimo z ultrazvokom ali meritvami frekvence vzdolžnega nihanja elementa.

Najbolj napredne in tudi najdražje naprave meritev dinamičnega modula elastičnosti nadgradijo še z rentgensko sliko, iz katere lahko določijo velikost in lege grč, spreminjajočo gostoto po elementu ter barvno sliko površine elementov, iz katerih lahko sklepajo na obarvanost, trhnobo, prisotnost stržena in širine branik. Poleg tega vsem preizkušanim elementom avtomatično izmerijo dimenzije, maso in vsebnost vlage. Na osnovi vseh teh podatkov lahko zelo natančno določijo indikativne lastnosti elementov in preko povezovalnih enačb določijo trdnostni razred. Morda najbolj znane take naprave so Goldeneye italijanskega proizvajalca Microtec in CombiScan luksemburškega proizvajalca LuxScan, ki veljajo za ene najbolj natančnih naprav za razvrščanje lesa. Nekoliko manj kompleksne in zato tudi manj učinkovite so naprave ViSCAN (Microtec) in E-scan (LuxScan). Vse te naprave delujejo v rednih proizvodnih linijah in omogočajo razvrstitev od 50 do 180 elementov na minuto, kar lahko pomeni tudi do 1.200 dolžinskih metrov na minuto. Slaba stran teh naprav je njihova visoka cena, ki ni dosegljiva manjšim žagarskim obratom, kakršne imamo v Sloveniji.

Cenejša alternativa najbolj kompleksnim napravam za razvrščanje so priročne naprave, ki merijo le frekvenco vzdolžnega nihanja elementov. Nihanje se vzbudi s kladivom, ki je lahko tudi del naprave, odčita pa z vgrajenim mikrofonom. Iz frekvence, dolžine elementa in gostote izračunamo dinamični modul elastičnosti, ki predstavlja indikativno lastnost. Na osnovi izmerjene indikativne lastnosti določimo trdnostni razred. Taki napravi sta Timber Grader MTG nizozemskega proizvajalca Broekhuis in slovenska naprava STIG (Ilkon d.o.o.). Preprostejše in cenejše naprave zagotavljajo enako varnost in ustrezajo istim

zahtevam trdnostnih razredov, a so zaradi manjše natančnosti deleži elementov, razvrščenih v višje trdnostne razrede, nižji.

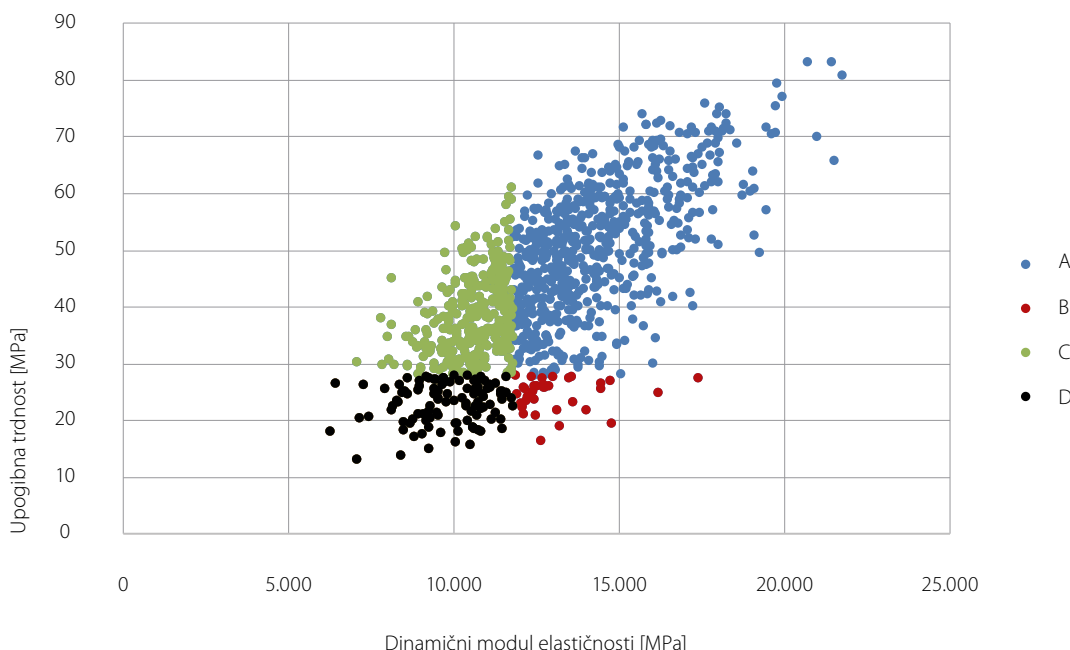
Omenjene naprave ne predstavljajo celotnega nabora naprav za razvrščanje, ki jih lahko uporabljamo v Evropi in Sloveniji. Tak seznam najdemo na spletni strani delovne skupine CEN TC124 WG2 TG1 (Ridley-Ellis, 2023).

Naprave delujejo na osnovi nastavitvev, ki temeljijo na obsežnih preiskavah lesenih elementov. Standard SIST EN 14081-2:2018 zahteva, da za pripravo nastavitvev potrebujemo vsaj 450 lesenih elementov, pri tem pa moramo paziti tudi na pravilen način vzorčenja, poznati izvor lesa, v vzorec vključiti različne dimenzije prečnega prereza in celoten vzorec razdeliti na podvzorce, za katere velja, da morajo vključevati vsaj 100 elementov. Vse elemente najprej preizkusimo z napravo za razvrščanje in določimo indikativne parametre za vse elemente. Sledijo porušni preizkusi vseh elementov, s katerimi določimo lastnosti, ki določujejo trdnostni razred: trdnost, elastični modul in gostoto. Ko poznamo vse lastnosti, ki določajo trdnostni razred, lahko določimo optimalno razvrstitev v razrede glede na izbrano kombinacijo trdnostnih razredov (na primer: C30, C18, ostanek). Optimalno razvrstitev lahko opravimo šele potem, ko elemente porušimo. Pri dejanskem razvrščanju lesa zato nikoli ne dosežemo optimalne razvrstitve, saj bi za to morali imeti idealno napravo, ki pa ne obstaja.

Delno lahko rezultate povzamemo s Sliko 1, kjer prikazujemo vrednosti dinamičnega modula elastičnosti (indikativni parameter) in upogibno trdnost (lastnost, ki določa trdnostni razred). Na Sliki 1 želimo ilustrirati določitev nastavitve za razred C30. Vidimo, da lahko rezultate razdelimo v štiri skupine. Skupini A in C predstavljata optimalno razvrstitev v C30, skupini A in B pa razvrstitev glede na indikativni parameter. Vidimo, da je optimalni razred bistveno večji, kar je posledica nastavitve, ki zahteva, da tudi razvrstitev na osnovi indikativnega parametra ustreza pogojem za trdnostni razred. Podobno analizo moramo narediti še za drugi dve lastnosti (elastični modul in gostoto). Ko vse tri lastnosti ustrezajo pogojem določenega trdnostnega razreda (glej Preglednico 1), moramo preveriti še, v kolikšnem deležu se razlikujeta optimalna razvrstitev in razvrstitev na osnovi indikativnih parametrov. Standard SIST EN 14081-4:2009 preko cenovnih matrik omejuje predvsem tisto napačno razvrstitev, ki lahko vpliva na varnost konstrukcij. Na Sliki 1 je to skupina B.

Vse veljavne nastavitve naprav so torej rezultat obsežnih preiskav, priprave poročila, ki nedvoumno pokaže, da so nastavitve pravilne, ter predstavitev in zagovora pred delovno skupino CEN TC124 WG2 TG1. Ko delovna skupina nastavitve potrdi, postanejo veljavne in žagarski obrati napravo lahko uporabijo za določeno vrsto lesa na določenem območju.

V Sloveniji so veljavne nastavitve za smreko in jelko proizvajalcev Microtec (Goldeneye, ViSCAN), Brookhuis (Timber Grader MTG) in slovenska naprava STIG. V standardu SIST EN 14081-2:2018 je določeno tudi standardizirano območje Alp, v katero so vključene Švica, Avstrija, Lihtenštajn in Slovenija. To določilo omogoča hitrejšo pripravo nastavitvev za vse države določene območja.



Slika 1: Upogibna trdnost (smreka, jelka)

Pogled v prihodnost

Strojno razvrščanje lesa po trdnosti je učinkovitejše, varnejše in dolgoročno tudi bolj ekonomično od vizualnega razvrščanja, zato moramo v prihodnje skrbeti za razvoj in implementacijo strojnega razvrščanja tudi v manjše žagarske obrate. Glede na veliko število manjših žagarskih obratov v Sloveniji bi bilo dobro razmisliti o ustanovitvi centrov za razvrščanje, kjer bi lahko z eno napravo razvrščali les iz vseh žagarskih obratov v okolici.

Zaradi podnebnih sprememb in naravnih nesreč, kakršna je bila pred leti žled, se delež iglavcev v naših gozdovih manjša v korist listavcev, v veliki meri bukve. Za uporabo lesa bukve in drugih listavcev v konstrukcijske namene bomo morali poskrbeti za določila vizualnega razvrščanja in nastavitve naprav za razvrščanje. V Sloveniji smo že opravili raziskavo, ki bo lahko osnova za nastavitve naprave za natezno obremenitev bukve, ki bi jo lahko uporabili pri izdelavi lepljenih lameliranih nosilcev (Plos idr., 2022).

Pomemben vidik trajnostne gradnje je tudi ponovna uporaba lesa v konstrukcijske namene. Žal v Evropi še nimamo standarda, ki bi omogočal določitev trdnostnih razredov za lesene elemente, ki so bili pridobljeni po demontaži ali rušitvi obstoječih lesenih objektov. To problematiko je obravnavalo več raziskovalnih projektov in lahko pričakujemo, da bomo v naslednjih letih prišli do rešitev in lesene elemente, pridobljene iz obstoječih konstrukcij, ponovno uporabili v novih konstrukcijah (Llana idr., 2023).

Viri:

Standardi

BS 4978:2007+A2:2017. Visual strength grading of softwood.

Specification.

BS 5756:2007+A2:2017. Visual strength grading of temperate hardwood.

Specification.

DIN 4074-1:2012. Sortierung von Holz nach der Tragfähigkeit – Teil 1: Nadelnschnittholz.

DS/INSTA 142:2019. Nordic visual strength grading rules for timber.

EN 1912:2021. Structural Timber — Strength classes — Assignment of visual grades and species.

NF B 52-001-1:2018. Regulations governing the use of timber in structure - Visual classification for the use of softwood and hardwood species in structures - Part 1 : massive wood.

SIST DIN 4074-1:2009. Strength grading of wood - Part 1: Coniferous sawn timber.

SIST EN 338:2016. Konstrukcijski les – Trdnostni razredi.

SIST EN 14081-1:2016. Lesene konstrukcije – Po trdnosti razvrščen konstrukcijski les pravokotnega prečnega prereza – 1. del: Splošne zahteve.

SIST EN 14081-2:2018. Lesene konstrukcije – Razvrščanje konstrukcijskega lesa pravokotnega prečnega prereza po trdnosti – 2. del: Strojno razvrščanje – Dodatne zahteve za preizkušanje tipa.

SIST EN 14081-3:2012+A1:2018. Lesene konstrukcije – Razvrščanje konstrukcijskega lesa pravokotnega prečnega prereza po trdnosti – 3. del: Strojno razvrščanje – Dodatne zahteve za kontrolo proizvodnje v obratu.

SIST EN 14081-4:2009. Lesene konstrukcije – Razvrščanje konstrukcijskega lesa pravokotnega prečnega prereza po trdnosti – 4. del: Strojno razvrščanje – Nastavitve strojev za razvrščanje pri strojno kontroliranih sistemih.

Drugi viri

Llana, D. F., Íñiguez-González, G., Plos, M., in Turk, G. (2023). Grading of recovered Norway spruce (*Picea abies*) timber for structural purposes. *Construction & building materials*, 398(132440), 1–10.

Plos, M. (2012). Razvrščanje konstrukcijskega lesa v različne kombinacije trdnostnih razredov, Diplomaska naloga, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana.

Plos, M., Fortuna, B., Šuligoj, T., in Turk, G. (2022). From visual grading and dynamic modulus of european beech (*fagus sylvatica*) logs to tensile strength of boards. *Forests*, 13(1), 1–18.

Ridley-Ellis, D. (2023). CEN TC124 WG2 TG1, Conveyer page, 2023. <https://blogs.napier.ac.uk/cwst/tg1/>, pridobljeno 25. 8. 2023.

Bivanje v leseni stavbi in prednosti uporabe lesnih izdelkov

Les, material, sedanjosti in prihodnosti – prednosti in izzivi

Les je v mnogih kontekstih jasna izbira za gradnjo bivanjskih prostorov

dr. Dean Lipovac, dr. Rok Prislan,
dr. Črtomir Tavzes

InnoRenew CoE

t: 040 282 944

e: dean.lipovac@innorenew.eu

rok.prislan@innorenew.eu

crtomir.tavzes@innorenew.eu

www.innorenew.eu/en

Kakovost notranjega okolja

Življenje je bilo nekoč prepleteno z naravnim okoljem. Vsakdan ljudi je vseboval obilo sonca, zelenja, svežega zraka in gibanja. Današnji način življenja je prinesel spremembe, saj večino časa preživimo v notranjih prostorih, izolirani od narave. V sodobnih stavbah se soočamo s slabo osvetlitvijo, umetnimi materiali, nizko kakovostjo zraka, sedečim načinom življenja in drugimi dejavniki, ki negativno vplivajo na naše počutje. Tovrstne težave so tako razširjene, da dandanes govorimo o sindromu bolne stavbe, ki se kaže v simptomih, kot so glavobol, utrujenost in draženje oči. Kljub temu pri oblikovanju notranjih prostorov redko dajemo prednost zdravju ljudi.

Premakniti se moramo od preprostega zmanjševanja škode, kot je zniževanje hrupa, do ustvarjanja prostorov, ki podpirajo številne in raznolike potrebe ljudi. Ljudje si želimo živeti in delati v prostorih z naravno svetlobo, z razgledom na zelenje in vodna telesa, želimo si biti obdani z rastlinami in naravnimi materiali, želimo dihati svež zrak. Potreb in želja ljudi je veliko in skladno s tem moramo pri oblikovanju prostorov upoštevati raznovrstne pristope in vodila. Eden izmed preprostejših načinov za ustvarjanje človeku prijetnih stavb je vključevanje lesa v grajeno okolje.

Les

Les je starodaven, a brezčasen material. Raznovrstni tipi lesa ustvarjajo zapletene vizualne podobe, ki se spreminjajo ob različnih vrstah svetlobe in zornih kotih. Bogate barve, edinstveni vzorci in topli toni lesa dajejo strukturam občutek pristnosti in značaj, kar je težko ponoviti z drugimi materiali. Način interakcije lesa z naravno svetlobo in okoljem ustvarja dinamične vizualne učinke, ki se spreminjajo čez dan. Od mehkega sijaja ob zori do toplih odtenkov ob sončnem zahodu se videz lesa spreminja, kar prostore naredi še dodatno zanimive.

Prilagodljivost lesa različnim arhitekturnim slogom priča o njegovi trajni uporabnosti. Ne glede na to, ali se les uporablja v tradicionalnih, klasičnih stavbah ali sodobnih, minimalističnih zasnovah, se z lahkoto vključuje in prispeva k splošni estetski viziji. V zgodovinskem kontekstu so se zapletene rezbarije in detajli lesa uporabljali za izražanje kulturnih in simbolnih pomenov,

kar je obogatilo vizualno pripoved različnih struktur. Nasprotno pa se v sodobni arhitekturi pogosto uporablja gladke in čiste linije lesa za ustvarjanje minimalističnih, a prijetnih prostorov. Prilagodljivost lesa se izraža tudi skozi široko paleto možnosti za njegovo uporabo – lahko ga vključimo tako v strukturne komponente stavbe kot tudi v pohištvo in dekorativne elemente.

Gledanje in dotikanje lesa

Ljudje imamo na splošno pozitiven odnos do lesa. Dojemamo ga kot naraven material, ki prinaša občutek udobja, sproščenoosti in topline. V primerjavi z drugimi vsakdanjimi materiali, kot so jeklo, plastika ali kamen, nam les navadno ugaja zaradi različnih vidikov, med katerimi izstopa njegova estetska privlačnost. Na videz lesa vpliva več dejavnikov, kot so vrsta lesa, prisotnost grč, barva, tekstura in površinska obdelava. Ljudem je običajno všeč les, ki je videti skladen in harmoničen, z le nekaj enakomerno razporejenimi grčami. Pomembno pa je poudariti, da je variabilnost med preferencami do lesa velika. Različni posamezniki bodo imeli raje različne vrste lesa že na podlagi svojih osebnih preferenc, ki se lahko spreminjajo tudi glede na kontekst, v katerem se les uporablja.

V eni izmed raziskav se je primerjalo preference ljudi do prostorov z različnimi vsebnostmi lesa – vključno s sobami, ki so bile povsem brez lesa, ter tistimi, ki so bile v celoti opremljene z lesom. Izkazalo se je, da ljudje z vidika estetike najvišje ocenjujejo prostore s srednjo vsebnostjo lesa, v primerjavi s prostori, ki so popolnoma brez lesa ali v celoti iz lesa (Nyrud, Bringslimark in Bysheim, 2014). V nasprotju s tem je druga raziskava, ki je preučevala estetske preference ljudi glede pisarniških miz, pokazala ravno obratne rezultate: mize so bile praviloma višje ocenjene, če so bile izdelane v celoti iz lesa ali pa povsem brez lesa (bele barve), kot pa če so vsebovale srednjo količino lesa oz. les v kombinaciji z belimi materiali (Lipovac in Burnard, 2023).

Poleg videza lesa je pomemben tudi njegov otip, saj se ljudje v notranjih prostorih lesa dotikamo pogosto. Tudi v tem primeru se les praviloma izkaže kot bolj priljubljen v primerjavi z ostalimi vsakdanjimi materiali. Veliko ljudem je všeč predvsem občutek naravnega, rahlo obdelanega lesa, ki ni prekrit s premazom. Po navadi tak les po otipu opišejo kot topel in prijeten.

Ena izmed raziskav je preverjala, kako starejši odrasli iz Slovenije in Norveške zaznavajo ograjne ročaje, narejene iz različnih materialov. Lesni materiali so bili ljudem v splošnem bolj všeč kot jeklo, ne glede na državo prebivališča udeležencev in ne glede na to, ali so se udeleženci ob podajanju ocen materialov lahko le dotikali ali so jih lahko ob dotikanju tudi gledali (Lipovac, Wie, Nyrd in Burnard, 2022).

Vključevanje lesa v notranje prostore lahko te naredi privlačnejše za ljudi. Taki prostori niso ljudem všeč zgolj vizualno, temveč lahko nanje vplivajo tudi z vidika počutja in doživljanja stresa. V eni izmed študij je bilo 61 udeležencev izpostavljenih dveh pisarnama, od katerih je bila ena opremljena s pohištvo iz lesa, druga pa z belim pohištvo. Udeleženci so preživeli 75 minut v vsaki izmed sob in bili v tem času izpostavljeni videoposnetku, ki povzroča stres. V primerjavi s kontrolno sobo z belim pohištvo so imeli udeleženci v prostoru, opremljenem z lesom, nižjo povprečno raven kortizola – biološkega označevalca stresa (Burnard in Kutnar, 2020). Čeprav na tem znanstvenem področju ostaja veliko odprtih vprašanj, nekatere raziskave kažejo, da bi lahko že zgolj vizualna izpostavljenost lesu izboljšala počutje uporabnikov stavb.

Les in kakovost zraka

Pri lesenih stavbah je treba upoštevati snovi, ki izhajajo iz lesa, zlasti t. i. hlapne organske spojine. To so kemikalije, ki se lahko sproščajo iz lesa in so pomembne za kakovost in vonj zraka v stavbi. Les je sestavljen iz različnih snovi, kot sta celuloza in lignin, vsebuje pa tudi različne druge kemikalije. Te kemikalije se lahko razlikujejo glede na vrsto drevesa, iz katerega les izhaja, in glede na to, kje je to drevo raslo. Na emisije teh kemikalij vpliva tudi način sušenja lesa, vključno s temperaturo. Ko se les suši, zlasti če je sveže posušen, se lahko v zrak sprosti veliko hlapnih organskih spojin. Les nekaterih drevesnih vrst, kot je bor, ki ga pogosto uporabljamo v gradbeništvu, običajno sprošča več hlapnih organskih spojin kot les drugih dreves.

Hlapne organske spojine lahko različno vplivajo na kakovost zraka v prostoru in posledično na počutje in zdravje ljudi. Zaradi nekaterih od njih lahko zrak diši prijetno, zaradi drugih neprijetno, odvisno tudi od specifičnih preferenc ljudi. Nekatere od teh kemikalij, kot so aldehydi, lahko dražijo oči in nos, v visokih koncentracijah pa so lahko škodljive zdravju. Ena od njih, imenovana akrolein, je povezana s težavami s pljuči in astmo (Alapieti, Mikkola, Pasanen in Salonen, 2020).

Dobra novica je, da so v večini lesenih stavb ravni teh hlapnih organskih spojin običajno prenizke, da bi povzročale zdravstvene težave. Nekatere kemikalije v lesu, kot so terpeni, ki dajejo lesu prijeten vonj, pa imajo lahko pozitiven vpliv – izboljšajo razpoloženje, pomagajo pri sprostitvi in krepijo imunski sistem. Se pa lahko pojavijo težave, ko terpeni reagirajo z drugimi kemikalijami v zraku. V tem primeru lahko v zraku nastanejo delci, ki zdravju niso koristni. Na srečo v tipičnih notranjih okoljih te reakcije običajno ne dosežejo škodljivih ravni.

Les ima lahko pomirjujoč vonj in čeprav je treba paziti na nekatere kemikalije, so te običajno na varni ravni. Zavedati se je treba, da je vsak prostor edinstven, zato je priporočeno redno spremljati kakovost zraka in po potrebi uvesti spremembe v sisteme in navade, povezane z zračenjem.

Akustika in les

Akustika ima eno izmed ključnih vlog pri kakovosti bivanja v stavbah, saj je od nje odvisno, kako bomo v prostoru doživljali zvok. Pri akustiki prostora govorimo predvsem o tem, kako se zvok odbija od sten, stropa, tal, pohištva in drugih objektov. Te interakcije vplivajo na to, kako se zvok v prostoru širi in izginja. Pomembno je izbrati prave materiale za različne dele prostora, odvisno od tega, kako se bo prostor uporabljal – za pogovore, poslušanje glasbe, delo ali kaj drugega.

Pogost cilj uravnavanja akustike prostora je zagotavljanje razumljivosti govora. V prostorih, kjer je komunikacija bistvenega pomena, kot so pisarne, učilnice in konferenčne dvorane, se morajo uporabniki slišati in razumeti brez nepotrebne napora. Še pogostejše je cilj akustike prostora zmanjševanje hrupa, ki je za ljudi nadležen in moteč ter hitro privede do višjih ravni stresa in slabših zmoglosti koncentracije. Ustrezna akustična zasnova lahko pomaga zmanjšati odmev, s tem pa znižati hrup in uporabnikom olajšati komunikacijo.

Z vidika akustike je pri materialih pomembna absorpcija zvoka – zmoglost materiala, da vpije zvočno energijo. S tem se omejijo zvočni odboji in skrajša odmevni čas prostora, kar praviloma izboljša akustično udobje v prostoru. Za absorpcijo zvoka so najpogostejše uporabljene različne volne, pene in tkanine, oblikovane v panele, plošče ali obloge, ki jih lahko umestimo v področje stropa in sten prostora.

Les pri absorpciji zvoka ni najboljši. Pravzaprav se zvok od lesa večinoma odbije, podobno kot pri drugih togih materialih, kot sta beton in kamen. Lahko pa les obdelamo na način, da v njem ustvarimo luknjice, v katere lahko vstopa zvok. V kombinaciji z drugimi materiali lahko s tem dobimo zvočni absorber, v katerem se zvočna energija ob širjenju skozi porozno strukturo spremeni v toploto. S pravilno razporeditvijo in oblikovanjem luknjic lahko vplivamo na dobljene absorpcijske lastnosti, pri čemer so te lastnosti močno odvisne od frekvenc zvoka. Povsem drugače je, ko želimo povečati odboj zvoka na lesu, kjer ima pomembno vlogo veliko dejavnikov, vključno z vrsto lesa, površinsko obdelavo in oblikovanjem lesnih struktur. Tako ne preseneča, da les zaradi svoje široke prilagodljivosti in uporabnosti zgodovinsko najdemo v akustično najzahtevnejših prostorih, kot so koncertne dvorane, kjer z masivnimi lesnimi strukturami nadzorujemo zvočne odboje (Alapieti idr., 2020).

Nekoliko slabše so tudi zvočno izolirne lastnosti lesa, ki jih v praksi opazimo predvsem v območju nizkih frekvenc zvoka. V tem območju bi se bolje odrezali materiali z visoko gostoto, kot sta opeka in beton. Les zato uporabimo v kombinaciji z drugimi materiali, na primer mavčno-kartonskimi ploščami, ter tako ustvarimo večslojne strukture z visoko zvočno izolirnostjo. Podobno kot velja za izolirnost zvoka v zraku, se les slabše odreže tudi v primeru udarnega hrupa, kot je na primer hoja ljudi, ki je v objektih z leseno nosilno konstrukcijo lahko moteč.

Zaradi tovrstnih akustičnih pomanjkljivosti materialov je nastalo veliko izvirnih rešitev. Dvojna konstrukcija – ločeni steni z vmesnim prostorom za zrak – preprečuje prenos zvoka med prostori. Hrup lahko zmanjša tudi spuščeni strop – drugi strop, ki visi pod glavnim stropom prostora.



Slika 1, foto: Miran Kambič

Obstajajo tudi razne kombinacije lesa z drugimi materiali, na primer betonom, ki pripomorejo k boljšim akustičnim lastnostim.

Les sam po sebi torej ni najustreznejši material za izboljšanje akustičnih lastnosti stavb, a ga lahko ob ustreznem razumevanju njegovih omejitev uspešno uporabimo pri gradnji. Nasprotno pa se lahko ob neoptimalni uporabi lesa pojavijo težave s hrupom in odmevom, kar lahko uporabnikom stavb oteži komunikacijo, poviša stres in oteži koncentracijo.

Les in nadzorovanje vlage in temperature

Relativna vlažnost in temperatura pomembno vplivata na človekovo počutje in delovanje v stavbah. Če je v prostorih prevroče ali premrzlo, to lahko povzroči nelagodje, stres in slabše kognitivno funkcioniranje. Vzdrževanje udobnega temperaturnega območja je tako bistvenega pomena za spodbujanje splošnega udobja in produktivnosti. Raven relativne vlažnosti vpliva na zdravje dihal, hidracijo in kakovost spanja. Nizka vlažnost lahko povzroči draženje dihal in dehidracijo, visoka pa rast plesni. Ustrezna in stabilna raven relativne vlažnosti tako prispeva k boljšemu počutju.

Na relativno vlažnost v prostoru vplivajo predvsem vlaga zunanjega zraka, stopnja prezračevanja in notranji viri vlage, kot so ljudje in razne dejavnosti, povezane z njihovim bivanjem. V idealnem primeru bi morala biti relativna vlažnost zraka v prostorih zaradi zdravstvenih in higienskih razlogov v razponu 30–55 %. Prezračevanje je glavna metoda, ki se uporablja za nadzor vlage v zaprtih prostorih, vendar lahko pri tem pomagajo tudi

higroskopični materiali – materiali, ki absorbirajo in sproščajo vlago. Ti materiali absorbirajo vlago, ko se poveča relativna vlažnost zraka v prostoru, in sprostijo vlago nazaj v prostor, ko se relativna vlažnost zraka zniža, ter tako pomagajo vzdrževati stabilno raven relativne vlažnosti. Eden izmed takšnih materialov je les, pri čemer imajo različne vrste lesa različne učinke pri uravnavanju vlage.

Predvsem v prostorih z veliko lesenimi površinami in manj prezračevanja ta material lahko pomaga ohranjati prijetnejši zrak. Zmanjšuje nihanje vlage v zraku, zaradi česar se kakovost zraka izboljša, ne da bi za to potrebovali razne energijsko potratne naprave, na primer razvlaževalce prostorov. V nekaterih primerih je lahko učinek lesa na vlago precejšen – v sobi z lesenimi površinami je lahko zrak do 35 % manj vlažen kot v sobi brez lesa (Alapieti idr., 2020).

Tudi pri uravnavanju temperature ima lahko les pomembno vlogo. Ko les absorbira vlago iz zraka, se ta nekoliko segreje; ko se izsuši, pa se nekoliko ohladi. To naravno uravnavanje temperature lahko celo zmanjša porabo energije za ogrevanje in hlajenje stavbe. V določenih podnebjih lahko uporaba lesa v kombinaciji z nekaterimi sistemi ogrevanja in hlajenja zmanjša porabo energije za ogrevanje za 2–3 % in porabo energije za hlajenje za 5–30 % (Alapieti idr., 2020).

Les lahko tako izboljša udobje bivanja tudi z uravnavanjem vlage in temperature. Pomembno pa je poudariti, da je to le en delček sestavljanke, saj so pri tem ključni splošna zasnova stavbe ter sistemi ogrevanja, prezračevanja in klimatizacije.

Antibakterijski učinki

V nekaterih prostorih, kot so bolnišnice, šole in vrtci, je za preprečevanje okužb zelo pomembno, da so notranje površine čiste in brez škodljivih mikrobov. O čistoči lesa se razpravlja že vrsto let. Nekateri ljudje so bili kritični do uporabe lesa, ker so menili, da morda ni higieničen. Nedavne študije pa kažejo, da ima les nekatere naravne zmožnosti za boj proti bakterijam.

Različne vrste lesa imajo različne antibakterijske lastnosti. Borovina in hrastovina dobro zavirata rast bakterij, medtem ko druge vrste lesa, kot sta macesnovina in smrekovina, kažejo manj dosledne antibakterijske učinke. Tudi nekatere druge vrste lesa, kot so jesenovina, bukovina, brezovina in češnjevina, imajo antibakterijske lastnosti.

Antibakterijski učinki se lahko razlikujejo glede na vir lesa in vrsto testiranih bakterij. Tako se je na primer izkazalo, da je jedrovina borovine učinkovita proti nekaterim bakterijam, medtem ko beljava morda nima enakega učinka.

Ne vemo natančno, zakaj ima les te protibakterijske lastnosti, domnevamo pa, da naj bi bili pomembni dejavniki sposobnost lesa, da izsuši bakterije, in nekatere kemikalije, ki jih najdemo v lesu. Les različnih drevesnih vrst lahko vsebuje različne kemikalije, ki lahko vplivajo na to, kako dobro zavirajo škodljivo delovanje bakterij.

Drugi dejavniki, ki lahko vplivajo na antibakterijske učinke lesa, so temperatura, vlažnost in vsebnost vlage v lesu. Višje temperature in nižja vlažnost lahko pripomorejo k učinkovitejšemu boju lesa proti bakterijam, vendar je to lahko odvisno tudi od vrste bakterij. Les se s staranjem spreminja, kar lahko vpliva na njegove antibakterijske lastnosti. Pri večini obstoječih študij so proučevali učinke lesa, ki je bil svež, zato potrebujemo več raziskav, da bi razumeli, kako se te lastnosti s časom spreminjajo (Alapieti idr., 2020).

Določene vrste lesa imajo naravne antibakterijske lastnosti, zaradi katerih so potencialno dobra izbira za površine na mestih, kjer je čistoča ključnega pomena (Aviat idr., 2016).

Lesena stavba raziskovalnega inštituta InnoRenew CoE

Zasnovo dveh stavb raziskovalnega inštituta InnoRenew CoE smo razvili kot interdisciplinarni projekt, ki združuje znanje raziskovalcev iz različnih strok, s poudarkom na uporabi lesa in njegovem vplivu na bivalno okolje. Stavbni kompleks, s skupno bruto površino 8.200 m², vsebuje raziskovalne laboratorije za proučevanje lesa na mikroskopski in makroskopski ravni, vključno z raziskavami o zaščiti in modifikacijah lesa ter gradnji objektov. Poleg tega imajo zunanje površine in zelene strehe odprte prostore za raziskovalne dejavnosti na prostem.



Slika 2, foto: Miran Kambič



Slika 3, foto: Miran Kambič

Stavbi imata hibridno kombinacijo lesa, betona in jekla, pri čemer so višja nadstropja izdelana iz lesa, medtem ko so temelji in kleti iz betona. Na zunanosti stavb je les uporabljen kot senčilo in fasadna struktura, ki spominja na tradicionalne elemente slovenske Istre, lokalni istrski kamen pa za obloge fasad in tlake.

Pomemben poudarek je na ustvarjanju zdravega in okolju prijaznega bivalnega okolja, kamor med drugim spadajo zelene strehe, deževnica, sončna energija in nizkoenergijska gradnja. Les pri tem igra ključno vlogo zaradi svojih raznovrstnih lastnosti, ki pozitivno vplivajo na kakovost bivanja.

Notranjost inštituta InnoRenew CoE je prav tako zaznamovana s prisotnostjo lesa, ki je viden v nosilnih stenah, stropnih ploščah, stopnišču in drugih površinah. Ograje okoli atrija so lesene, namesto ročajev pa so na ograjah leseni pulti, kar spodbuja komunikacijo med zaposlenimi. Les je uporabljen tudi za vrata, pohištvo in druge elemente, kar omogoča še dodatni stik ljudi z lesom in s tem še naravnejše in prijetnejše okolje.

S trenutnim znanjem težko celostno in natančno ovrednotimo kakovost bivanja v lesenih stavbah, kot je stavba InnoRenew CoE. Znanstvena spoznanja na tem področju – spoznanja, ki smo jih omenjali v tem prispevku, so šele prvi poskusi takega vrednotenja in se trenutno osredotočajo le na proučevanje različnih posameznih elementov grajenega bivanjskega okolja. V znanosti na začetku razvoja nekega področja pričnemo s proučevanjem enostavnih elementov, ker lahko le tako enoznačno pojasnimo njihove morebitne učinke. Šele ko nakopičimo dovolj znanja, lahko proučujemo zapletene sisteme več posameznih elementov, kako ti vplivajo eden na drugega in kakšen je njihov skupni učinek.

Številni elementi, za katere posamične raziskave kažejo pozitivne učinke, soobstajajo v stavbi InnoRenew CoE. Le enostavna vsota njihovih učinkov pa je lahko bistveno drugačna od dejanskega skupnega učinka stavbe na ljudi. Pri tem se poraja vprašanje – kako na ljudi vpliva stavba, ki vse te pozitivne elemente združuje? Znanost trenutno še nima celostnega odgovora, zato lahko zaenkrat poudarimo predvsem občutja nekaterih posameznikov. Iz lastnih izkušenj lahko rečemo, da so obiskovalci



Slika 4, foto: Miran Kambič

stavbe InnoRenew CoE nad njo vselej znova navdušeni. Stavbo kot po pravilu primerjajo s centri dobrega počutja (wellness centri). Presenečeni so, da v tako prijetni stavbi poteka delovna, raziskovalna dejavnost.

O stavbi so spregovorili tudi zaposleni InnoRenew CoE. Mariča Mikuljan, raziskovalka, pravi, da »je [stavba] moj drugi dom. Navdušena sem nad močjo gradnje in občutkom topline v stavbi. V njej se počutim ustvarjalno.« Druga zaposlena je povedala, da je »počutje v naši leseni stavbi zelo prijetno in umirjeno«, in misli, da »les oddaja neko pozitivno energijo, ki dobro vpliva na naše počutje«. Zijada Adembegović Hujdurovič, arhitektka, je svoje misli opisala z naslednjimi besedami: »Narava je tako velikodušna, podarila nam je sonce in drevesa, zemljo in vodo, zato moramo to ceniti. Da lahko delam v tako naravnem okolju, dojemam kot darilo. Zelo prijetno se počutim, ko stopim v stavbo in začutim vonj lesa, ga vdihnem, se ga dotaknem in ga vidim v njegovi popolni nepopolnosti, ki jo je ustvarila narava in oblikoval človek.«

Zaključek

Les ima številne prednosti pri oblikovanju prostorov za izboljšanje kakovosti bivanja. Pozitivni učinki se običajno pojavijo že ob gledanju, dotikanju in vonjanju lesa. Druge prednosti se kažejo v njegovi zmožnosti uravnavanja temperature in relativne zračne vlažnosti ter antibakterijskih učinkih. V nekaterih primerih se gradnja z lesom lahko zdi vprašljiva. Težavne so lahko hlapne organske spojine, ki se sproščajo iz lesa, a so te običajno prisotne v premajhnih količinah, da bi bile škodljive. Pozorni moramo biti predvsem na akustiko prostorov, ki pri leseni gradnji zahteva nekoliko več znanja, premisleka in previdnosti.

V splošnem se zdi, da je uporaba lesa kot materiala eden najprimernejših načinov za izboljšanje kakovosti bivanja v stavbah. Za vsako pomanjkljivost lesa najdemo številne prednosti, še posebej z vidika udobnosti, s čimer se drugi materiali težko kosajo. Znanost na tem področju se mora še občutno razviti, preden bomo lahko natančno vedeli, kako in kje uporabiti les z namenom ustvarjanja prijetnih in zdravih prostorov. Kljub temu že sedaj vemo veliko in glede na to znanje se zdi, da je les v mnogih kontekstih jasna izbira za gradnjo bivanjskih prostorov.



Slika 5, foto: Miran Kambič

Viri:

- Alapieti, T., Mikkola, R., Pasanen, P., in Salonen, H. (2020). The influence of wooden interior materials on indoor environment: A review. *European Journal of Wood and Wood Products*, 78, 617–634. <https://doi.org/10.1007/s00107-020-01532-x>
- Aviat, F., Gerhards, C., Rodriguez-Jerez, J. J., Michel, V., Bayon, I. L., Ismail, R. in Federighi, M. (2016). Microbial safety of wood in contact with food: A review. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 15(3), 491–505.
- Burnard, M. D. in Kutnar, A. (2020). Human stress responses in office-like environments with wood furniture. *Building Research & Information*, 48(3), 316–330. <https://doi.org/10.1080/09613218.2019.1660609>
- Lipovac, D., in Burnard, M. D. (2023). Human Preferences for the Visual Appearance of Desks: Examining the Role of Wooden Materials and Desk Designs. *Buildings*, 13(7), 1680. <https://doi.org/10.3390/buildings13071680>
- Lipovac, D., Wie, S., Nyrud, A. Q., in Burnard, M. D. (2022). Perception and evaluation of (modified) wood by older adults from Slovenia and Norway. *Wood and Fiber Science*, 54(1), 45–59. <https://doi.org/10.22382/wfs-2022-05>
- Nyrud, A. Q., Bringslimark, T., in Bysheim, K. (2014). Benefits from wood interior in a hospital room: A preference study. *Architectural Science Review*, 57(2), 125–131. <https://doi.org/10.1080/00038628.2013.816933>

Les, požari, potresi in druge nezgodne obtežbe

Požarne lastnosti lesa

Friderik Knez

Zavod za gradbeništvo Slovenije

t: 01 330 36 78

e: friderik.knez@zag.si

www.zag.si

Uvod

Les je vedno bolj priljubljen gradbeni material tako kot konstrukcijski material kot tudi material, iz katerega so narejene obloge, fasade in seveda stavbno pohištvo. Po svoji naravi je les organski polimer, v grobem sestavljen iz celuloze, hemiceluloze in lignina. Je gorljiv material, požar pa je ena izmed večjih skrbi, ko les postane gradbeni material.

V času, ko se spet vračamo k lesu, se pojavlja veliko nasprotujočih si informacij o tem, kako nevaren je v resnici požar v lesenih stavbah. Poznamo dejstva, kot je na primer dejstvo, da je les gorivo in da ugasne, ko se obda z zaščitno plastjo oglja ali ko je zunanji toplotni tok premajhen, da bi vzdrževal procese pod površino lesa. Ostaja vprašanje – ali je gradnja z lesom varna?

Požar in les

Požar je pojav nekontroliranega gorenja. V trenutku, ko iz različnih razlogov ne moremo več upravljati z dinamiko gorenja, govorimo o požaru. Do požara lahko pride v naravi in grajenem okolju, v stavbah. Na splošno pogosto potekajo procesi, ki se pričnejo kot nadzorovano gorenje in nato preidejo v nenadzorovan požar. Tako se zgodi npr. vžig olja na pregreti ponvi ali hitro širjenje plamena v naravi zaradi vetra.

V nadaljevanju je podan kratek opis poteka požara, ki je splošen, vendar je za les in gradnjo z lesom zelo relevanten, saj lahko les bistveno prispeva k poteku požara v stavbi.

Faze požara v stavbah

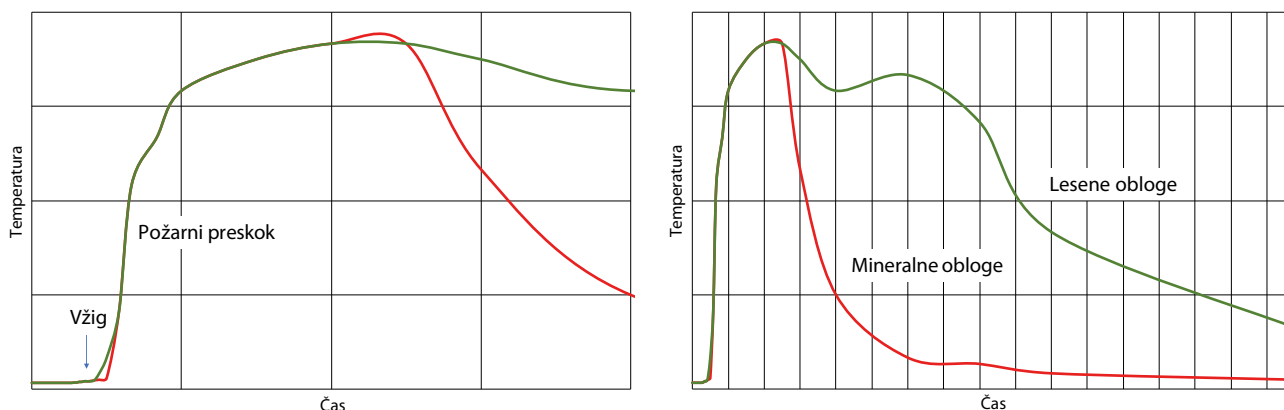
V prvi fazi poteka požar s segrevanjem goriva na temperaturo, ki je potrebna za vzdrževanje gorenja. Ta faza še ni del požara. Da ustavimo proces, preprosto odstranimo vir toplote in pustimo, da se gorivo ohladi. Pri lesu je temperatura vžiga odvisna od vrste dejavnikov, med drugim tudi od vrste lesa in s tem povezane gostote. Na splošno nekako štejemo temperaturo vžiga med 200 °C in 250 °C (Hurley, 2016), če je prisoten zunanji vir vžiga. Les se vžge sicer tudi brez prisotnosti vira vžiga, vendar to poteka pri višji temperaturi.

Ko pride do vžiga, se začne faza rasti požara. V tej fazi prihaja do segrevanja površin, ki so izpostavljene toplotnemu sevanju. Tudi sedaj še lahko ukrepamo, vendar moramo zaustaviti gorenje. To se zgodi v primeru, če se gorivo ohladi, če se zmanjša dostop kisika do goriva toliko, da pade koncentracija kisika pod kritično raven, ali če goriva zmanjka.

Dinamika gorenja je v tej fazi odvisna od dostopnosti goriva. Če goriva ni veliko, lahko le to pogori, preden se požar popolnoma razvije. V tej fazi govorimo o požaru, ki ga omejuje količina goriva (t. i. z gorivom kontroliran požar – fuel controlled fire).

V razvoju požara se v stavbah zgodi, da je segrelih veliko površin, ki se lahko vžgejo ali pa tudi ne. O tem, kaj se zgodi, govori karakteristika odziva na ogenj. V resnici gre za sestavljeno karakteristiko, o kateri bo povedano več v nadaljevanju. Segrete površine se vžgejo in s tem še povečajo gostoto toplotnega toka, ki vpada na druge, tedaj še negoreče površine. Te se hipno segrejejo in vžgejo. Zgodi se verižna reakcija, ko se v dokaj kratkem času (govorimo o kratkem času, praviloma nekaj sekund) vžgejo praktično vse gorljive površine v prostoru. Pride do požarnega preskoka. Nastane polno razvit požar, temperature lahko presežejo 1.000 °C. Ker je intenzivnost gorenja visoka, se pri tem porablja tudi veliko kisika. Navadno je dotok kisika manjši od potrebe po kisiku, zato govorimo o požaru, ki ga omejuje količina dostopnega kisika (t. i. ventilacijsko kontroliran požar – ventilation controlled fire). Pogosto govorimo o količini zraka, vendar je to narobe, saj količina kisika v zraku, ki priteka do gorečih površin, ni nujno več 21 %, ampak je lahko bistveno manjša. Polno razvitega požara praviloma ne moremo učinkovito gasiti, saj je sproščena toplotna moč prevelika za hlajenje z vodo. V tej fazi se pri gašenju osredotočamo na varovanje sosednjih požarnih sektorjev, saj je vsebina osnovnega sektorja izgubljena.

Faza polno razvitega požara oz. njen potek je odvisen predvsem od količine goriva, ki je na voljo, ter od dinamike spreminjanja goriva, če se gorivo obda s plastjo oglja. To je še posebej značilno za gorenje lesa. Pogosto lahko faza polno razvitega požara traja več ur, še posebej v primeru goriva, kot je les, ki odgoreva relativno počasi, na drugi strani pa se zgodi, da se plasti oglja luščijo z goreče površine, s čimer zaščitna plast oglja



Slika 1: Shematski potek požara (levo) in podaljšan potek požara v primeru lesenih oblog (desno)

vsakič znova popusti. Zato je treba upoštevati vpliv dodatnega goriva na potek požara (Bartlett in Law, 2020).

Prej ko slej pa goriva vendarle začne zmanjkovati. Počasi se zmanjšuje količina goriva, ki sodeluje pri gorenju. Govorimo o t. i. fazi ugašanja oz. fazi pojemajočega požara (fire decay).

Karakteristike posameznih faz požara so podane v standardu EN ISO 19706.

Požarna varnost v stavbah

Pri obvladovanju požara v stavbi se vprašamo, kaj so cilji ukrepov požarne varnosti v stavbah. Ločimo vsaj dva nivoja: nivo, ki je zagotovljen z zakonodajo in predpisanimi ukrepi, ter višji nivo, ki je urejen s posebnimi dogovori med deležniki, kot so npr. lastniki stavbe in zavarovalnice.

Cilji na prvem nivoju so usmerjeni predvsem v varovanje življenja in zdravja uporabnikov stavbe, ki se znajdejo v požaru, in

tudi vseh drugih, ki jih požar lahko neposredno ali posredno ogroža, kot so gasilci ali uporabniki sosednjih objektov. Cilji na drugem nivoju so specifični in v domeni dogovorov med zavarovalnico in zavarovancem. Zaradi hitrega razvoja materialov in rešitev, ki mu zakonodaja ne more v celoti slediti, so taki dogovori smiselni in jih velja spodbujati.

Pravilnik o požarni varnosti v stavbah (Ur. l. RS, 31/2004 in dopolnitve) v členih od 3 do 6 opredeljuje štiri segmente požarne varnosti v stavbah:

- preprečevanje širjenja požara na sosednje objekte,
- zagotavljanje nosilnosti konstrukcije (določen čas) in preprečevanje širjenja požara po stavbi,
- zagotavljanje ustreznih evakuacijskih poti in zahteve za sisteme javljanja in alarmiranja,
- zagotavljanje naprav in opreme za gašenje ter omogočanje varnega dostopa gasilcev, ki ni povezan s specifikko lesne gradnje.

Preglednica 1: Tabela pogojev v različnih fazah požara po ISO 19706

Faza požara	Toplotni tok (kW/m²)	Maksimalna temperatura (°C)		Kisik (%)		Faktor ekvivalence Φ	$\frac{V_{CO_2}}{V_{CO}}$	Izkoristek gorenja (%)
		Gorivo	Dim	Vstop	Izstop			
Brez plamena								
1a. Samovzdržno tlenje	–	450–800	25–85	20	0–20	–	0,1–1	50–90
1b. Oksidativno, zunanje sevanje		300–600	–	20	20	–	–	–
1c. Anaerobno, zunanje sevanje		100–500	–	0	0	–	–	–
S plamenom, dobra ventilacija								
2. Dobro ventiliran požar	0–60	350–650	50–500	~ 20	0–20	< 1	< 0,05	> 95
Slabo ventiliran požar								
3a. Požar v prostoru z omejenim dotokom zraka	0–30	300–600	50–500	15–20	5.Oct	> 1	0,2–0,4	70–80
3b. Po požarnem preskoku	50–150	350–650	> 600	< 15	< 5	> 1	0,1–0,4	70–90

Preprečevanje širjenja požara na sosednje objekte

Širjenje požara iz goreče stavbe na sosednje objekte lahko poteka s prenosom toplote s sevanjem in prenosom z letečimi ogorki. Prenos toplote s sevanjem je odvisen od več dejavnikov, dominantni pa sta temperatura površine oz. površine plamena, iz katerega izvira sevanje, ter emisivnost plamenskega telesa. Pomemben je tudi vidni kot med sevalno in sprejemno površino in absorptivnost sprejemne površine. Temperatura plamenskega telesa je odvisna od toplotne moči na viru požara, geometrije odprtine, skozi katero plamensko telo sega na prosto, in s tem povezanim masnim tokom vročih dimnih plinov, ter od dinamike ohlajanja plamenskega telesa. Emisivnost plamenskega telesa je dokaj kompleksen parameter. V njem namreč najdemo delce saj, ki imajo zelo visoko emisivnost – navadno jim pripišemo emisivnost 1, najdemo pa tudi pline, med njimi ogljikov dioksid in vodo, ki tudi absorbirata ali sevata v infrardečem področju. Temperatura plamenskega telesa, ki sega ven iz stavbe, je lahko zelo različna, v grobem reda velikosti 500 °C. Če gorenje poteka na zunanosti stavbe, na fasadi, so te temperature lahko višje, v takih primerih gostota sevalnega toplotnega toka doseže in preseže 50 kW/m².

Če je fasada iz gorljivega materiala, kot je les, moramo računati s tem, da lahko takšna fasadna obloga gori in da je gostota sevalnega toplotnega toka relativno visoka. Take fasade bi predstavljale tveganje za širjenje požara na sosednje stavbe, zato so za gorljive fasade, tudi lesene, skladno s slovensko zakonodajo podane omejitve v smernici TSG-1-001:2019. V njej je navedeno maksimalno število etaž lesenih fasad (izvleček).

Za enostanovanjske in večstanovanjske stavbe velja, da mora biti razred odziva na ogenj za stavbe do višine 10 m D-s3, d2 ali bolje, za stavbe z višino nad 10 m (do visokih stavb – 22m nad niveljem terena) pa vsaj B-d0.

Tudi obodne konstrukcije iz gorljivih materialov, kot je les, predstavljajo določeno požarno tveganje, večje kot ga predstavljajo mineralne, negorljive konstrukcije. Z vidika širjenja požara na sosednje objekte sta pri uporabi lesa potrebna posebna previdnost in premislek pri načrtovanju stavbe.

Zagotavljanje nosilnosti konstrukcij in preprečevanje širjenja požara po stavbi

Zagotavljanje nosilnosti konstrukcij je drugi element požarne varnosti. Ko pride do polno razvitega požara v prostoru, so po določenem času konstrukcije izpostavljene temperaturam 1.000 °C in več. Konstrukcijski materiali jeklo, beton, opeka ali les ne prenesejo dolgotrajne obremenitve s tako visoko temperaturo. Pri jeklu je običajno kritična temperatura 500 °C ali 600 °C. Armiranobetonske konstrukcije so prav tako občutljive na zelo visoke temperature ravno zaradi jeklene armature. Pri betonskih konstrukcijah lahko pride tudi do t. i. eksplozijskega luščenja betona.

Stopnjo požarne varnosti v smislu zagotavljanja nosilnosti izražamo s časom, v katerem določena konstrukcija še zagotavlja nosilnost. Če je ta čas daljši od pričakovanega trajanja požara, konstrukcija načeloma zdrži požar, če je krajši, pa odpove pred koncem požara in lahko pride tudi do porušitve.

Tudi glede te lastnosti je les drugačen. Nosilnost lesenih konstrukcijskih elementov je povezana s spreminjanjem nosilnega preseka med požarom. V požaru namreč les odgoreva s tipično hitrostjo okrog 0,6 mm/min do 0,7 mm/min. Pri tem se obdaja z zaščitno plastjo oglja, ki zmanjšuje dotok toplote do fronte pirolize lesa. Če ta tok pade pod minimalno vrednost, se piroliza ustavi. Na ta način je obnašanje lesa v požaru glede nosilnosti boljše od obnašanja jekla ali betona. Vendar v požaru vladajo turbulentne razmere in prihaja do luščenja zoglenelih plasti, zato obstaja realna nevarnost, da nikoli ne pride do zadostne debeline zaščitne plasti oglja in s tem lesen konstrukcijski element slej ko prej popusti. Pomembno je tudi, da je les kot tak gorivo. Če je lesa veliko in je izpostavljen požaru, sodeluje pri požaru in podaljšuje trajanje požara, zato velja, da je les kot material za konstrukcijske elemente lahko odličen material, če ga uporabimo na pravilen način. Če ga uporabimo napačno, pa lahko s lesom v primeru požara dosežemo tudi zelo slabe učinke.

Preglednica 2: Omejitve za vgradnjo lesenih fasad po TSG-1-001:2019

Vrsta stavbe	Največje dovoljeno število nadzemnih etaž, če ni popolne zaščite s sprinklerskim sistemom	Največje dovoljeno število nadzemnih etaž, s popolno zaščito s sprinklerskim sistemom
Gostilne, restavracije	2	4
Upravne in pisarniške stavbe	3	5
Trgovske stavbe in druge stavbe za storitveno dejavnost	2	4
Industrijske stavbe in skladišča s požarno obtežbo < 1.000 MJ/m ²	3	6
Stavbe za izobraževanje in znanstvenoraziskovalno delo	3	6

Širjenje požara po stavbi preprečujemo tako, da na obodu požarnih sektorjev zagotavljamo potrebno požarno odpornost (označeno z E ali EI po EN 13501-2). Ustrezna požarna odpornost se načeloma dosega tako, da v pričakovani smeri širjenja toplote skozi element nalagamo izolativne sloje iz materialov, ki zdržijo temperaturo požara. Pogosto se za ta namen uporabi kamena volna ali plošče iz ekspandiranega vermikulita, obstaja pa še cela vrsta primernih, vendar načeloma dražjih materialov, kot je npr. kalcijeva silikatna plošča ali volna iz keramičnih vlaken. Materiali, ki vsebujejo večjo količino kristalno vezane vode, kot so npr. mavčno kartonske plošče, pomagajo pri zaksnitvi napredovanja toplotnega vala, saj se del toplote porabi za uparjanje vode.

Konstrukcije iz lesa, bodisi okvirne ali velikoploskovne, se podrejajo enakim zakonitostim. Pri tem les odgoreva z določeno hitrostjo, približno 0,7 mm/min. Vendar moramo biti pri tem podatku zelo previdni, saj nekateri testi kažejo tudi na precej višjo hitrost, 1,0 mm/min ali celo še več. Efektivno to pomeni, da za požarno odpornost 30 minut potrebujemo tako konstrukcijo, ki bo preprečevala prodor ognja skozi konstrukcijo in hkrati dovolj nizko površinsko temperaturo na neizpostavljeni strani stene – ta temperatura je dogovorno v povprečju 140 K nad temperaturo okolice. Debelina odgorene plasti je lahko 30 mm, kar upoštevamo pri dimenzioniranju.

Poseben poudarek je treba dati tudi ugotovitvam, da je treba v primeru velikih prostorov, velikosti 100 m² ali več, pri načrtovanju metode določanja nosilnosti in dinamike požar ekstrapolirati, za kar pa ni zadostne izkustvene in eksperimentalne osnove. Prav tako so eksperimenti v velikem merilu pomanjkljivi, zato je nujno pri projektiranju lesenih, še posebej velikih prostorov, posebej paziti na upoštevanje kompleksnosti problema in predvideti dovolj rezerve (Liu in Fischer, 2022).

V primeru lesenih konstrukcij je pomembno tudi, da lahko pri lesenih konstrukcijah pride do tlenja v notranjosti konstrukcij. Zdi se, da je gorenje že ponehalo, pa se konstrukcija čez čas ponovno vžge, za kar je možen vzrok ravno tlenje, ki lahko poteka kar nekaj ur in v ekstremnih primerih celo nekaj dni od pogasitve.

Zagotavljanje ustreznih evakuacijskih poti in zahteve za sisteme za javljanje in alarmiranje

Z vidika lesa in lesene gradnje je ta segment požarne varnosti zanimiv predvsem s stališča evakuacije. Osnovni princip evakuacije je, da v objektu obstajajo vnaprej določene poti evakuacije v primeru požara v objektu. Te morajo biti varne in izvedene tako, da pomikanje po teh poteh ni onemogočeno, bodisi zaradi ognja bodisi zaradi dima. Pri tem so pomembni predvsem obložni materiali na evakuacijskih poteh oz. njihov odziv na ogenj. Seveda pa so evakuacijske poti zaščitene tudi z ustrezno požarno odpornostjo med potjo in sosednjim sektorjem, kjer lahko poteka polno razvit požar.

Les ni material, primeren za oblaganje evakuacijskih poti, tudi če je obdelan. Zahteva za zaščitena stopnišča namreč določa, da se smejo uporabiti le negorljivi materiali, kar pa les, ne glede na obdelavo, ni.

Gorenje lesa

Les je po svoji sestavi organski polimer, ki vsebuje tri glasne komponente: celulozo, hemicelulozo in lignin. Razmerje teh treh komponent je odvisno od vrste lesa. V literaturi (Hill in Rautkari, 2021) najdemo naslednjo navedbo (Preglednica 3).

Preglednica 3: Vsebnost celuloze, hemiceluloze in lignina v lesu

	Mehak les	Trd les
Celuloza (%)	33–42	38–51
Hemiceluloza (%)	20–40	17–38
Lignin (%)	27–32	22–31

Pri gorenju lesa poteka piroliza – toplota, ki jo površina lesa običajno dobi s sevanjem, dvigne površinsko temperaturo lesa. Ustvari se temperaturni gradient in toplotni val potuje s površine, kjer je temperatura višja, v notranjost, kjer je temperatura nižja. Pri tem segreva posamezne sloje lesa, zato jim raste temperatura. Ko je temperatura v opazovanem sloju dovolj visoka, tj. okrog 300 °C, se začne razkroj molekul celuloze. To je tudi meja, pri kateri štejemo, da les nima več nosilnih lastnosti, saj že poteka razgradnja osnovnih gradnikov lesa.

Molekule se s pomočjo toplotne energije razgradijo na manjše frakcije, ki pa so pri tej temperaturi v plinasti fazi. Proces poteka v notranjosti lesa z zelo omejenim dostopom kisika. Piroliza je endotermni proces, torej je za njen potek potreben stalen dotok toplote. Uparjene frakcije zaradi tlačnih razlik silijo iz lesa na prosto. Plini dosežejo površino, ki je obremenjena s sevanjem. Pri tem se še dodatno segrejejo. Če naletijo na zunanji vir vžiga, se takoj vžgejo. Če tega vira ni, se vžgejo, če je temperatura površine dovolj visoka. Običajno obravnavamo prvi primer, saj so viri vžiga zelo pogosto prisotni.

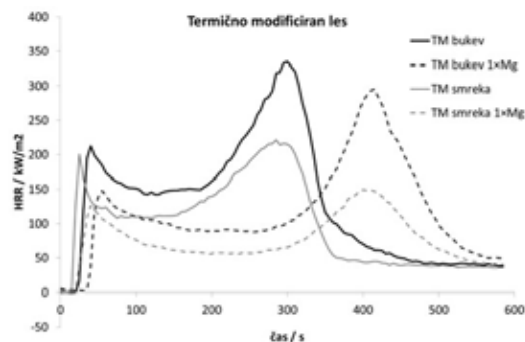
Spodnji indeks gorenja (LOI – limiting oxygen index) je pri lesu okrog 25 % (Schirp in Schwartz, 2021). To pomeni, da proces gorenja ne poteka, če ni zunanjih dejavnikov, ki gorenje vzdržujejo. V primeru lesa je to zunanji dotok toplote, ki lahko izvira iz procesa gorenja samega, če je les zložen tako, da posamezna polena sevajo druga na drugo. Če pa kos lesa osamimo, bo ta kos sam ugasnil, če nima zunanjega vira sevanja. V literaturi (npr. Hurley, 2016) lahko najdemo podrobnejši opis procesa pirolize in gorenja.

Mineralizacija lesa

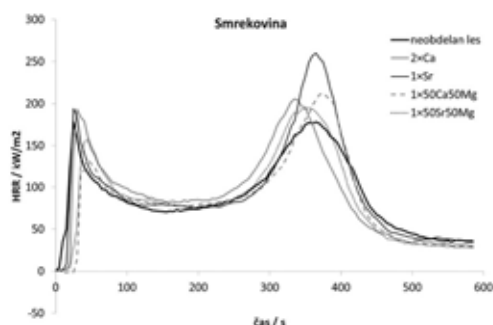
Ker je les organski, gorljiv material, poteka precej prizadevanj za njegovo modifikacijo. Večinoma so ta prizadevanja usmerjena v izboljševanje lastnosti glede trajnosti (obstoynosti) lesa. Dokaj dobro poznan mehanizem vplivanja na lastnosti lesa je termična modifikacija. Pri tem procesu gre za segrevanje lesa v neoksidativni atmosferi. Temperatura, pri kateri poteka proces, je eden od krmilnih parametrov, v splošnem pa proces poteka pri temperaturi med 160 °C in 240 °C. Slabost tega procesa je poslabšanje mehanskih lastnosti lesa in tudi poslabšanje odziva na ogenj lesa, ki je termično modificiran. Drug postopek spreminjanja lastnosti lesa, kjer izboljšujemo tudi odziv na ogenj, je mineralizacija lesa.



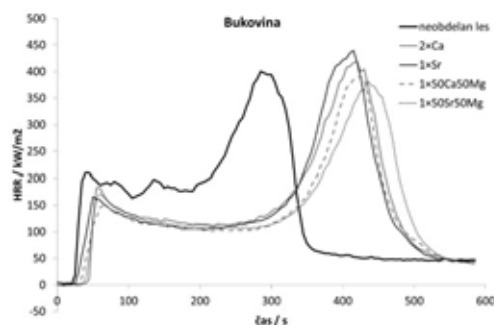
Slika 2: Primer naravnega lesa smreke (levo) in lesa smreke po postopku mineralizacije (desno) po preskušanju s konusnim kalorimetrom (ISO 5660-1) pri izpostavitvi toplotnemu toku 50 kW/m²



Slika 4: Primer odziva termično obdelanega lesa smreke in bukve pred in po mineralizaciji z magnezijevim karbonatom



Slika 3: Primerjava stopnje sproščene toplote (heat release rate – HRR) pri naravnem in mineraliziranem lesu smreke in bukve. Za mineralizacijo so bile uporabljene različne raztopine – kalcijev, stroncijev karbonat in kombinacija kalcijevega oz. stroncijevega karbonata in magnezijevega karbonata.



V Laboratoriju za polimere Zavoda za gradbeništvo že vrsto let raziskujejo možnosti izboljšanja požarnih in drugih lastnosti lesa s pomočjo mineralizacije, tj. z dodajanjem anorganskih mineralov organskim molekulam lesa. Običajno pri tem postopku les namakamo v različnih raztopinah, postopek pa je učinkovitejši v pogojih zvišanega ali znižanega tlaka oz. kombinaciji obeh pogojev. Zaradi dodanih mineralov se odziv lesa na ogenj spremeni. Učinkovitost izboljšanja požarnih lastnosti je odvisna od vrste lesa, postopka mineralizacije in vrste vgrajenih mineralov. Mineralizacija lesa je mogoča tudi pri termično obdelanem lesu, kjer običajno izmerimo slabši odziv na ogenj kot pri termično neobdelanem, naravnem lesu. Po mineralizaciji ima termično obdelan les lahko celo boljši odziv na ogenj kot naravni les (Pondelak idr., 2021; Repič idr., 2023).

Pri meritvi vzorec obsevamo s toplotnim tokom 50 kW/m². Ko se vzorec dovolj segreje, se sproščeni plini, ki izhajajo iz vzorca, vžgejo in izmerimo sproščeno toplotno moč. Pri mineraliziranem lesu opazimo, da je sproščanje toplote časovno zakasnjeno v primerjavi z naravnim lesom, kar pomeni, da mineralizacija lesa nekoliko zakasni sproščanje energije in s tem razvoj požara.

Določanje požarne odpornosti in odziva na ogenj

V prvi fazi požara, ko požar napreduje znotraj omejenega področja, požarnega sektorja, je na voljo nekaj časa, da sami pogasimo požar. Če to ni mogoče, mora biti na voljo dovolj časa, da se vse osebe iz požarnega sektorja, v katerem je požar, še pravočasno umaknejo na varno. V stavbah, kjer pričakujemo

daljši čas evakuacije zaradi velikega števila oseb, so zahteve za požarne lastnosti vgrajenih materialov strožje.

V začetni fazi požara na čas, ki je na voljo za umik oseb iz prostora nastanka požara, ključno vpliva gorljivost površin v prostoru izvora požara. Po požarnem preskoku, ko v prostoru zaradi temperature zelo hitro začnejo goreti vse gorljive površine, ni več mogoče reševanje iz tega prostora. Takrat zadržujemo širjenje požara z elementi na meji požarnih sektorjev toliko časa, da se vse osebe lahko umaknejo iz objekta, poleg tega pa je še omogočeno posredovanje gasilcev. V tej fazi požara je ključna zadostna požarna odpornost konstrukcij na meji požarnega sektorja.

Odziv na ogenj

Gradbenim proizvodom, ki lahko sodelujejo v požaru, določamo požarne lastnosti glede na njihovo obnašanje v različnih fazah požara. V prvi fazi požara gradbeni proizvodi lahko prispevajo k razvoju požara. Govorimo o gorljivih materialih oz. proizvodih. Kadar so materiali negorljivi, ne prispevajo k razvoju požara. Prispevek k požaru se ocenjuje glede na vžig materiala, hitrost širjenja plamena po površini, sproščanje toplote in dima, morebitno goreče kapljanje in odpadanje gorečih delcev med gorenjem ter glede na kalorično vrednost materiala.

Negorljivi materiali se uvrščajo v razrede A1 ali A2. To so materiali, katerih prispevek v požaru je zanemarljiv. Gorljivi materiali se uvrščajo v razrede: težko vnetljivi materiali (razred B in C),



Slika 5: Preskus požarne odpornosti lesene obloge

normalno vnetljivi (razred D in E) in lahko vnetljivi (razred F). Za klasifikacijo v razrede B, C ali D je treba preskušati po standardu EN 13823 (SBI) in z malim plamenom po standardu EN ISO 11925-2, ki simulira pogoje pri gorenju plamena vžigalnika. Z meritvijo po standardu EN 13823 lahko gradbene proizvode glede količine sproščenega dima uvrščamo v razrede s1, s2 in s3. Glede prisotnosti gorečih padajočih delcev ali kapelj se proizvodi lahko uvrščajo v razrede d0, d1 in d2.

Les kot gradbeni material v obliki plošč običajno dosega razred D-s2, d0 ali D-s2, d2, odvisno od načina vgradnje. Na gorljivost lesa in s tem na razred odziva na ogenj lahko vplivamo z obdelavo lesa. Lesu lahko s stiskanjem povečamo gostoto, ga toplotno obdelamo, premažemo, namakamo v raztopine topil. Nekateri premazi ali raztopine, v katere se les namoči, lahko vsebujejo spojine, ki so zaviralci gorenja in izboljšajo požarne lastnosti. Z dodajanjem zaviralcev gorenja lahko les doseže tudi razred odziva na ogenj B. Zaviralci gorenja so pogosto toksične ali potencialno toksične spojine, zato veliko raziskav poteka v smeri drugačnih rešitev. Ena od teh je mineralizacija lesa, kjer v les s pomočjo raztopin dodajamo anorganske snovi.

Dimni plini

Med standardnim preskušanjem odziva na ogenj merimo tudi nastajanje dima in določamo njihovo optično gostoto, ključno za evakuacijo. Ne merimo pa sestave dimnih plinov in s tem povezane toksičnosti dimnih plinov. Na Zavodu za gradbeništvo Slovenije smo zato razvili metodo, ki temelji na sežigu vzorca v atmosferi s kontrolirano količino kisika. Uporabljamo izboljšano in razširjeno metodo ISO 5660-5, ki omogoča neposredno merjenje sestave dimnih plinov (Knez idr., 2021).

Pri gorenju lesa se sprošča ogljikov dioksid in, odvisno od pogojev, ogljikov monoksid. Predvsem slednji je strupen plin. Ogljikov monoksid se v požaru ne sprošča le iz lesa, ampak tudi

iz drugih goriv, ki gorijo v realnem požaru. Preskusi določanja sestave dimnih plinov, ki jih izvajamo na lesu, bodisi naravnem bodisi modificiranem, pokažejo, da se pri gorenju lesa sprošča formaldehid. Zaznamo tudi spojine iz družine PAH. Te spojine spadajo med kronično toksične spojine. Za določitev količine in dejanske toksičnosti dimnih plinov lesa je potrebnih še precej dodatnih raziskav, zdi pa se, da te količine vendarle niso tako velike, da bi predstavljale tveganje, razen za poklice, kjer je izpostavljenost dimnim plinom lesa bistveno povečana.

Požarna odpornost

Pri polno razvitem požaru v požarnem sektorju gradbeni proizvodi na meji s sosednjimi požarnimi sektorji prevzamejo vlogo zaščite pred prenosom požara. Glede na to vlogo so predvideni požarni testi, s katerimi določamo čas, v katerem proizvod ohranja predvidene funkcije, npr. nosilnost, celovitost, izolativnost in druge. Nekateri elementi, npr. stebri in nosilci, morajo ohranjati funkcijo znotraj požarnega sektorja, kjer je polno razvit požar, saj je njihova funkcija podpora stropa požarnega sektorja, ki ga želimo zaščititi. Skozi požarne sektorje prehajajo tudi ventilacijski kanali in kanali za odvod dima in toplote, kabli, cevi ipd. Preboji skozi steno ali strop ne smejo prenašati požara v sosednji požarni sektor.



Slika 6: Nosilna lesena lepljena plošča po eni uri preskušanja pri polno razvitem požaru (na dveh nasprotnih robovih plošča ni bila izpostavljena pogojem požara)

Glede na funkcijo, ki jo opravlja določen element v primeru požara, je predviden preskus funkcije v pogojih, ki simulirajo požar. Standardne požarne pogoje zagotovimo v pečeh, kjer kontroliramo temperaturo in tlak. Za elemente na meji požarnih sektorjev je predvideno opazovanje celovitosti (E) in merjenje izolativnosti (I) na požaru neizpostavljeni strani, za nosilne elemente, merjenje nosilnosti (R). Poleg naštetih osnovnih lastnosti se lahko posameznim elementom določajo tudi druge lastnosti, npr. dimotesnost (S). Element lahko ima eno ali več določenih lastnosti: za nosilne stene in stropove kombinacijo treh lastnosti: REI. V klasifikaciji je poleg merjenih lastnosti določen tudi čas v minutah, v katerem vrednosti kriterijev niso bile presežene in so bile lastnosti ohranjene, npr. REI 30.

Ne glede na to, da je les normalno vnetljiv material, lahko zadrži prenos požara na sosednji požarni sektor kar nekaj časa. Ohranja tudi nosilno funkcijo, saj so običajno leseni nosilni elementi predimenzionirani. Les v požaru odgoreva po debelini približno 0,6 do 0,7 mm/min, odvisno od vrste in gostote lesa.

Preskušanje lesenih konstrukcij

Na Zavodu za gradbeništvo Slovenije že vrsto let proučujemo obnašanje lesa in lesenih elementov v požaru. Pri tem izvajamo standardizirane preskuse, ki so praviloma vedno dopolnjeni z dodatnimi tipali. Preskuse izvajamo z uporabo različnih požarnih krivulj, tako standardne požarne krivulje po ISO 834 kot tudi po drugih, poljubnih krivuljah.

Kriteriji, ki jih pri tem opazujemo, so pomiki in deformacije, velikost nosilnega preseka in temperature na neizpostavljeni strani.

Preskusi nosilcev

Preskušanje obremenjenih nosilcev poteka po standardu EN 1365-3. Nosilci so med preskusom obremenjeni. Sila, s katero pritismo na nosilec, se določi vnaprej, laboratorij pa ima na voljo dvotočkovno obremenitev s silo do 45 ton na točko. Običajna preskušena, izpostavljena dolžina nosilca, je 4 m ali 6 m.

Zanimivo je tudi preskušanje hitrosti oglenenja neobremenjenih lepljenih segmentov nosilnih elementov v peči v scenariju standardnega požara. Preskusi, ki so bili izvedeni, so pokazali hitrost oglenenja okrog 0,65 mm/min, kar se sklada z napovedmi.

Ključni namen tovrstnih testov je pridobiti eksperimentalne podatke za validacijo numeričnih modelov za napovedovanje nosilnosti lesenih nosilcev v požaru v primeru različnih požarnih scenarijev. Preskusi kažejo, da je obnašanje lesenih nosilcev v požaru mogoče pravilno napovedati z uporabo naprednih numeričnih metod. S tem je gradnja z lesom zanesljivejša.

Preskusi lesenih plošč

Preskušanje nosilnih lesenih plošč poteka po standardu EN 1365-2. Tudi pri teh preskusih lahko uporabimo poljubno požarno krivuljo. Običajna velikost plošče v laboratoriju je 6 m × 4 m.

Med preskusom z obremenitvijo pride do odgorevanja ognju izpostavljene plasti. Zaščitna plast oglja se lahko, tako se je izkazalo med različnimi testi, odluči, oz. se plošča razsloji in zaščita lahko odpade. Predvidevamo, da je del vzroka za to tudi deformacija plošče zaradi obremenitve in konstantnega spreminjanja nosilnega preseka plošče.

Modelni testi

Poleg standardnih testov v Požarnem laboratoriju Zavoda za gradbeništvo Slovenije opravljamo tudi modelne raziskave in raziskave v srednjem in polnem merilu. Tako smo pred nekaj leti izvedli študijo širjenja požara po modelni leseni stavbi, ki je bila izdelana iz ivernih plošč. Namen testiranja je bil ugotoviti približen potek in dinamiko širjenja požara po stavbi. Po pričakovanju se požar v dokaj kratkem času razširi na celotno stavbo.

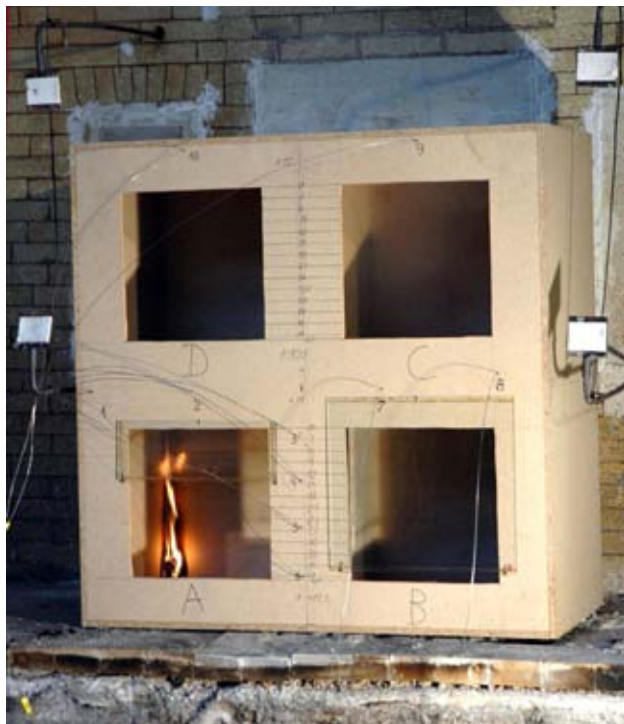
V zadnjem času tudi v literaturi najdemo primere eksperimentov v naravnem merilu, ki v grobem potrjujejo rezultate modelnih eksperimentov. Zaradi raznolikosti primerov in množice vplivnih faktorjev (geometrija odprtín, požarna obtežba, razporeditev dodatne obtežbe v oblogah, odpadanje in razslojevanje oblog, vidni faktorji med posameznimi gorljivimi površinami, fizikalne lastnosti površin itd.) pa danes še ne znamo z visoko gotovostjo napovedati obnašanja določene požarne celice. Projektiranje takih primerov je težavno in zahteva veliko premisleka ter uporabo cele vrste naprednih orodij.

Zaključek

Gradnja z lesom je širši trend. Ima kopico prednosti, a prinaša tudi tveganja. Eno teh je obnašanje lesenih stavb v primeru požara. Dobra novica je, da lahko ta tveganja z zadostnim znanjem in pametnim pristopom sprejemljivo obvladujemo. Slaba novica pa je, da je podcenjevanje kompleksnosti projektiranja lesenih stavb glede požara in za to potrebnega znanja lahko usodno in se konča z velikimi požari. Kot zadnja misel zato priporočilo: les da, vendar zelo preišljeno.



Slika 8: Preskus lesene plošče



Slika 9: Sekvenca napredovanj požara po modelni leseni stavbi

Viri:

Bartlett, A., in Law, A. (2020). Influence of excess fuel from timber lined compartments. *Construction and Building Materials* 235.
 Hill, C., Altgen, M., in Rautkari, L. (2021). Thermal modification of wood-a review: chemical changes and hygroscopicity. *J Mater Sci*.
 Hurley, M. J. (ed.) (2016). *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th Edition. Society of fire protection Engineers, Springer Science + Business Media.
 Knez, F., Uršič, M., Knez, N., Peeters, K., Franko, M., in Zidar, P. (2021). Use of the modified controlled atmosphere cone calorimeter for the assessment of fire effluents generated by burning wood under different ventilation conditions. *Fire and materials*.
 Liu, J., in Fischer, E. C. (2022). Review of large scale CLT compartment fire tests. *Construction and Building Materials*, 316.
 Pondelak, A., Sever Škapin, A., Knez, N., Knez, F., in Pazlar, T. (2021). Improving the flame retardancy of wood using an eco-friendly

mineralisation process. *Green Chemistry*, 23, zv. 3.
 Repič, R., Pondelak, A., Kržišnik, D., Humar, M., Knez, N., Knez, F., in Sever Škapin, A. (2023). Environmentally friendly protection of European beech against fire and fungal decay using a combination of thermal modification and mineralisation. *Wood material science & engineering*.
 Schirp, A., in Schwarz, B. (2021). Influence of compounding conditions, treatment of wood particles with fire-retardant and artificial weathering on properties of wood-polymer composites for facade application. *European Journal of Wood and Wood Products*, 79.
 Tarasov, D., Leitch, M., in Fatehi, P. (2018). Lignin-carbohydrate complexes: properties, applications, analyses, and methods of extraction: a review. *Biotechnol Biofuels* 11.

Z eksperimentalnimi in numeričnimi analizami do potresno odpornih konstrukcij iz križem lepljenega lesa

dr. Boris Azinovič,
Luka Naumovski, mag.,
dr. Meta Kržan,
dr. Tomaž Pazlar

Zavod za gradbeništvo Slovenije
t: 01 280 44 63
e: boris.azinovic@zag.si
luka.naumovski@zag.si
meta.krzan@zag.si
tomaz.pazlar@zag.si
www.zag.si

Uvod

Delež gradnje lesenih stanovanjskih in poslovnih objektov v Evropi in po svetu strmo narašča, tudi zaradi trajnostnega potenciala tega edinstvenega materiala (obnovljiv vir in krožna uporaba), udobne klime, počutja v lesenih stavbah, njihove energetske učinkovitosti in hitrosti gradnje. Največji delež pri gradnji z lesom še vedno predstavlja lahka okvirna gradnja, pri kateri okvirni stenski paneli prenašajo navpične obremenitve, togost in strižno nosilnost pa zagotavljajo v kombinaciji z obložnimi ploščami, pritrjenimi na leseni okvir z različnimi veznimi sredstvi. Prednosti okvirnih panelov predstavljajo zlasti nizka teža, dobra toplotna in zvočna izolativnost. V tujini (Severna Amerika) se zato uporabljajo tudi za gradnjo objektov s pet in več etažami, tudi na potresnih območjih. Največji razmah gradnje visokih lesenih objektov je v zadnjih letih omogočila uporaba križno lepljenega lesa (CLT), kar dokazuje tudi pregled več kot 350 že izvedenih lesenih stavb med letoma 2000 in 2021 (Svatoš-Ražnjevič idr., 2022). Svatoš-Ražnjevič idr. (2022) ugotavljajo tudi, da je v bližnji prihodnosti načrtovanih več lesenih stavb, višjih od desetih nadstropij. Kljub temu pa zaradi dinamičnih vplivov vetra in potresa povsem lesene visoke zgradbe še vedno niso pogoste ter so največkrat načrtovane in zgrajene v kombinaciji z betonom ali jeklom (t. i. hibridne stavbe).

Pri načrtovanju večnadstropnih CLT stavb na potresno ogroženih območjih, kot je tudi Slovenija, je treba upoštevati tudi njihov potresni odziv, saj je ta v večini primerov merodajen za dimenzioniranje stavbe. Čeprav je po svetu že zgrajenih kar nekaj visokih CLT stavb, pa z njimi na potresnih območjih ni veliko izkušenj. Pri potresih se pri takšnih konstrukcijah dissipacijo energije praviloma zagotavlja s pravilno zasnovanimi spoji med posameznimi lesenimi elementi. Ker v trenutnem standardu za načrtovanje lesenih konstrukcij Evrokod 5 (SIST EN 1995-1-1:2004) in standardu za potresno analizo konstrukcij Evrokod 8 (SIST EN 1998-1:2004) CLT konstrukcije še niso celostno obravnavane, se v praksi pojavlja precej vprašanj, zlasti pri načrtovanju posameznih detajlov, konstrukcijskih elementov in tudi celotnih stavb. Z namenom poglobitve znanja glede odziva CLT konstrukcij je bilo v preteklih dvajsetih letih izvedenih veliko raziskav, s katerimi je bilo dokazano, da so le-

sene stavbe lahko varna in učinkovita ter trajnostna alternativa betonskim, jeklenim in zidanim stavbam na potresno ogroženih območjih.

V prispevku je podano stanje tehnike s področja poznavanja potresnega obnašanja CLT konstrukcij, ki mu sledi predstavitev raziskav konstrukcijskih elementov in spojev, izvedenih na Zavodu za gradbeništvo Slovenije (ZAG) v sodelovanju s tujimi podjetji in njihovimi zastopniki v Sloveniji. Nadalje so v prispevku prikazane tudi napredne numerične analize 12-nadstropne CLT stavbe, ki je bila načrtovana po predlogu novih evropskih predpisov Evrokod 8 in umeščena na potresno ogroženo območje Ljubljane.

Stanje tehnike

Zaradi načrtovanja novih proizvodnih obratov in krepitve v obstoječih, se bo proizvodnja CLT v bližnji prihodnosti povečala tako v Evropi kot tudi drugod po svetu (Brandner idr., 2016). Osnovne lastnosti CLT (tj. dobre materialne lastnosti, kot sta nosilnost in togost) omogočajo gradnjo kompleksnejših in višjih stavb. Pri načrtovanju kompleksnih lesenih stavb se pojavijo številni izzivi, ki terjajo celovit pristop (Fink idr., 2022). Poleg zagotavljanja mehanske odpornosti in stabilnosti je zaradi vnetljivosti lesa nujno požarno odporno načrtovanje (Buchanan idr., 2014; Gerard idr., 2013; Östman idr., 2018; Östman in Kälssner, 2011). Izpostavljenost vlagi med gradnjo kot tudi med uporabo (npr. namočitev, pojav kondenzacije, puščanje vodovodnih napeljav) predstavlja veliko tveganje, saj so izpostavljena mesta bolj podvržena pojavu volumskih sprememb, napadu gliv in insektov ter poškodbam lesa (Naumovski, 2019; Olsson, 2021; Schmidt idr., 2019). Nedavne raziskave ugotavljajo, da so večnadstropne lesene stavbe bolj občutljive na obtežbo z vetrom v primerjavi s tradicionalnimi konstrukcijskimi sistemi iz jekla in betona; izkaže se, da je pogosto bolj kot mejno stanje nosilnosti celotne stavbe problematično izpolnjevanje zahtev glede mejnega stanja uporabnosti v višjih nadstropjih (Abrahamsen idr., 2020; Kurent idr., 2023; Landel, 2022).

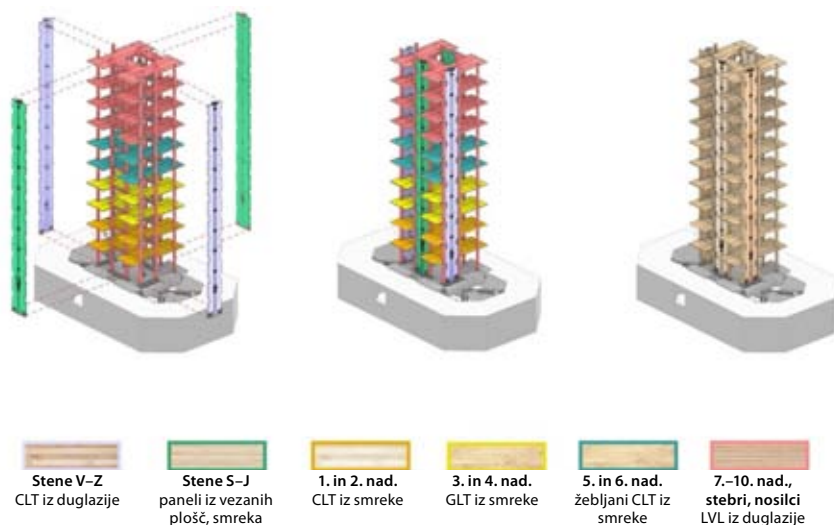
Poleg navedenega velik izziv na potresnih območjih predstavlja tudi doseganje ustreznih potresnih odpornosti. Raziskovanje in razvoj sta bila v preteklih letih osredotočena na vredno-

tenje odziva tipičnih in inovativnih spojev, saj je njihova vloga v primeru potresa bistvena – predstavljajo namreč duktilne povezave med togimi CLT paneli (Gavrić idr., 2015; Latour in Rizzano, 2015; Polastri idr., 2017; Scotta idr., 2016). Način stikovanja stenastih CLT konstrukcij (Li idr., 2022) oz. različne lastnosti veznih sredstev in spojev (npr. togost, koeficient trenja) vplivajo na končno togost konstrukcijskega sistema, s tem pa tudi na nihajni čas in nihajne oblike, kar opredeljuje potresne sile. Poleg tega nam eksperimentalni podatki omogočajo načrtovanje po metodi načrtovanja nosilnosti. Slednje je pogosto v potresnem inženirstvu in v primerjavi z ostalimi inženirskimi metodami omogoča določitev mest, kjer se bo sipala potresna energija in bodo nastale poškodbe, ter varuje lokacije, kjer poškodbe med potresom niso dopustne. Inovativni spoji in vezna sredstva, razvita v zadnjih nekaj letih, omogočajo povečanje stopnje prefabrikacije in pospešitev procesa gradnje ter izboljšanje potresne odpornosti (npr. Xbracket, XL-stub, X-RAD, Holz–Stahl–Komposit System, »Posttensioned Rocking Shear Walls«).

Eksperimentalne raziskave, ki so najbližje realnemu potresnemu odzivu stavbe, se izvajajo na potresnih mizah, kjer se lahko preskusi tudi stavbo v naravnem merilu in jo izpostavi potresnim vzbujanjem, izmerjenim v preteklosti. V letu 2007 so tako v okviru projekta SOFIE (Ceccotti idr., 2013) izvedli prvi večji preskus sedemnadstropne CLT stavbe na potresni mizi NIED v Tsukubi na Japonskem. Preskus na stavbi, ki je merila v tlorisu $7,5 \times 13,5$ m in v višino 23,5 m, je pokazal malo konstrukcijskih poškodb po izpostavitvi trem močnejšim potresom: Kobe (Japonska, 1995), Nocera Umbra (Italija, 1997) in Kashiwazaki R1 (Japonska, 2007). Stavbo je bilo možno z relativno enostavnimi ukrepi obnoviti (npr. dodajanje novih spojev in sanacija poškodovanih). Po drugi strani je stavba dosegla razmeroma visoke pospeške v zgornjih nadstropjih (zaradi velike togosti stavbe), ki bi lahko povzročili poškodbe na sekundarnih elementih in

nevarnost ljudem zaradi padca opreme oz. predmetov. Zaradi tega so se nadaljnje raziskave osredotočile na izboljšanje odziva CLT konstrukcij, da bi preprečili poškodovanost nekonstrukcijskih elementov in dosegli boljše sipanje potresne energije. Letos maja so tako na Univerzi Kalifornija v San Diegu (UCSD) na največji zunanji potresni mizi na svetu preskusili desetnadstropno stavbo iz CLT (Slika 1), ki je vključevala poseben konstrukcijski sistem s CLT stenami, prednapetimi jeklenimi kabli in jeklenimi spoji za sipanje potresne energije (Pei idr., 2023). Stavba je bila v prvih treh nadstropjih delno dokončana, tako da se je lahko analiziral tudi vpliv potresa na nekonstrukcijske elemente in fasado. Stavba je bila obremenjena v vseh treh smereh z obtežbo, enakovredno potresoma Northridge (ZDA, 1994) in Chi Chi (Tajvan, 1999). Prvotne analize kažejo, da je stavba ostala nepoškodovana po obeh potresih. Podrobni rezultati preskušanja še niso objavljeni, zato še ni mogoče kritično oceniti razvitega koncepta za gradnjo na potresnih območjih.

Raziskave zadnjih dvajsetih let se v Evropi odražajo v razvoju nove verzije standardov Evrokod (Follesa idr., 2018), ki so trenutno na voljo le kot osnutek (prEN 1998-1:2022) in bodo sprejeti kot obvezni za uporabo pri projektiranju predvidoma leta 2028. V trenutnem osnutku je določena delitev CLT konstrukcij glede na zmožnost sipanja energije, in sicer na: a) konstrukcije z velikimi monolitnimi CLT stenami oz. stavbe z nizko in b) srednjo zmožnostjo sipanja energije ter c) konstrukcije s segmentiranimi CLT stenami oz. stavbe z visoko stopnjo sipanja energije. Osnutek standarda trenutno omejuje višino CLT stavb. Predvideva se, da se do višine stavbe 20 m lahko uporablja določila standarda in linearne analize oz. poenostavljen postopek načrtovanja. Zaradi relativno malo eksperimentalnih podatkov in izkušenj iz preteklih potresov je za višje in kompleksnejše stavbe zahtevana uporaba natančnejših nelinearnih metod načrtovanja.



Slika 1: Preskušena desetnadstropna stavba: preskušanec na potresni mizi in shematski prikaz konstrukcijskega sistema stavbe (povzeto po Pei idr. 2023 in LEVER architecture).

*GLT = lepljeni lamelirani leseni elementi, LVL = slojnat furnirni les

Z eksperimentalnim delom podprt razvoj potresno odpornih CLT konstrukcij

Eksperimentalno delo predstavlja izhodišče za določanje mehanskih karakteristik materialov, razumevanje in določanje parametrov obnašanja konstrukcijskih elementov, njihovih stikov in navsezadnje konstrukcij. Obenem je osnova za njihovo analitično oz. numerično modeliranje. V prispevku je kot primer raziskav za poglobljeno razumevanje potresnega obnašanja ter nadaljnjo optimizacijo detajlov in lesenih konstrukcijskih elementov predstavljena obsežna eksperimentalna študija, ki je obravnavala konstrukcijski sistem iz križno lepljenega lesa (CLT) na dveh nivojih – obravnavani so bili tako posamezni stiki kot tudi obnašanje konstrukcijskega sistema na nivoju elementov.

Na področju lesa in lesenih konstrukcij se ZAG ukvarja s preiskavami za razvoj oz. optimizacijo stikov in konstrukcijskih elementov pri potresnih obremenitvah in z razvojem analitičnih in numeričnih metod za potresno analizo. Oboje je bistvenega pomena za opredelitve priporočil oz. zahtev za načrtovanje konstrukcij na potresnih območjih.

Določeni konstrukcijski elementi in detajli lesenih konstrukcij so že dolgo v uporabi, vendar so se z zahtevnejšimi objekti in sodobnimi pristopi načrtovanja pojavile zahteve po poglobljeni analizi obnašanja in določitvi dodatnih parametrov obnašanja (Rinaldin idr., 2013). Tako se pri sodobnem načrtovanju lesenih konstrukcij poleg nosilnosti upošteva tudi mejne pomicke, duktilnost (sposobnost deformacije v plastičnem območju), togost, disipacijo energije ipd. Potreba po eksperimentalnih preiskavah se pojavlja tudi z razvojem novih rešitev, bodisi detajlov ali konstrukcijskih elementov za vedno bolj zahtevne lesene konstrukcije, ki so največkrat izdelane iz CLT. Pogosto se preskuša tudi rešitve, ki so že v uporabi na nepotresnih območjih, za njihovo aplikacijo na objekti z večjimi potresnimi obremenitvami.

Preiskave inovativnih strižnih kotnikov

Za preprečitev prenašanja zvoka v lesenih konstrukcijah se v praksi pogosto uporablja posebne poliuretanske elastomerne trakove, ki se namestijo med stenske CLT panele in medetažno konstrukcijo. Za učinkovitejšo zaščito pred hrupom se uporabljajo tudi inovativni zvočno izolirani kovinski kotniki, katerih posebnost ni zgolj preprečevanje prenosa zvoka, temveč rela-

tivno velika strižna in natezna nosilnost in s tem nadomestitev običajnih strižnih in dvizžnih kotnikov (Getzner, 2018). Gre za že uporabljeno rešitev na nepotresnih območjih, izvedeni preskusi pa služijo za dokazovanje uporabnosti teh proizvodov na potresnih območjih.

Za določitev mehanskih lastnosti predstavljenih stikov so bile zasnovane strižne in natezno/tlačne monotone in ciklične preiskave stikov CLT panelov z enim samim kotnikom (Kržan in Azinovič, 2021), s katerimi se je želel analizirati vpliv izolacije med paneli pri potresni obremenitvi. Analiza je obsegala vpliv različnih vrst izolacije ter vpliv velikosti navpičnih obremenitev, ki (s pretežno upogibnim ali strižnim mehanizmom) v veliki meri definirajo obnašanje konstrukcijskega sistema med potresom. Slika 2b prikazuje poškodbe stika pri preskušancu z izolacijo, Slika 2c pa stanje kotnika in vijakov po preiskavi.

Rezultati preskusov so pripomogli k razvoju modelov za načrtovanje in izboljšanje stikov. Na podlagi rezultatov preskusov je bilo ugotovljeno:

1. CLT spoji z inovativnimi (izoliranimi) kotniki so pri obremenitvi s strižno silo dosegli duktilni mehanizem porušitve z deformacijo vijakov in kotnika (Slika 2c).
2. Pri natezni obremenitvi se je izkazalo, da lahko nastopi krhka porušitev vijakov in stenskega CLT panela. Za rabo na potresnih območjih je zato treba spoj izboljšati, da se doseže bolj nadzorovan mehanizem porušitve v vnaprej določenem delu spoja in duktilen odziv namesto krhkega.
3. Dobljene nosilnosti potrjujejo, da je inovativni spoj zaradi zasnove spoja s poševno nameščenimi samovreznimi vijaki v CLT ploščo poleg strižnih sil sposoben prenesti tudi dvizžne sile. Vendar je v primeru hkratne natezne in strižne nosilnosti pričakovati zmanjšanje nosilnosti v obeh smereh.
4. Zvočno-izolacijska podlaga ne vpliva bistveno na nosilnost spoja niti pri strižni niti pri dvizžni/tlačni obremenitvi, precej pa prisotnost izolacije zmanjša togost konstrukcijskega sistema. Preskusi so tako pokazali, da pri analizi in načrtovanju konstrukcijskega sistema CLT z zvočno izolacijo pod CLT steno in v kotniku vpliva izolacije ne smemo zanemariti, saj lahko nevarno podcenimo velikost pomikov spojev in posledično konstrukcije.



Slika 2: a) Postavitev preiskave za strižno obremenjevanje stika CLT panelov, b) Poškodbe preskušanca z izolacijo, c) Močno deformiran kotnik z vijaki po preiskavi

5. Preskusi so pokazali pozitiven vpliv povečanja vertikalnih obremenitev na končno strižno nosilnost spoja zaradi povečanja trenjskih sil. Slednja ugotovitev je pomembna, ker se v trenutni projektantski praksi ugoden vpliv trenja večinoma zanemari. Ugoden vpliv trenja, upoštevan pri načrtovanju, bi posledično predstavljal zmanjšanje števila veznih sredstev oz. kovinskih spojev v CLT konstrukcijah na potrebnih območjih.

Za potrditev ugotovitev in še bolj poglobljeno razumevanje obnašanja celotnega konstrukcijskega sistema so bile zasnovane preiskave na CLT stenah realne velikosti pod različnimi robnimi pogoji.

Preiskave vpliva zvočne izolacije na strižno obnašanje v ravni CLT panela

Ker so v CLT konstrukcijah vedno prisotne kombinacije strižnih in nateznih sil, je bilo izvedeno tudi preskušanje na CLT stenah, da bi se še bolj približalo realnemu odzivu konstrukcij s CLT strižnimi stenami med potresi. Manjšim preskusom na posameznih spojih so tako sledile strižne preiskave CLT panelov velikosti 2,5 x 2,5 m, pritrjenih na CLT ploščo z dvema kotnikoma, enostransko (Slika 3a). Predmet preiskav je bil odziv panelov brez in z različnimi izolacijami pri različnih navpičnih obremenitvah ter analiza obnašanja stikov pri realnih obremenitvah kotnikov (kombinacija strižne in natezne obremenitve, Slika 3b).

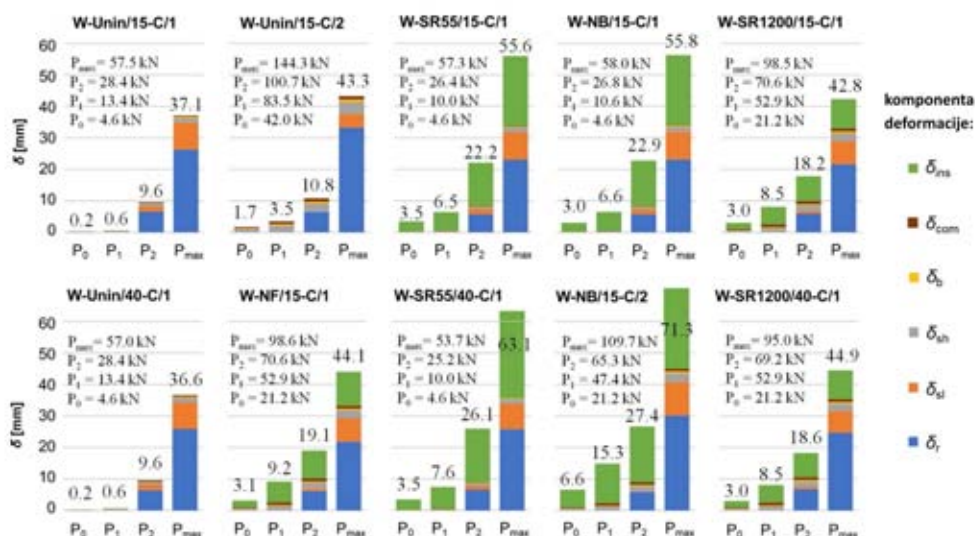
Skupni vodoravni pomik (δ) posamezne CLT stene v splošnem kot tudi pri naših preiskavah predstavlja vsoto naslednjih komponent: zibanja (δ_z), drsenja (δ_{sl}), strižne deformacije CLT (δ_{sh}) in upogibne deformacije CLT (δ_b) ter pomik zaradi zasuka stene, ki nastane kot posledica deformacij temeljne podlage. Prispevki k skupnemu pomiku na vrhu stene zaradi tlačne deformacije CLT plošče (δ_{com}) in zaradi strižne in tlačne deformacije zvočne izolacije (δ_{ins}) so upoštevani ločeno (Azinović idr., 2021). S pomočjo eksperimentalnih raziskav, izvedenih na ZAG, je bil predlagan računski model za izračun vodoravnega pomika. Z računskim modelom so bile izrednotene posamezne komponente pomikov za vse preskušene CLT stene (Slika 4). Slika 4 kaže velik vpliv izolacije in vertikalnih obremenitev na zasuke oz. pomike, kar je posebej izrazito pri doseženih maksimalnih nosilnostih (stolpec F_{max}).

Izvedeni eksperimenti so potrdili tudi, da preskušeni inovativni kotniki prenesejo obremenitve v obeh smereh in zato lahko služijo kot strižni in dvizni kotniki. Podobno kot pri manjših vzorcih je bilo ugotovljeno, da izolacija pod panelom ne vpliva na nosilnost sistema, ima pa velik vpliv na togost sistema, ki ga pri analizi potresnega objekta ne bi smeli zanemariti (Azinović idr., 2021).



Slika 3:

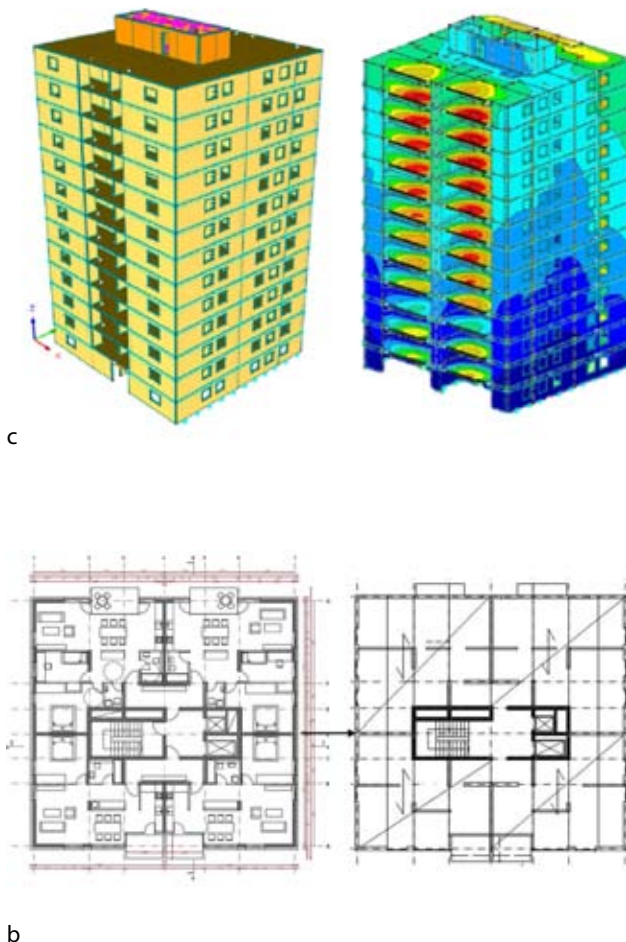
- a) Strižno obremenjevanje CLT panela,
- b) Obnašanje kotnika oz. stika pri realnih obremenitvah stenskega CLT panela



Slika 4: Analitično določeni skupni strižni pomiki (δ) za vse stene glede na definirane faze, pri čemer so prispevki posameznih komponent prikazani z različnimi barvami.

Nelinearna statična analiza večetažne stavbe iz križno lepljenega lesa

Računske analize predstavljajo temelj učinkovitega načrtovanja stavb. Na ZAG so bile izvedene podrobne analize 12-nadstropne CLT stolpnice (Slika 5). V pritličju je predvidena izgradnja prodajnih in poslovnih prostorov, v nadstropjih so predvidena stanovanja različnih velikosti. Nosilna konstrukcija objekta sestoji iz CLT panelov ter jeklenih nosilcev ob robovih oz. balkonih. Za medetažne stropne konstrukcije in strešno konstrukcijo objekta so bili privzeti CLT paneli različnih velikosti prečnega prereza (do debeline 320 mm). Navpične komunikacije (dvigala in stopnice) potekajo v škatlastem jedru iz debelejših CLT panelov, ki so po višini sestavljeni le iz treh kosov (zaradi upoštevanja maksimalne proizvodne dolžine CLT panelov). Navpična obtežba se iz medetažnih konstrukcij oz. plošč preko sten in jedra prenaša v temeljna tla. Potresno obtežbo in obtežbo z vetrom prenašajo stene in navpično jedro, medetažne plošče so predpostavljene kot toge v svoji ravnini. Skupna višina stavbe je 39 m, višina etaže 3 m, tlorisne dimenzije znašajo 21,7 m x 19,6 m (Slika 5).



Slika 5: a) Značilna prečna prereza obravnavane stavbe, b) Tipični tloris etaže z razporeditvijo CLT panelov: arhitektura in nosilna konstrukcija, c) Numerični model konstrukcije v programu RFEM v5.24

Za modeliranje stavbe na navpične obtežbe je bil uporabljen program RFEM v5.24. S pomočjo programa smo določili notranje statične količine, dimenzioniranje CLT elementov je bilo izvedeno s pomočjo programa Calculatis proizvajalca StoraEnso. Program deluje oz. računa na osnovi t. i. γ - metode, ki je vključena v dodatek B standarda EN 1995-1-1 (2014). Debelina plošč se spreminja po višini, za pritrjevanje sten se uporablja strižne in dvizne kotnike ter samovrezne vijake za povezovanje med sosednjimi CLT paneli. Končne dimenzije vseh pri načrtovanju upoštevanih nosilnih elementov so navedene v (Naumovski, 2022).

Na podlagi dimenzioniranja elementov na navpično obtežbo sta v naslednjem koraku sledili potresna analiza in opredelitev vseh spojev. Začetna razporeditev veznih sredstev in kotnikov je bila določena glede na obremenitve, izračunane iz začetne poenostavljene potresne analize (določeno na osnovi metode z vodoravnimi silami). Model, uporabljen pri potresni analizi, je bil le minimalno prilagojen glede na prvotni model za navpično obtežbo. Nadalje je bila opravljena potresna analiza s spektri odziva, pri čemer sta bila uporabljena elastični in pro-

jektalni spekter (faktor obnašanja $q = 2,0$). Elastični spekter je bil uporabljen za določitev pomikov oz. za določitev in kontrolo etažnih zamikov, medtem ko je bil projektni spekter uporabljen za določitev potresnih sil in optimizacijo spojev oz. števila veznih sredstev.

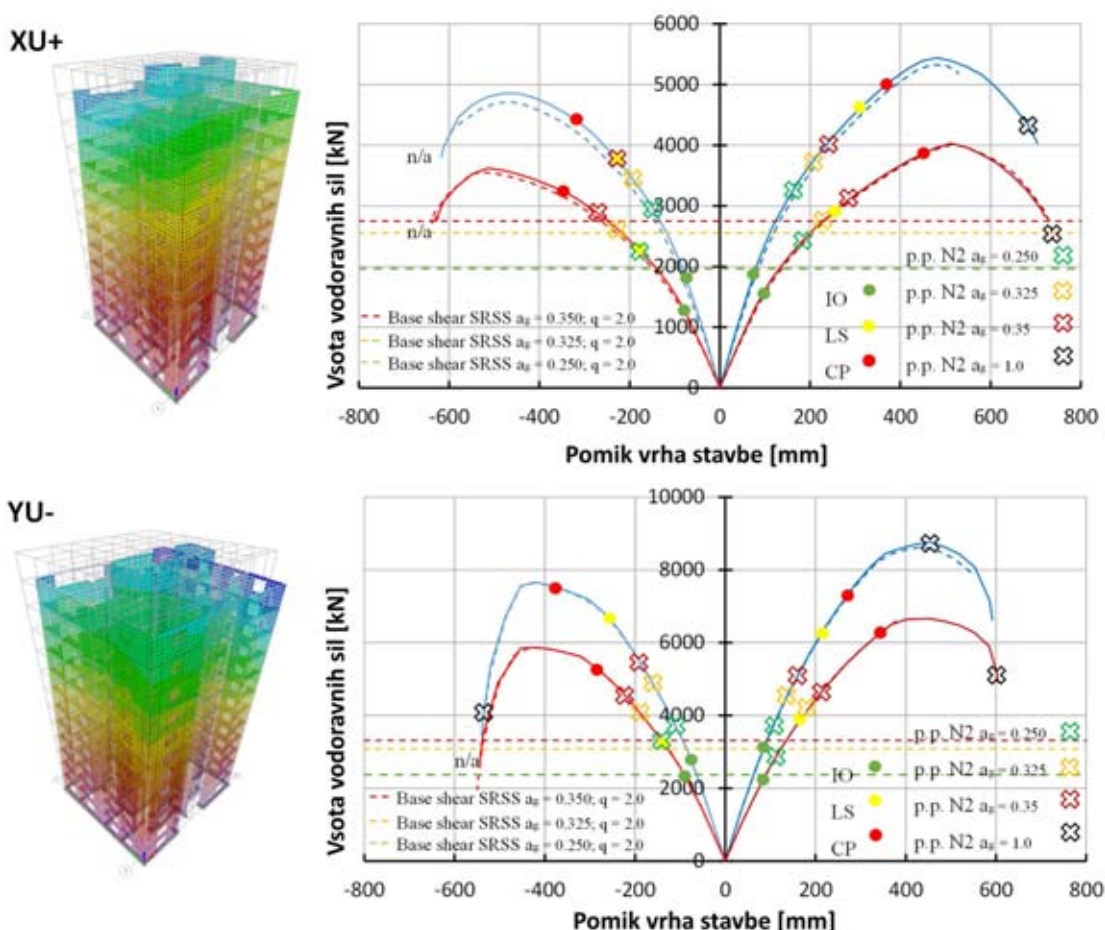
Da bi natančneje ovrednotili odziv načrtovane stavbe, so bile izvedene tudi nelinearne analize, ki lahko pokažejo tudi poškodovanost spojev ter razvoj poškodb po etažah oz. pojav neželenih porušitev, kot je npr. efekt mehke etaže (tj. porušitev celotne etaže, praviloma pritlične etaže). Nelinearno obnašanje celotne konstrukcije je bilo preučeno z numeričnim modelom, izdelanim s programskim orodjem ETABS v19. V nelinearnem modelu so bila upoštevana vsa načela modeliranja in poenostavitve za globalno konstrukcijo, kot je to bilo predhodno obravnavano pri linearnem modelu, s katerim je bilo izvedeno dimenzioniranje. Za vhodne parametre nelinearnih elementov (duktilnih spojev) je bil nelinearni model validiran z rezultati eksperimentov na CLT stenah (Hummel idr., 2013). Za poenostavitev modela in zmanjšanje števila končnih elementov ter

posledično za skrajšanje časa računske analize je bila navpična obremenitev nanešena neposredno na CLT stene in plošče so bile modelirane le kot točkovne diafragme (tj. predpostavka o enakosti pomikov na nivoju etaže). Navpične obremenitve so bile pridobljene iz reakcij posameznega stenskega panela na podlagi linearne analize za navpično obtežbo, določeno v mejnem stanju nosilnosti. Porazdelitev ploskovnih končnih elementov je bila izvedena ročno, pri čemer velikost mreže znaša približno $\approx 0,5 \times 0,5$ m. Pri potisni analizi sta bili upoštevani modalna in enakomerna razporeditev vodoravne obtežbe (ekscentričnost obtežbe ni upoštevana), kot predpisuje standard EN 1998-1-1 (dodatek B).

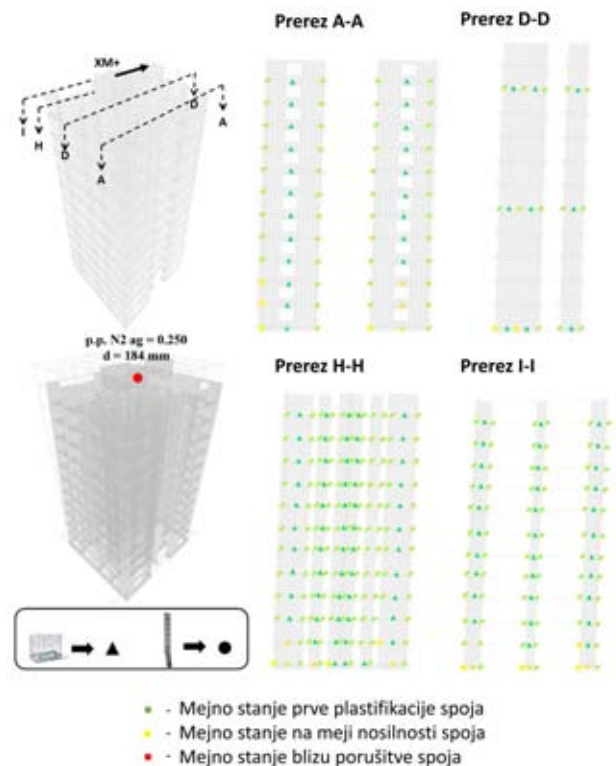
Na podlagi dobljenih rezultatov je bilo potrjeno, da je treba pri načrtovanju večnadstropnih stavb iz CLT upoštevati obe razporeditvi vodoravne obremenitve (enakomerno in modalno), saj sta lahko oba primera kritična za neželjeno obnašanje konstrukcije, tako lokalno kot globalno. Kot je razvidno iz dobljenih potisnih krivulj v obeh pravokotnih smereh (Slika 6), je analiza pozitivne in negativne smeri nujna, saj se krivulji med seboj precej razlikujeta, pri čemer je manjša nosilnost in deformacijska kapaciteta za analizirani primer vedno v negativni smeri. Razlog za razliko v smeri X je mogoče iskati v načinu projektiranja škaltastega jedra, pri čemer je krajša ročica v negativni smeri X, v smeri Y pa je razlog za to postavitev obodnih in notranjih sten.

Analiza duktilnih spojev in veznih sredstev glede na lokalna mejna stanja je pokazala, da je v povprečju največ poškodb v obodnih stenah z odprtinami (Slika 7). Po pričakovanjih so bile stene jedra bolj podvržene zibanju, kar je povzročilo večje poškodbe v dviznih kotnikih, zlasti tistih v pritličju (Slika 7). V nasprotju s stenami v jedru je bilo v drugih stenah (prerez H) opaziti povsem strižni obnašanje, zato je bilo večje število poškodovanih strižnih kotnikov. Dodatni rezultat lokalne analize v smeri Y, vreden omembe, so bile prevladujoče poškodbe dviznih kotnikov, tudi v višjih etažah, zlasti pri ciljnem pomiku za projektni pospešek temeljnih tal $a_g = 0,25$ g. Ta ugotovitev je bila nepričakovana in nakazuje, da bi bilo zasnovo stavbe treba izboljšati.

Na podlagi izvedene nelinearne analize in analize rezultatov je bilo ugotovljeno, da predhodno izbrani faktor obnašanja $q = 2,0$ za obe smeri izpolnjuje pogoje za projektiranje. Ugotovljena t. i. šibka točka v konstrukciji verjetno kaže, da bi lahko bil predhodno izbrani faktor obnašanja za bolj simetrično smer Y za to konfiguracijo prenikez. V tem primeru bi bilo treba revidirati potresno zasnovo stavbe za smer Y z višjim faktorjem obnašanja, vendar ne višjim od 3,0. Te vrednosti so v skladu s predlaganimi novimi vrednostmi v predlogu nove izdaje standarda Evrokod 8 (prEN 1998-1:2022), za razrede nizke duktilnosti konstrukcij CLT, ki ne vključujejo segmentiranih sten.



Slika 6: Krivulje potisne analize, vodoravna sila – pomik vrha stavbe z označenimi mejnimi stanji konstrukcije; projektna vodoravna potresna sila (črtkano) za različne potresne intenzitete



Slika 7: Poškodovanost konstrukcije, prikazana za izbrane osi; potisna analiza za pozitivno smer – X z modalno razporeditvijo sil in mejnim pomikom, ki ustreza projektnemu pospešku tal $a_g = 0,25g$.

Viri:

Abrahamsen, R., Bjertnaes, M. A., Bouillot, J., Brank, B., Cabaton, L., Crocetti, R., Flamand, O., Garains, F., Gavric, I., in Germain, O. (2020). Dynamic Response of Tall Timber Buildings Under Service Load: The DynaTTB Research Program. EURODYN 2020, XI International Conference on Structural Dynamics, Atene, Grčija, 22.–24. junij 2020, 4900–4910.

Austrian Standards Institute (ASI). (2014). ÖNORM B 1995-1-1 Eurocode 5: Design of timber structures – Part 1-1: General – Common rules and rules for buildings – National specifications, national comments and national supplements concerning ÖNORM EN 1995-1-1.

Azinović, B., Pazlar, T., in Kržan, M. (2021). The influence of flexible sound insulation layers on the seismic performance of cross laminated timber walls. *Journal of Building Engineering*, 43, 103183.

Brandner, R., Flatscher, G., Ringhofer, A., Schickhofer, G., in Thiel, A. (2016). Cross laminated timber (CLT): Overview and development. *European Journal of Wood and Wood Products*, 74(3), 331–351. <https://doi.org/10.1007/s00107-015-0999-5>

Buchanan, A., Ostman, B., in Frangi, A. (2014). White paper on fire resistance of timber structures (NIST GCR 15-985; str. NIST GCR 15-985). National Institute of Standards and Technology. <https://doi.org/10.6028/NIST.GCR.15-985>

Ceccotti, A., Sandhaas, C., Okabe, M., Yasumura, M., Minowa, C., in Kawai, N. (2013). SOFIE project–3D shaking table test on a seven-storey full-scale cross-laminated timber building. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 42(13), 2003–2021.

Zaključek

Predstavljeno raziskovalno delo – tako eksperimentalno kot numerično – prispeva k tvorbi vsebin sodobnih standardov, predvsem pa k potresno odporni gradnji.

Eksperimentalne preiskave služijo predvsem razumevanju obnašanja lesenih konstrukcijskih elementov pri potresni obremenitvi, njihovemu izboljšanju in določitvi konceptov projektiranja stavb s preiskovanimi elementi v skladu s standardi, saj je v odvisnosti od duktilnosti elementov definirano potresno obnašanje konstrukcij (q faktor oz. faktor obnašanja). Nadalje raziskave omogočajo natančnejše numerično modeliranje preiskovanih elementov ter razvoj oz. verifikacijo novih oz. obstoječih analitičnih in numeričnih modelov za predvidevanje obnašanja spojev, konstrukcijskih elementov in konstrukcij, kar je bilo prikazano na primeru večetažne lesene stavbe. Kljub prvotno spodbudnim rezultatom odpornosti na potresno obtežbo je treba omeniti, da v študiji primera niso bili upoštevani vsi vidiki pri načrtovanju (npr. obtežba z vetrom in požar). Za zaključke o smotnosti takih konstrukcij v praksi bo torej v prihodnosti treba obravnavati vse vidike s holističnim principom načrtovanja, prav tako pa nadaljevati z eksperimentalnimi preiskusi ter upoštevati dejanske primere iz prakse oz. kako so se CLT konstrukcije odzvale na dejanske potrebe.

Fink, G., Jockwer, R., Šušteršič, I., Stepinac, M., Palma, P., Bedon, C., Casagrande, D., Franke, S., D'Arenzo, G., in Brandon, D. (2022). Holistic design of taller timber buildings – COST action HELEN (CA20139).

Follesa, M., Fragiocomo, M., Casagrande, D., Tomasi, R., Piazza, M., Vassallo, D., Canetti, D., in Rossi, S. (2018). The new provisions for the seismic design of timber buildings in Europe. *Engineering Structures*, 168, 736–747. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.04.090>

Gavrić, I., Fragiocomo, M., in Ceccotti, A. (2015). Cyclic behavior of typical screwed connections for cross-laminated (CLT) structures. *European Journal of Wood and Wood Products*, 73(2), 179–191. <https://doi.org/10.1007/s00107-014-0877-6>

Gerard, R., Barber, D., in Wolski, A. (2013). Fire safety challenges of tall wood buildings. National Fire Protection Research Foundation.

Getzner. (2018). Intelligent sound insulation solutions in wood construction. <https://www.getzner.com/en/applications/construction/building-acoustics/resilient-bedding-of-elements-in-timber-construction>

Hummel, J., Flatscher, G., Seim, W., in Schickhofer, G. (2013). CLT Wall Elements Under Cyclic Loading – Details for Anchorage and Connection. COST Action FP1004, 152–165.

Kržan, M., in Azinović, B. (2021). Cyclic response of insulated steel angle brackets used for cross-laminated timber connections. *European Journal of Wood and Wood Products*.

- Kurent, B., Brank, B., in Ao, W. K. (2023). Model updating of seven-storey cross-laminated timber building designed on frequency-response-functions-based modal testing. *Structure and Infrastructure Engineering*, 19(2), 178–196.
- Landel, P. (2022). Wind-induced vibrations in tall timber buildings: Design standards, experimental and numerical modal analyses. Linnaeus University Press.
- Latour, M., in Rizzano, G. (2015). Cyclic Behavior and Modeling of a Dissipative Connector for Cross-Laminated Timber Panel Buildings. *Journal of Earthquake Engineering*, 19(1), 137–171. <https://doi.org/10.1080/13632469.2014.948645>
- Li, Z., Wang, X., in He, M. (2022). Experimental and analytical investigations into lateral performance of cross-laminated timber (CLT) shear walls with different construction methods. *Journal of Earthquake Engineering*, 26(7), 3724–3746.
- Naumovski, L. (2019). Vlažnost v času gradnje večetažnih lesenih konstrukcij z uporabo križno lepljenih plošč. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (diplomska naloga).
- Naumovski, L. (2022). Nelinearna statična analiza večetažne stavbe iz križno lepljenega lesa. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (magistrska naloga).
- Olsson, L. (2021). CLT construction without weather protection requires extensive moisture control. *Journal of Building Physics*, 45(1), 5–35.
- Östman, B. A.-L., Schmid, J., Klippel, M., Just, A., Werther, N., in Brandon, D. (2018). Fire design of CLT in Europe. *Wood and Fiber Science*, 50 (Special), 68–82.
- Östman, B., in Kälsner, B. (2011). National building regulations in relation to multistorey wooden buildings in Europe. National institute of standards and technology.
- Pei, S., van de Lindt, J. W., Berman, J., Ryan, K., Dolan, J. D., Pryor, S., Wichman, S., Busch, A., in Zimmerman, R. (2023). Full-scale 3-D shake table test of a ten-story mass timber building. WCTE 2023, Oslo, Norveška.
- Polastri, A., Giongo, I., in Piazza, M. (2017). An Innovative Connection System for Cross-Laminated Timber Structures. *Structural Engineering International*, 27(4), 502–511. <https://doi.org/10.2749/222137917X14881937844649>
- PrEN 1998-1:2022 Eurocode 8-Design of structures for earthquake resistance part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings. (2022). CEN.
- Rinaldin, G., Amadio, C., in Fragiocomo, M. (2013). A component approach for the hysteretic behaviour of connections in cross-laminated wooden structures. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 42(13), 2023–2042. <https://doi.org/10.1002/eqe.2310>
- Schmidt, E. L., Riggio, M., Barbosa, A. R., in Mugabo, I. (2019). Environmental response of a CLT floor panel: Lessons for moisture management and monitoring of mass timber buildings. *Building and Environment*, 148, 609–622.
- Scotta, R., Marchi, L., Trutalli, D., in Pozza, L. (2016). A Dissipative Connector for CLT Buildings: Concept, Design and Testing. *Materials*, 9(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/ma9030139>
- SIST EN 1995-1-1:2004 – Evrokod 5: Projektiranje lesenih konstrukcij – 1-1. Del: Splošna pravila in pravila za stavbe.
- SIST EN 1998-1:2004+A1:2013 Evrokod 8 – Evrokod 8 – Projektiranje potresnoodpornih konstrukcij – 1-1. del: Splošna pravila in potresni vpliv Svatoš - Ražnjevič, H., Orozco, L., in Menges, A. (2022). Advanced Timber Construction Industry: A Review of 350 Multi-Storey Timber Projects from 2000–2021. *Buildings*, 12(4), 404. <https://doi.org/10.3390/buildings12040404>

Prednosti in slabosti različnih konstrukcijskih sistemov sodobne večetažne lesene gradnje

dr. Miroslav Premrov

Univerza v Mariboru, Fakulteta za
gradbeništvo, prometno inženirstvo
in arhitekturo

t: 02 229 43 03

e: miroslav.premrov@um.si

www.um.si

Povzetek:

Okoljske spremembe nas tudi na področju gradnje stavb v iskanje vse bolj trajnostnostnih in okolju prijaznih rešitev. Les kot naravni material, ki je CO₂ nevtralen, je v tem oziru že v osnovi v veliki prednosti pred ostalimi klasičnimi gradbenimi materiali. Vendar pa les izkazuje tudi določene konstrukcijske slabosti, kot je predvsem zelo nizka vrednost modula elastičnosti in s tem posledična velika deformabilnost lesenih konstrukcij ter s tem povezane limitacije v smislu razponov in višin lesenih objektov. Glavni cilj tega prispevka je zato podati sistematičen pregled obstoječih sodobnih lesenih konstrukcijskih sistemov in njihovih glavnih značilnosti, tako prednosti kot slabosti, ki naj bi jih projektant zelo dobro poznal pri optimalni zasnovi sodobnih lesenih stavb, tako z vidika konstrukcijske stabilnosti kakor tudi energijskih potreb ter bivalnih in okoljskih kazalnikov. Pri tem največkrat spoznamo, da je ob upoštevanju različnih dejavnikov najoptimalnejša zasnova s kombinacijo različnih (hibridnih) konstrukcijskih sistemov, ki so lahko izključno iz lesenih gradnikov ali pa ne nazadnje, zlasti pri višjih objektih, tudi s kombinacijo različnih materialov. Tako smo v zadnjem desetletju priča pospešenemu razvoju sovprežnih lesenih nosilnih elementov, kjer lesu kot primarnemu materialu dodamo nek drug ojačitveni material (beton, jeklo), ter projektiranje in izgradnjo visokih hibridnih lesenih konstrukcij s konstrukcijskimi jedri iz armiranega betona ali jekla, kar je v prispevku predstavljeno na posameznih posebej izbranih in že izvedenih primerih. Vsekakor pa je treba poudariti, da je za zasnovo optimalnega sodobnega lesenega objekta potrebna simultana sinteza poznavanja različnih strok, ki omogočijo, da objekt zasnujemo optimalno glede na različne zahtevane okoljske in konstrukcijske vidike.

Les kot gradbeni material

Zelo očitne podnebne spremembe so v zadnjih nekaj desetletjih spodbudile strokovnjake širom sveta, da nujno spodbujajo stroko in splošno populacijo za odpravo vzrokov vseh teh sprememb ter blažitev posledic, ki vplivajo na okolje. Na področju porabe energije smo zato priča globalnemu trendu zmanjševanja izpustov toplogrednih plinov, za kar se lahko upošteva različni strokovni pristopi (Jensen, Maslesa, Berg

in Thuesen, 2018). Posledično je v prihodnje nujno načrtovanje novogradenj primarno z okolju prijaznimi in trajnostnimi materiali.

Les je naravni material, ki v času svoje rasti s procesom fotosinteze razgrajuje ogljikov dioksid (CO₂) kot glavni toplogredni plin ter je zato v bistvu CO₂ nevtralen material. Posledično je v tem oziru že v osnovi v bistveni prednosti pred vsemi ostalimi konstrukcijskimi materiali, kot so beton, jeklo in opeka. Razen tega so energijsko učinkovite lastnosti lesenih stavb v primerjavi z drugimi vrstami stavb iz drugih konstrukcijskih materialov odlične ne samo zato, ker dobro izolirane stavbe porabijo manj energije za ogrevanje, kar je okolju prijazno, temveč dodatno tudi zaradi zelo prijetne notranje klime v takšnih lesenih objektih (Žegarac Leskover in Premrov, 2019). Po drugi strani pa ima les tudi nekatere odlične konstrukcijske lastnosti. Primerjalno z betonom ima približno enako tlačno trdnost, vendar precej večjo natezno trdnost, in kar je najpomembnejše pri tem – tudi precej manjšo maso, kar je predvsem ugodno glede potresne odpornosti in konstrukcijskih nadgradenj, saj z nadgradnjo z leseno konstrukcijo maso obstoječe konstrukcije le minimalno povečamo.

Ker je les povsem naravni material, je izpostavljen napadom škodljivcev (hišne gobe ipd.) in je tudi gorljiv, kar sta prav gotovo eni izmed največjih pomanjkljivosti lesa kot gradbenega materiala. Za zaščito lesa pred škodljivci ga moramo kar najbolj osušiti in preprečiti vdor vlage. Vlažnost mora biti pod s predpisi določeno dopustno vlažnostjo (osnovo za to predstavljajo ustrezni evropski predpisi glede na posamezne primere uporabe lesa). S tem je razvoju škodljivcev odvzet eden od osnovnih pogojev za življenje. Ker je les naravni material, je gorljiv, vendar primerjalno z betonom in jeklom prevzema večje požarne obremenitve, drugače povedano – pozneje popusti. Pri gorenju ustvarja les na svoji površini zoglenelo plast, običajno debeline 5 do 10 mm, kot neke vrste samozaščito, ki se lahko pri sanaciji odstrani, zamenjajo pa se vsa kovinska vozlišča, kot je bilo to v primeru sanacije malega termalnega bazena v kopališču Zreče aprila 2001 (Slika 1).

Za zagotovitev ustrezne protipožarne zaščite lesenih konstrukcij se običajno osnovna lesena konstrukcija dodatno oblaža z



Slika 1: Požar v termalnem bazenu Zreče aprila 2001 – stanje pred sanacijo (a) in po sanaciji (b)

mavčnimi oblogami. Ena mavčno-vlaknena obloga zagotavlja najmanj 30-minutno ognjeodpornost, dve z debelino 10 mm najmanj 60-minutno, dve mavčno-vlakneni oblogi debeline 15 mm pa že 90-minutno ognjeodpornost, za kar obstajajo vsi potrebni certifikati proizvajalcev mavčnih plošč.

Dodatna limitacija uporabe lesa v konstrukcijah večjih razponov ali višin je tudi njegova anizotropnost in sorazmerno nizka vrednost modula elastičnosti, ki s pogoji Mejnega stanja uporabnosti po evrokod standardih glede predpisanih maksimalnih pomikov večinoma onemogoča uporabo lesenih elementov iz žaganega lesa v takšnih primerih. Z razvojem novih lesenih proizvodov v zadnjih desetletjih (npr. križno lepjen les v začetku devetdesetih let prejšnjega stoletja) se je lahko ta miselnost tudi spremenila. Spremenili sta se predvsem dinamična tlorsna oblika in višina lesenih objektov in tako so postale lesene konstrukcije v določenih ozirih konkurenčne v razponih, maksimalnih višinah in dinamičnih tlorsnih zasnovah konstrukcijam, zgrajenim z drugimi klasičnimi gradbenimi materiali, kot so armiran beton, opeka oz. jeklo. Poleg tega v primeru, da zagotavljanje stabilnosti stavbe izključno s prej omenjenimi sodobnimi lesenimi nosilnimi elementi še vedno izkazuje določene omejitve, kombiniranje sodobnih lesenih konstrukcijskih elementov z drugimi gradbenimi materiali odpira nove perspektive v privlačnih arhitekturnih oblikah in višini oz. etažnosti

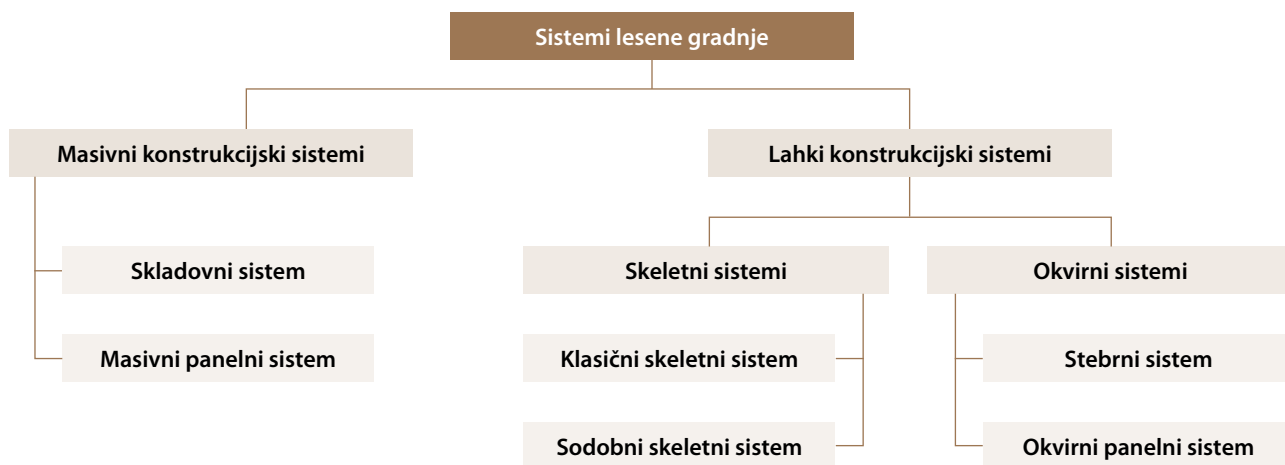
takšnih sodobnih lesenih objektov, lociranih v različnih klimatskih regijah z različnimi klimatskimi pogoji in tudi različnimi obtežbami vetra in potresa. Pri tem je primarnega pomena predvsem izbor najprimernejšega konstrukcijskega sistema lesene konstrukcije ali kombinacije le-teh, ki naj zagotavlja potrebno statično nosilnost in duktilnost objekta, o čemer bo primarno največ govora v nadaljevanju prispevka.

Konstrukcijski sistemi lesene gradnje

V poznani literaturi o leseni stanovanjski gradnji obstaja več različic razvrščanja konstrukcijskih sistemov. Mi bomo nadalje upoštevali podano delitev v Kolb (2008), ki jo smatramo za najpreglednejšo. V konstruktivnem smislu ločimo naslednje osnovne konstrukcijske sisteme lesene gradnje:

- masivni sistemi,
- skeletni sistemi,
- okvirni sistemi,
- mešani (hibridni) sistemi.

Skeletne in okvirne sisteme lahko tretiramo tudi kot lahke lesene konstrukcijske sisteme. Vsi sistemi se dodatno delijo še na razne variante konstrukcijskih podsistemov, kar je grafično prikazano na Sliki 2.



Slika 2. Osnovni konstrukcijski sistemi lesene gradnje.

Če predstavljajo skladovni, klasični skeletni in nekako tudi stebri sistem klasično leseno gradnjo, se v novejšem času v sodobni leseni gradnji uporabljajo predvsem masivni panelni, sodobni skeletni in okvirni panelni konstrukcijski sistemi, ki jih bomo zato nadalje kot edine tudi na kratko predstavili z nekaterimi že izvedenimi aplikacijami.

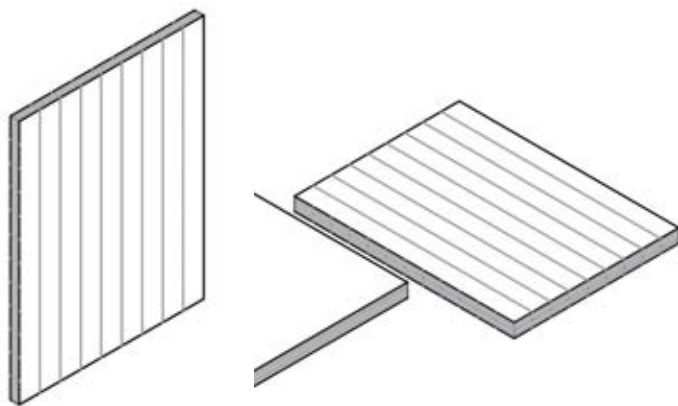
Masivni panelni konstrukcijski sistem

Masivni panelni konstrukcijski sistem se izvaja v montažni obliki, kjer prefabricirane elemente predstavljajo polnostenski in stropni tipsko izdelani prefabricirani dvodimenzionalni panelni elementi. Eno izmed različic, vendar najbolj razširjeno obliko masivne panelne gradnje, predstavlja križno lepljen konstrukcijski element iz medsebojno križno zlepljenih desk (Slika 3a), zato tudi angleško ime Cross Laminated Timber (CLT), v tujini pogosto poznan tudi pod imenom XLAM. Križno lepljeni les je sodobno gradbeno kompozitno gradivo, ki zaradi ortogonalne medsebojne postavitve desk v glavnem eliminira vpliv anizotropnosti lesa, takšen element pa ima zato bolj enakomerne in boljše mehanske lastnosti kot žagan les ter predstavlja tisti arhitekturni izziv in ključni trend v gradbeništvu, ki ponuja rešitve v smeri moderne, ekološke, energetske varčne ter potresno varne gradnje tako enodružinskih hiš kot večstanovanjskih, industrijskih in večstanovanjskih poslovnih objektov. Ta inovativni sistem za gradnjo lesenih masivnih konstrukcij se je razvil v Nemčiji in Avstriji sredi devetdesetih let, danes pa je vse bolj razširjen tudi drugod po svetu (Augustin, 2008).

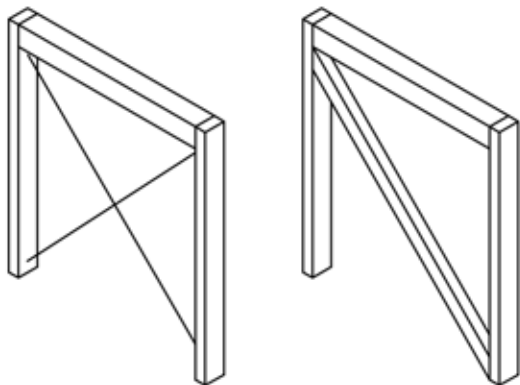
Uporaba CLT elementov kot nosilnih elementov zato vse bolj narašča, zlasti pri gradnji večnadstropnih stavb in objektov večjih tlorisnih dimenzij. V primerjavi s kasneje opisanim, prav tako montažnim, okvirnim panelnim sistemom je namreč nosilnost teh stenskih in stropnih elementov bistveno večja, zato predstavlja najprimernejši način gradnje za lesene objekte

višine od treh pa do deset etaž. Po drugi strani je v primerjavi z okvirno panelnimi stenskimi elementi ovoja stavbe slaba lastnost ta, da je treba toplotno izolacijo vgrajevati izključno izven konstrukcijske ravnine, s čimer se skupna debelina ovojnega elementa stavbe bistveno poveča. Zaradi večje mase pa je po drugi strani boljša toplotna akumulativnost takšnih CLT stenskih elementov, kar je pomembno predvsem v smislu zmanjševanja pregrevanja v poletnih mesecih. Torej vidimo, da že samo z upoštevanjem energijskega koncepta obstaja več v bistvu kontradiktornih dejavnikov med obema sistemoma, ki jih je treba zelo skrbno pretehtati pri zasnovi objekta z upoštevanjem različnih klimatskih dejavnikov.

Lep primer montažne lesene gradnje s križno lepljenimi stenskimi in stropnimi elementi predstavlja večnamenski objekt Via Cenni v Milanu, za katerega je specifično, da je postavljen izključno v leseni nosilni križno lepljeni (CLT) konstrukciji ter je tudi prvi primer tako visoke, izključno lesene stavbe, locirane na potresno relativno aktivnem območju. Kompleks, dokončno zgrajen leta 2013, ki ga sestavljajo štirje 9-etažni stolpiči z maksimalno višino 27 metrov, medsebojno povezani z 2-etažno leseno konstrukcijo (Slika 3b), velja za trenutno največji kompleks lesene gradnje v Evropi (Bernasconi, 2012). Tlorisna dimenzija stolpičev je pravokotna in je gabaritov 13,6 x 19,1 metra, tako da glede na predpisane zahteve po standardu Eurocode 8 (2005) konstrukcijo sicer uvrščamo med tlorisno pravilno, s čimer se zaradi tlorisne simetrije minimalizira torzijski vpliv zaradi potresnih sil po posameznih etažah. Vendar pa je po drugi strani treba s konstrukcijskega vidika poudariti, da je razmerje med višino in širino stavbe ($H/L_{\min} = 1.985$) precej veliko, zato se stavba konstrukcijsko obnaša kot »samostojno stoječa konzolna konstrukcija« s podobno tipologijo kot stolpi. Več podrobnih analiz o samem objektu, tudi glede energijske učinkovitosti, okoljskega izkaza in arhitekturne zasnove, je sicer mogoče zaslediti v Žegarac Leskovar in Premrov (2021).



Slika 3: a) Shematični prikaz sestave montažnega stenskega in stropnega CLT elementa (Premrov in Žegarac Leskovar, 2023), b) Objekt Via Cenni, Milano



Slika 4: Shematski prikaz nosilne konstrukcije skeletnega sistema z enosmernimi in dvosmernimi diagonalami (Premrov in Žegarac Leskovar, 2023)

Sodobni skeletni konstrukcijski sistem

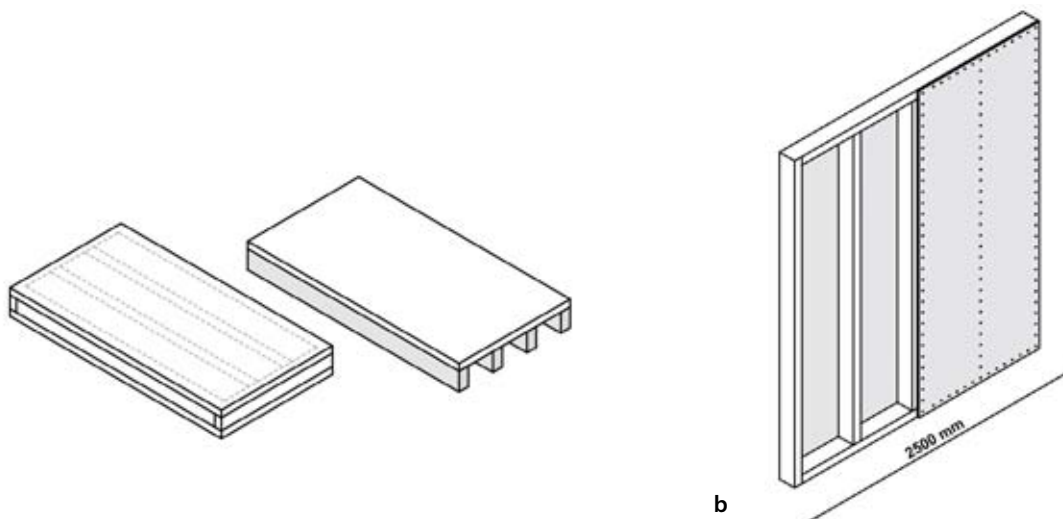
Skeletni konstrukcijski sistem predstavlja sistem, kjer stenski in stropni elementi niso polni, zato ga glede na razdelitev (Slika 2) uvrščamo med lahke lesene konstrukcijske sisteme. Sodobni skeletni sistem se je razvil iz klasičnega skeletnega sistema z razliko, da se za zagotovitev zavetrovanja uporabljajo izključno diagonalni elementi in ne le ročice, kot je to v primeru klasičnega in starejšega skeletnega sistema. S tem se tudi bistveno poveča horizontalna togost takšnega stenskega elementa in omogoči njegova aplikacija tudi v večetažni leseni gradnji, kjer so horizontalne obremenitve na konstrukcijo bistveno večje kot pri nizkih objektih. Za skeletni sistem je tudi značilno, da so vsi nosilni elementi izključno linijski, kjer praviloma grede in stebri zagotavljajo prenos vertikalnih obtežb, diagonale pa horizontalnih vplivov na konstrukcijo in zato služijo kot zavetrovalni elementi. Ker se praviloma v zadnjem času vgrajujejo jeklene vrvi diagonalno, se le-te postavljajo v dveh ortogonalnih smereh (križno), saj je zaradi velike vitkosti možen le prenos preko nateznih sil, vse horizontalne sile, ki delujejo na konstrukcijo (veter ali potres), pa seveda venomer spreminjajo predznak. V primeru uporabe lesenih diagonal in pod pogojem, da se dodatno preveri po standardu Evrokod 5 (2005) tudi pogoj uklona (vitkosti), pa so lahko diagonale tudi samo enosmerne, kot je

shematsko prikazano na Sliki 4. Med nosilno konstrukcijo sicer običajno dodatno vgradimo mehko toplotno izolacijo, s čimer zagotovimo ustrezno nizko predpisano vrednost toplotne prehodnosti (U) stenskega elementa ovoja glede na predpisan ali izbran standard energetske učinkovitosti.

Ker je teža skeletnega sistema zaradi uporabe izključno linijskih nosilnih elementov zelo majhna, se običajno takšna konstrukcija zelo dobro obnaša pri zelo visokih lesenih objektih na potresno relativno aktivnih območjih. Najbolj drzna aplikacija že izvedene lesene skeletne konstrukcije je 15-etažni objekt Tree v Bergnu (Norveška), kjer je sicer dodatno vgrajeno tudi CLT konstrukcijsko jedro, ki pa služi le za prevzem vertikalnih obtežb stopnišča in dvigala, vso horizontalno obremenitev pa prenaša izključno skeletna konstrukcija (Abrahamsen, 2014). Več analiz omenjenega objekta z integriranega vidika konstrukcijske nosilnosti, energetske učinkovitosti, okoljskega vidika, bivalnega ugodja in arhitekturne zasnove tega objekta je objavljenih v Žegarac Leskovar in Premrov (2021) ter na spletni strani <https://www.zueblin-timber.com> (2021).

Okvirni panelni konstrukcijski sistem

Okvirni panelni konstrukcijski sistem predstavlja izmed vseh treh posebej opisanih sistemov najmanj nosilen konstrukcijski sistem lesene gradnje. Razvil se je iz stebrnega sistema okvirne lesene gradnje (Slika 2) z razliko, da predstavlja njegovo montažno tehnološko izvedbo, vsi nosilni stropni (Slika 5a) in stenski elementi (Slika 5b) pa so tipizirani in prefabricirani. Običajno je tipizirana debelina osnovnega nosilnega stenskega in stropnega elementa 1.250 mm, kolikor je pač tipizirana proizvodna širina obložnih plošč, marsikje se sicer uporablja tudi gabarit 1.200 mm. Nosilno konstrukcijo takšnega stenskega elementa sestavljajo linijski elementi lesenega okvirja (grede in pokončniki), izdelani iz žaganega ali lepljenega lesa, med katere je položena mehka toplotna izolacija (steklena ali kamena volna, vpihana celulozna vlakna). Stenski elementi ovoja stavbe imajo običajno debelino lesenega okvirja 140 mm ali 160 mm, medtem ko so pri notranjih stenskih elementih ti gabariti običajno 100 mm. Na elemente lesenega okvirja so z mehanskimi veznimi sredstvi pritrjene obloge (Slika 5b).



Slika 5: Shematski prikaz montažnega okvirno panelnega stropnega (a) in stenskega elementa (b) (Premrov in Žegarac Leskovar, 2023)

Obložne plošče so lahko iz različnih materialov (mavčno-vlaknene, mavčno-kartonske, OSB, včasih celo tudi furnirne), v zadnjem času pa je lahko na leseni okvir fiksno pritrjena tudi zasteklitev, vendar se takšni transparentni elementi po standardu Evrokod 5 (2005) nato upoštevajo kot nenosilni na vpliv horizontalne obtežbe (veter ali potres), čeprav je možno zaslediti tudi številne akademske raziskave in tudi prve aplikacije že izvedenih objektov, kjer se takšni leseno-stekleni stenski elementi statično upoštevajo kot vsaj delno nosilni tudi na horizontalno obtežbo, o čemer pa na tem mestu ne bomo posebej govorili, saj je tovrstna tematika zelo obširna. Bralec lahko po potrebi bistveno več o tem izve v Premrov idr. (2015).

Bistvena prednost montažnega okvirnega panelnega stenskega elementa v primerjavi z montažnim CLT stenskim elementom je v dejstvu, da lahko večino toplotne izolacije postavimo v medprostor nosilne okvirne konstrukcije, kar pri CLT sistemu ni možno. To pomeni, da lahko bistveno nižje vrednosti toplotne prehodnosti stenskega elementa ob upoštevanju enakih skupnih debelin elementa dosegamo pri okvirnem panelnem sistemu. Po drugi strani pa sta tako horizontalna nosilnost in togost bistveno večji pri križno lepljenem sistemu (CLT), kar aplikacijo okvirnega panelnega sistema pomembno limitira že v smislu srednje visokih lesenih stavb, višjih od treh etaž. O tem bo sicer več govora v Poglavju 3. Prav tako je aplikacija okvirnih panelnih elementov zelo omejena v smislu stropnih elementov, kjer lahko dosegamo v stanovanjskih objektih s predpisano koristno obtežbo 2 kN/m^2 večinoma le razpone maksimalno do 6,5 metra, v primeru poslovnih ali javnih objektov pa zaradi povečane koristne obtežbe celo še nekaj manj (nekje do 5,0 ali 5,5 metra). V primeru večjih razponov je zato treba uporabiti CLT stropne elemente ali celo hibridne CLT stropne elemente, ki jih sestavljajo leseni nosilci iz žaganega ali lepljenega laminiranega lesa in na njih pritrjena CLT plošča.

Večetažna lesena gradnja

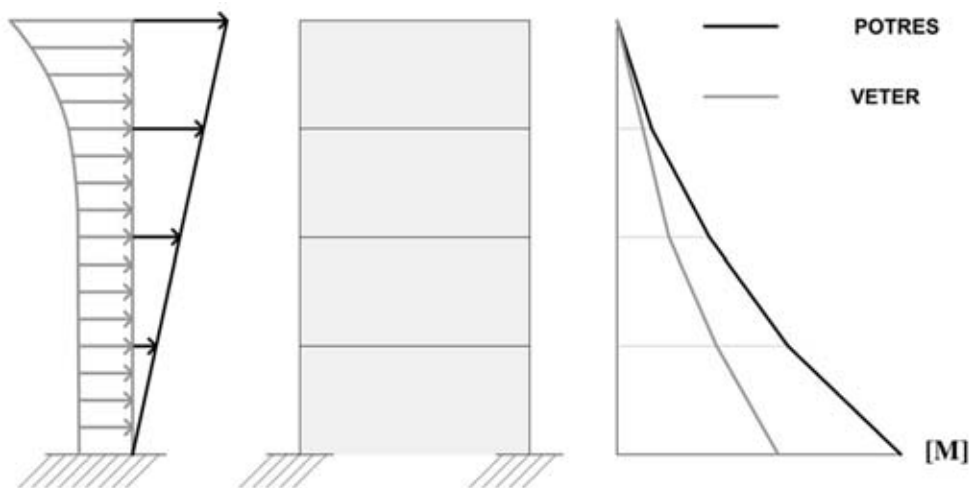
V svetu obstaja zaradi odličnih okoljskih predispozicij in zelo dobrega bivalnega ugodja v notranjih prostorih vse večja tendenca tudi po izgradnji večetažnih in ne le nizkih lesenih objek-

tov. Predvsem razvoj novih lesenih produktov v devetdesetih letih, primarno CLT elementov, v zadnjem času pa tudi razvoj raznih sovprežnih lesenih elementov, je namreč s povečanjem nosilnosti omogočil uporabo nosilnih lesenih elementov tudi v primeru bistveno povečanih zunanjih obremenitev zaradi obtežb vetra in potresa, kot je to provizorično shematsko prikazano na primeru štirietažnega objekta na Sliki 6, kjer upogibna obremenitev (M) obtežbe potresa le naključno preseže vrednost obtežbe vetra. Seveda je to razmerje za posamezni obravnavani objekt nato odvisno od lokacije objekta in njegove dejanske vetrne (Evrokod 1-4, 2005) in potresne izpostavljenosti (Evrokod 8, 2005).

V poznani literaturi obstajajo različne definicije glede klasifikacije večetažnih lesenih objektov (angl. Multi-storey timber buildings – MSTB) po višini, npr. Kuzmanovska (2018), Žegarac Leskovar in Premrov (2021). Najbolj celovita in uporabljena je klasifikacija po Salvadori (2017), ki razvršča MSTB v tri velike podskupine in jo bomo uporabljali nadalje:

- nizke stavbe z enim do tremi nadstropji (angl. Low-rise timber buildings – LRTB),
- srednje visoke stavbe s štirimi do desetimi nadstropji (angl. Mid-rise timber buildings – MRTB),
- visoke stavbe z več kot desetimi nadstropji (angl. High-rise timber buildings – HRTB).

Izmed predhodno v Poglavju 2 predstavljenih treh osnovnih sistemov sodobne lesene gradnje velja, da se lahko okvirni panelni sistem uporablja nekako le do višine treh etaž, torej le za LRTB objekte, saj so pri višjih objektih obremenitve zaradi horizontalnih obtežb (Slika 6) praviloma že tako velike, da zagotovitev potrebne horizontalne nosilnosti in togosti celotnega objekta izključno z okvirnimi panelnimi stenskimi elementi sploh ni več možna. V tem primeru se zato za MRTB objekte, torej višine šest do deset etaž, največ uporabljajo CLT stenski elementi, ki imajo v primerjavi z okvirnimi panelnimi stenskimi elementi precej večjo horizontalno nosilnost in togost. Aplikacija nosilne vertikalne konstrukcije izključno s CLT nosilnimi stenskimi elementi je nekako omejena na deset etaž. Lep pri-



Slika 6: Shematski prikaz delovanja obtežb vetra in potresa na večetažni objekt in posledični potek obremenitev

Preglednica 1: Prikaz nekaterih pomembnejših večetažnih lesenih objektov po Evropi

	Zgrajeno leta	Število etaž skupaj	Višina (m)	Lokacija	Klasifikacija glede na višino
Stadthaus	2009	7	23	London / UK	
Limnologen	2009	*1+7	/	Växjö / SWE	
Bridport House	2011	8	26	London / UK	
Holz8	2011	8	25	Bad Aibling / GER	
E3	2011	7	/	Berlin / GER	
Life Cycle Tower One	2012	8	27	Dornbirn / AT	
Panorama Guistinelli	2013	7	22	Trieste / ITA	
Maison de l'Inde	2013	7	23	Paris / FRA	
Wagramerstrasse	2013	7	22	Vienna / AT	
Pentagon II	2013	8	24	Oslo / NO	
Via Cenni Social Housing	2013	9	27	Milan / IT	MRTB
Dalston Lane	2013	9	32	London / UK	
Tamedia Office Building	2013	7	/	Zurich / CH	
Edifici de Fusta Cavallers	2014	6	20	Lleida / SP	
Kingsgate House	2014	7	/	London / UK	
St. Dié-des-Vosges	2014	8	27	St. Dié-des-Vosges / FRA	
Strandparken	2014	7	22	Stockholm / SWE	
Puukuokka	2015	8	28	Jyväskylä / FIN	
Banyan Wharf	2015	10	33	London / UK	
Trafalgar Place	2015	10	/	London / UK	
Moholt 50/50	2016	9	31	Trondheim / NO	
Dalston Lane	2017	*1+9	34	London / UK	
Treet	2014	15	52	Bergen / NO	
HoHo Tower Vienna	2020	24	84	Vienna / AT	
Mjøstårnet	2019	18	85	Brumunddal / NO	
Silva	2022	18	50	Bordeaux / FRA	HRTB
Haut	2021	21	73	Amsterdam / NL	
Hypérion	2021	18	57	Bordeaux / FRA	

* 1 + x = eno nadstropje v drugem materialu, x nadstropij v leseni nosilni konstrukciji.

mer takšne konstrukcije je že prej omenjeni in na kratko opisan objekt Via Cenni v Milanu. Kot smo že v predhodnem poglavju izpostavili tako določene prednosti kot slabosti polnostenskih CLT sistemov napram okvirnim panelnim, je včasih smotno uporabiti tudi kombinacijo obeh konstrukcijskih sistemov, torej t. i. hibridni konstrukcijski sistem, kjer so vsi nosilni stenski in stropni elementi še vedno izključno leseni. Lep primer takšne lesene hibridne konstrukcije je npr. 8-etažni objekt Limnologen (Vaxjo, Švedska), zgrajen leta 2009 (Serrano, 2009). Objekt je zaradi nesimetrične tlorisne zasnove in posledično povečanega torzijskega vpliva zaradi delovanja horizontalnih obtežb po etažah na stenske elemente ovoja zasnovan tako, da so bolj nosilni CLT stenski elementi postavljeni na obod objekta kot zunanji elementi, manj nosilni okvirni panelni stenski elementi pa kot notranji, saj je tu torzijski vpliv bistveno manjši. V primeru, da bi bila tlorisna zasnova objekta povsem simetrična in torej tlorisno pravilna ter podvržena posledičnim precej manjšim torzijskim vplivom, bi bilo smiselno razmisliti tudi o obratni postavitvi stenskih elementov; torej kot zunanje stenske elemente uporabiti okvirno panelne zaradi precej boljše toplotne izolativnosti, kot notranje pa CLT, kjer je lahko toplotna izolativnost precej manjša. Iz navedenega sledi, da je uporaba hibridnih konstrukcijskih sistemov precej kompleksna zadeva

in zahteva celostni pristop pri projektiranju večetažnih lesenih objektov, kjer je treba integrirano upoštevati tako konstrukcijske kot energijske in okoljske zahteve in temu primerno ubrati tudi najprimernejši arhitekturni pristop.

Če je objekt višji od desetih etaž, torej po tipologiji Salvadori (2017) spada med HRTB objekte, pa je treba uporabiti sodobno skeletno konstrukcijo ali celo že hibridne konstrukcijske sisteme, kjer z uporabo drugih materialov (praviloma armiranega betona ali jekla) zagotovimo večjo odpornost konstrukcije na izrazito povečan vpliv horizontalnih obtežb. Pomembno je poudariti, da je trenutno najvišja lesena stavba v Evropi, zgrajena v celoti iz lesenih konstrukcijskih komponent, 15-nadstropna stavba »Treet« v Bergnu. Več glede arhitekturne in konstrukcijske zasnove tega kompleksnega objekta lahko bralec najde v literaturi Abrahamsen (2017). Za višje stavbe pa je treba za zagotovitev horizontalne stabilnosti trenutno z uporabo poznanih lesenih materialov in tehnologij uporabiti koncept z dodatnimi armiranobetonskimi (AB) jedri, ki zagotavljajo dodatno horizontalno odpornost objekta. Pregled uporabljenih konstrukcijskih sistemov na različnih MRTB in HRTB, že izvedenih objektih po Evropi, je podan v Preglednici 1. S sivo barvo so posebej označeni objekti, ki so kakorkoli omenjeni v tekstu.

Po podatkih iz preglednice sta najvišja objekta HoHo Tower Vienna (24 etaž) in Haut Amsterdam (21 etaž). Objekt HoHo Tower ima v vsak stolpič (skupaj so trije) vgrajena posebna konstrukcijska jedra iz armiranega betona, ki bistveno povečajo horizontalno nosilnost in togost objekta, postavljenega sicer v skeletnem sistemu iz elementov lepljenega lameliranega lesa (GL), objekt Haut pa ima prvi dve etaži, kjer so obremenitve zaradi vpliva horizontalnih obtežb največje, zgrajeni v armirano-betonski izvedbi, ter prav tako vgrajeno eno armiranobetonsko konstrukcijsko jedro, ki dodatno poveča horizontalno stabilnost sicer primarne CLT nosilne stenske konstrukcije. Potreben je poudarek, da sta oba objekta razvrščena v sorazmerno manj aktivno potresno cono, HoHo Tower z $ag,475 = 0,10 \cdot g$, Haut pa celo z $ag,475 = 0,05 \cdot g$. Oba objekta tako, vsaj konstrukcijsko, težko obravnavamo kot izključno lesena, temveč spadata po v Poglavju 2 opisani klasifikaciji v kategorijo lesenih hibridnih objektov kot visoke stavbe z več kot desetimi nadstropji (HRTB). Pomembno pa je izpostaviti, da sta oba objekta okolju precej bolj prijazna in izkazujeta bistveno boljše okoljske kazalnike, kot če bi bila zgrajena v alternativni, povsem betonski klasični izvedbi. Sestava montažnih stropnih elementov je v obeh stavbah prav tako zelo podobna in je sestavljena iz sovprežnih leseno-betonskih (TCC) elementov z betonsko ploščo v zgornji, tlačni coni, in lesenim lepljenim lameliranim nosilcem v natezni coni. Takšen koncept lahko bistveno izboljša požarno in zvočno odpornost stavbe ter hkrati bistveno izboljša koncepte togih horizontalnih konstrukcijskih diafragm, kot bi bilo to možno z izključno leseno konstrukcijsko izvedbo.

Objekt HoHo Tower je v vseh fazah projektiranja sledil najnovejšim trendom sodobne in okolju prijazne zelene trajnostne gradnje. Pomembno je namreč poudariti, da je kar 75 odstotkov uporabljenih gradbenih materialov iz lesa, posekanega izključno v avstrijskih gozdovih (Woschitz in Zotter, 2017), kar tudi bistveno zmanjša okoljske transportne stroške že pri izgradnji objekta, ob dodatnem upoštevanju, da je les kot naravni material CO_2 nevtralen in v tem oziru dosti bolj okoljski material kot armiran beton. Posledično se je s postavitvijo takšne hibridne konstrukcije v primerjavi s klasično povsem betonsko izvedbo tako prihranilo približno 2.800 ton toplogrednega plina CO_2 , ter tako objekt dosegal najvišje LEED trajnostne standarde (zlati certifikat LEED). Za objekt Haut pa se ocenjuje, da so emisije CO_2 tako zasnovane lesene hibridne stavbe v primerjavi z njeno popolnoma betonsko alternativno različico skupaj samo 34 ton namesto 870 ton, kar pomeni kar 96-odstotni okoljski prihranek glede na popolnoma armiranobetonsko izvedbo (Verhaegh idr., 2020).

Na primeru dveh izbranih zelo visokih lesenih objektov, postavljenih v hibridni izvedbi z uporabo dodatnih armiranobetonskih konstrukcijskih jeder, je prikazan le prvi alternativni način, kako lahko povečamo horizontalno odpornost objekta z zasnovano lesenega objekta kot hibridne konstrukcije in omogočimo njeno izvedbo kot primarno lesene konstrukcije tudi za višine objektov, ki trenutno žal še presegajo zmožnosti izvedbe v izključno lesenem nosilnem konstrukcijskem sistemu. Zlasti v zadnjem desetletju smo pričali precej intenzivnemu razvoju inovativnih sovprežnih stenskih in stropnih elementov s primarno leseno konstrukcijo in sekundarnim ojačitvenim materialom, ki lahko bistveno poveča tako upogibno kot horizontalno nosilnost zlasti okvirnih elementov. Precej obširna tematika glede zadnjih trendov na tem področju je predstavljena v Premrov in Žegarac Leskovar (2023).

Zaključek

Les kot naravni material s sposobnostjo skladiščenja toplogrednega plina CO_2 že v osnovi zagotavlja odličen okoljski izkaz objekta, vendar zaradi sorazmerno nizke trdnosti in zlasti modula elastičnosti izkazuje precejšnje omejitve tako v razponih stropov kakor tudi maksimalni možni višini tovrstnih objektov, kar ne bi bil nikakršen konstrukcijski problem v enostavni alternativni in izključno klasični betonski ali jekleni izvedbi vseh nosilnih konstrukcijskih komponent, ki pa so okolju bistveno manj prijazne. Po drugi strani pa se, tudi zaradi pospešene urbanizacije okolja, v svetu vse bolj uveljavlja težnja po izgradnji visokih objektov, v zadnjem času zaradi prej omenjenih odličnih okoljskih kazalnikov primarno tudi v lesenem konstrukcijskem sistemu in z uporabo sodobnih materialov, proizvodov in tehnologij.

Glavni cilj tega prispevka je tako podati sistematičen pregled obstoječih sodobnih lesenih konstrukcijskih sistemov in njihovih glavnih značilnosti, tako prednosti kot slabosti, ki naj bi jih projektant pri snovanju sodobnih lesenih stavb zelo dobro poznal. Zasnova sodobnega lesenega objekta namreč neizpodbitno zahteva integriran projektantski pristop, najprej z vidika arhitekturne zasnove, nato tudi s konstrukcijskega, energijskega in okoljskega vidika, torej primarno tudi sintezo znanj različnih strok. Pri tem se posamezni aspekti glede optimalnosti z uporabo le posamičnih konstrukcijskih sistemov, kakor je bilo to večinoma v navadi še v bližnji preteklosti, medsebojno tudi izključujejo, zato je pri zasnovi sodobne lesene konstrukcije največkrat neizpodbitno potrebna sinteza različnih konstrukcijskih sistemov lesene gradnje, kar je opisano v tem prispevku.

Vsled želje zaradi odličnih okoljskih predispozicij po nadaljnji ekspanziji večetažne lesene gradnje, ki pa je po eni strani konstrukcijsko omejena zaradi svojih materialnih karakteristik v smislu velikih razponov in višin objektov, smo v zadnjem desetletju pričali tudi pospešenemu razvoju tako sovprežnih lesenih nosilnih elementov, kjer lesu kot primarnemu materialu dodamo nek drug ojačitveni material (beton, jeklo), kakor tudi projektiranju in izgradnji hibridnih lesenih konstrukcij s konstrukcijskimi jedri iz armiranega betona ali jekla. Verjetno bo ravno v sintezi obeh pristopov, torej uporabi nadalje razvitih sovprežnih elementov v hibridnih lesenih konstrukcijskih sistemih, največja priložnost za še večji porast večetažne lesene gradnje in izgradnje lesenih objektov, ki bodo lahko bistveno presegali tudi višino 20 etaž in hkrati zagotavljali najvišje standarde sodobnega bivalnega ugodja v njihovih prostorih.

- Abrahamsen, R. B. (2014). The world's tallest timber building. Tallinn Wood Architecture Conference, November 2014.
- Augustin, M. (2008). Wood Based Panels. In: Handbook 1 – Timber Structures, Leonardo da Vinci Pilot Project CZ/06/B/F/PP/168007, Educational Materials for Designing and Testing of Timber Structures.
- Bernasconi, A. (2012). Timber construction in the city of Milan, 4 residential buildings with 9 storeys. European Wood Network Meeting.
- European Committee for Standardization CEN/TC 250/SC5 N173. (2005). EN 1991-1-4: Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-4: General actions - Wind actions, Brussels, Belgium.
- European Committee for Standardization CEN/TC 250/SC5 N173. (2005). EN 1998-1 Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance, In Part 1: General Rules, Seismic Actions and Rules for Buildings, Brussels, Belgium.
- European Committee for Standardization CEN/TC 250/SC5 N173. (2005). EN 1995-1-1:2005 Eurocode 5: Design of Timber Structures, Part 1-1 General rules and rules for buildings. Brussels: CEN.
- Jensen, P. A., Maslesa, E., Berg, J. B. in Thuesen, C. (2018). 10 questions concerning sustainable building renovation. *Building and Environment*, 143, 130–137, doi: 10.1016/j.buildenv.2018.06.051.
- Kolb, J. (2008). *Systems in Timber Engineering*. Birkhäuser Verlag AG: Basel, Boston, Berlin.
- Kuzmanovska, I., Gasparri, E., Tapias Monne, D. in Aitchison M. (2018). Tall Timber Buildings: Emerging Trends and Typologies. *World Conference in Timber Engineering*.
- Premrov, M., Serrano, E., Winter, W., Fadaei, A., Nicklisch, F., Dujić, B., Šušteršič, I., Brank, B., Štrukelj, A., Držeknik, M., Buyuktasik, H. A., Erol, G. in Ber, B. (2015). Workshop report WP 6: Testing on life-size specimen components: shear walls, beams and columns including long-term behaviour: WoodWisdom-net, research project, load bearing timber-glass-composites, 2012–2014, p 151.
- Premrov, M. in Žegarac Leskovicar, V. (2023). Innovative Structural Systems for Timber Buildings: A Comprehensive Review of Contemporary Solutions. *Buildings*, 13, 1820, doi.org/10.3390/buildings13071820.
- Salvadori, V. (2017). The Development of a Tall Wood Building. Master's Thesis, Politecnico Milano, Milan, Italy and TU Wien, Vienna, Austria.
- Serrano, E. (2009). Overview and Summaries of Sub Projects Results, Documentation of the Limnologen Project, School Technology and Design, Reports, No. 56, Växjö University, Växjö, Sweden.
- Social Housing Via Cenni (b. d.). <https://www.triplewood.eu/projects/social-housing-via-cenni>, dostopno 30. 11. 2021
- Treet Residential High-Rise, Bergen (b. d.). <https://www.zueblin-timber.com/en/references/multi-storey-construction/treet-residential-high-rise-bergen.html>, dostopno 30. 11. 2021
- Verhaegh, R., Vola, M. in de Jong J. (2020). Haut - A 21-storey Tall Timber Residential Building. *International Journal of High-Rise Buildings*, 9(3), 213–220, <https://doi.org/10.21022/IJHRB.2020.9.3.213>
- Woschitz, R. in Zotter, J. (2017). High-rise Timber Building HoHo Vienna – The Structural Concept, *Österreichische Ingenieur- und Architekten-Zeitschrift*, 162, Heft 1–12.
- Žegarac Leskovicar, V. in Premrov, M. (2019). Integrative Approach to Comprehensive Building Renovations, Springer Nature Switzerland AG, Green Energy and Technology, ISBN 978-3-030-11475-6, doi: 10.1007/978-3-030-11476-3
- Žegarac Leskovicar, V. in Premrov, M. (2021). Architectural and Structural Design Typologies of Multi-Storey Timber Buildings. *Forests*, 12, 948. <https://doi.org/10.3390/f12060948>

Potresno varna gradnja z lahkimi lesenimi okvirnimi stenski elementi

dr. Meta Kržan, dr. Tomaž Pazlar

Zavod za gradbeništvo Slovenije

Ivan Grašič, dr. Boštjan Ber

Jelovica hiše d.o.o.

t: 01 2804 200

e: meta.krzan@zag.si

tomaz.pazlar@zag.si

ivan.grasic@jelovica.si

bostjan.ber@jelovica.si

www.zag.si

www.jelovica-hise.si

Uvod

Gradnja z lahkimi lesenimi okvirnimi stenski paneli

Kljub vse večji uporabi križno lepljenega lesa (CLT) kot primarne nosilne konstrukcije lesenih stavb ostajajo lahke lesene okvirne konstrukcije (Slika 1) še vedno najbolj razširjen konstrukcijski sistem gradnje z lesom po vsem svetu. Lahki leseni okvirni paneli (angl. light-frame timber panels) imajo v primerjavi s stenami iz CLT plošč številne prednosti, med drugim:

- znatno manjšo oz. optimalno porabo lesa in posledično nižjo ceno;
- možnost namestitve izolacije in strojnih inštalacij v panel, s čimer se zmanjšata debelina stene oz. število potrebnih izrezov;
- izboljšano požarno odpornost glede na različne izbrane materiale obložnih plošč.

Zaradi navedenih razlogov in dejstva, da sta trajnostnost in hitrost gradnje vse pomembnejši, je danes vedno pogostejša gradnja z lahkimi okvirnimi stenski paneli tudi srednje visokih stavb. Z višjimi in zahtevnejšimi konstrukcijami pa se povečuje tudi potresna obtežba, ki je na potresno nevarnejših območjih pogosto najbolj kritična obremenitev pri načrtova-

nju konstrukcij. Prednost lahke lesene gradnje s stališča potresnega obnašanja stavb napram gradnji z drugimi gradbenimi materiali je predvsem nizka teža nosilne konstrukcije, ki pri potresu rezultira v manjših potresnih silah. Ob pravilni zasnovi nosilne konstrukcije in detajlov, ki zagotavljajo disipacijo energije v stikih nosilnih elementov, je globalno obnašanje lesenih stavb duktilno in torej ugodno pri potresih. Duktilnost je bistvena lastnost konstrukcijskih elementov in sistemov za ugodno obnašanje pri potresu, ki omogoča postopno porušitev elementov s postopnim padanjem strižne nosilnosti in povečevanjem deformacij. Za varno in hkrati optimalno načrtovanje lesenih okvirnih konstrukcij so zato toliko pomembnejši: dobro razumevanje obnašanja okvirnih stenskih panelov pri strižnih obremenitvah, pridobitev oz. potrditev analitično izračunanih vrednosti vhodnih parametrov, potrebnih za zahtevnejše potresne analize in potresno varno projektiranje, ter izboljšanje potresnega obnašanja okvirnih stenskih panelov, ki so trenutno v uporabi.

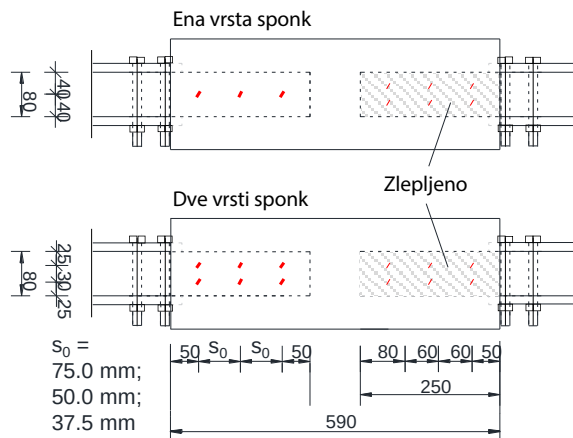
Lahki leseni okvirni velikostenski paneli so zgrajeni iz lesenih okvirjev iz masivnega ali lepljenega lameliranega lesa, pri katerih navpični elementi (stebri) zagotavljajo odpornost na navpične obremenitve, strižna nosilnost in togost panelov pa sta zagotovljeni z obložnimi ploščami, pritrjenimi na okvir. Obložne plošče, izdelane iz različnih materialov (najpogostejše iz mavčno-vlaknenih plošč ali plošč iz usmerjenih lesnih vlaken – OSB plošč), so na leseni okvir pritrjene z različnimi vrstami mehanskih paličastih veznih sredstev, odvisnih od vrste uporabljene obloge in tehnologije proizvajalcev (običajno s kovinskimi žebli, vijaki ali sponkami). Čeprav na strižno obnašanje panelov vplivajo različni parametri, kot so geometrijsko razmerje panelov, stiki panelov s ploščami, stopnja navpične obremenitve in vrsta obloge, so za razumevanje in napovedovanje strižne nosilnosti, togosti in deformacijske kapacitete panelov ključnega pomena stiki med obložnimi ploščami in lesenim okvirom (Casagrande idr., 2016; Vogrinčec in Premrov, 2018) in njihovo ustrezno obnašanje. Stiki morajo s plastičnimi deformacijami v veznih sredstvih pri strižnih obremenitvah omogočati disipacijo energije in duktilno porušitev panelov. Slednje dovoljuje, da se pri potresnem projektiranju stavb z izbranimi lahkimi okvirnimi stenski paneli lahko predpostavi ugoden faktor potresnega obnašanja.



Slika 1: Izdelava lahkega lesenega okvirnega stenskega panela v proizvodnji (Jelovica hiše d.o.o.)



Slika 2: Preskuševališče z vzorcem (levo) in skica malih preskušancev za študij obnašanja stikov (desno)



Preiskave potresnega obnašanja stavb z lahкими lesenimi okvirnimi paneli na ZAG, izvedene v sodelovanju z Jelovica hiše d.o.o.

Na Zavodu za gradbeništvo Slovenije (ZAG) so zadnjih nekaj let v sodelovanju z Jelovica hiše d.o.o. v teku raziskave za izboljšanje razumevanja in potresnega obnašanja lesenih montažnih stavb z lahкими lesenimi okvirnimi stenski paneli, ki jih Jelovica hiše d.o.o. proizvaja in uporablja že desetletja. Posamezni sklopi raziskav obravnavajo različno problematiko oz. proučujejo pomembne posamezne dele v mozaiku razumevanja in analize potresnega obnašanja stavb, zgrajenih s preiskovanimi paneli. Obsegali so eksperimentalne preiskave in analize rezultatov na nivoju bistvenih detajlov panelov (stikov), na nivoju preiskav konstrukcijskih elementov realne velikosti, in sicer na zasnovah panelov, ki se trenutno uporabljajo v gradnji, ter na panelih z nadgrajenimi detajli za povečanje potresne odpornosti. Nadalje so preiskave validirale trenutno uporabljene analitične metode v veljavnih standardih in literaturi za oceno strižnega obnašanja stikov in panelov, obsegale pa so tudi izdelavo metode za nelinearno numerično analizo globalnega potresnega obnašanja stavb s preiskovanimi paneli in nadalje analizo vplivov različnih predpostavk obnašanja panelov na globalno potresno odpornost realnih stavb.

Eksperimentalne strižne preiskave lahkih okvirnih lesenih panelov s cementno-ivernimi obložnimi ploščami

Cilj izvedenih eksperimentalnih preiskav je bil celovito preučiti potresno obnašanje lahkih okvirnih lesenih stenskih panelov s cementno-ivernimi obložnimi ploščami in ga izboljšati. V nasprotju s paneli s široko uporabljenimi vrstami obložnih plošč (mavčno-vlaknenimi in OSB ploščami) za panele s cementno-ivernimi ploščami v literaturi namreč razen predstavljanih izvedenih raziskav ni najti raziskav o potresnem obnašanju stenskih panelov kot tudi ne raziskav o strižnem obnašanju stikov cementno-ivernih plošč in lesa z mehanskimi veznimi sredstvi. Čeprav zaradi primerljivih požarnih in obdelavnih lastnosti cementno-ivernih plošč predstavljajo dobro argumentirano alternativo panelom z mavčno-vlaknenimi ploščami, ki so zaradi navedenih lastnosti bolj uporabljeni v primerjavi z drugim obložnim materialom, panele s cemento-ivernimi ploščami

uporablja le nekaj proizvajalcev montažnih lahkih lesenih okvirnih konstrukcij po svetu.

V prvem sklopu raziskav so bili izvedeni preskusi za študij strižnega obnašanja panelov s cementno-ivernimi ploščami, ki so trenutno že v uporabi pri gradnji lesenih stavb. Neznanka pred preiskavami je bila predvsem, ali bo strižno obnašanje krhko, podobno panelom z mavčno-vlaknenimi ploščami, ali duktilno. Posebnost preskušanih panelov je poleg uporabe cemento-ivernih plošč tudi uporaba kovinskih sponk za pritrditev plošč. V veljavnem evropskem standardu za potresno varno projektiranje stavb EC8 (EN 1998-1:2005, 2005) je računsko upoštevanje najvišjega razreda duktilnosti (DCH) predvideno samo za lahke lesene okvirne panele z obložnimi ploščami, pritrjenimi na leseni okvir z vijaki ali žebli. Paneli z obložnimi ploščami, pritrjenimi s sponkami, v standardu niso izrecno omenjeni, zato pri potresni analizi za stavbe s tovrstnimi stenski paneli po predpisih ni mogoče privzeti faktorja obnašanja 3–5, ki je sicer predviden za DCH.

Preiskave obnašanja mehanskih stikov obložnih plošč in lesenega okvirja (pritrditev plošč s sponkami)

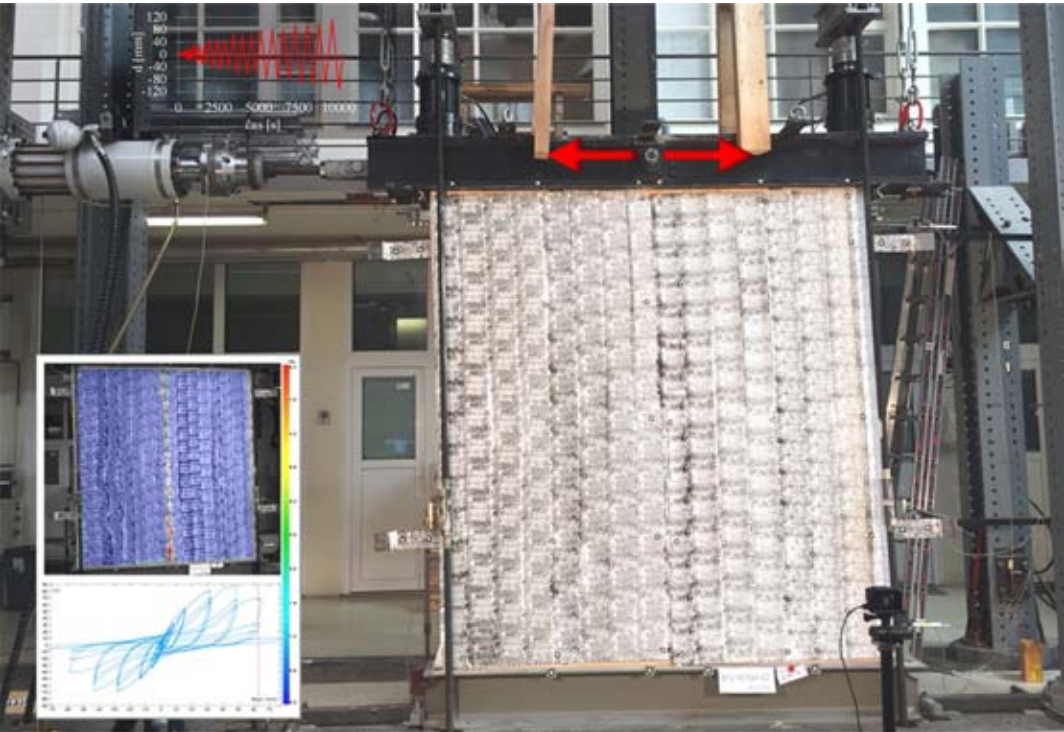
Za analizo potresnega obnašanja obstoječih osnovnih variant panelov je bilo najprej izvedenih skupaj 60 monotoni in cikličnih preskusov za določanje strižnega obnašanja mehanskih stikov masivni les – cementno-iverna plošča s kovinskimi paličastimi sponkami (Kržan idr., 2020b) na manjših preskušancih (Slika 2). Na preskušancih so bile varirane debelina obložnih plošč, razdalja med sponkami in postavitve sponk.

Rezultati preskušanja so pokazali duktilno porušitev stika tudi pri vzorcih z razdaljami sponk, manjšimi od razdalj, ki se sicer uporabljajo. Ugodni rezultati zato služijo kot izhodišče za povečanje potresne nosilnosti panelov. Ena izmed glavnih ugotovitev raziskav je tudi, da je karakteristična strižna nosilnost preiskovanih stikov, izračunana iz rezultatov cikličnih preskusov, bistveno večja od tiste, ki jo po izračunu predvideva trenutno veljavni evropski standard za projektiranje lesenih konstrukcij EC5 (EN 1995-1-1:2004, 2004), za določeno debelino obložnih plošč celo za več kot 30 %. Prav tako je primerjava rezultatov monotoni in cikličnih preskusov pokazala približno 25 % nižjo nosilnost stika v primeru cikličnega obremenjevanja.

Strižni preskusi stenskih panelov, ki se uporabljajo pri gradnji

Po preiskavah stikov so bili izvedeni 3 monotoni in 6 cikličnih strižnih preskusov stenskih panelov (Slika 3) dolžine in višine 250 in 264 cm z različno debelimi cementno-ivernimi ploščami (12 in 16 mm), pritrjenimi na okvir kot v praksi s paličastimi kovinskimi sponkami različnih dimenzij. Preskušani tipi panelov in izvedene preiskave so zbrani v Preglednici 1, podrobni opisi

osnovnih preskušancev in izvedenih eksperimentalnih preiskavah panelov z detajlnimi rezultati in diskusijo pa so dostopni v (Kržan idr., 2020a). Velja omeniti, da so bili med variantami izvedeni tudi strižni preskusi na asimetrični različici panelov z različno debelimi cementno-ivernimi ploščami na obeh straneh panela, in sicer da bi potrdili, ali je pri dotičnih panelih zaradi njihove nesimetričnosti pri projektiranju res potrebno najmanj 50-odstotno zmanjšanje strižne nosilnosti, kot je to predvideno v standardu za projektiranje EC5.



Slika 3: Strižni ciklični preskus osnovnega stenskega panela z vidnim stanjem poškodovanosti po dosegu maksimalne nosilnosti panela s prikazom deformacij, merjenih s fotogrametrijo, za izbrano stanje na histerezni ovojnici (levo spodaj)

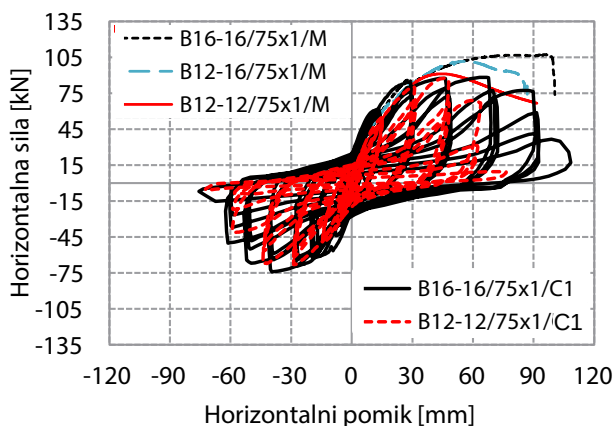
Preglednica 1: Shema prvega in drugega sklopa preiskav na osnovnih in izboljšanih stenskih panelih z zbranimi karakteristikami posameznih preskušanih tipov panelov

	Tip panela	Test	Obložna plošča	Kovinske sponke: Φ / hrbet / noge	Medosna raz- dalja s _g , št. vrst	Dvižni kotniki
Osnovni	B16-16/75 x 1	M, 2 x C	2 x CIP 16 mm	2,0 / 11,76 / 50 mm	75,0 mm, 1 vrsta	2 x 2 HTT22
	B12-12/75 x 1	M, 2 x C	2 x CIP 12 mm	1,53 / 11,25 / 45 mm	75,0 mm, 1 vrsta	2 x 2 HTT22
	B12-16/75 x 1	M, 2 x C	CIP 12 mm, CIP 16 mm	1,53 / 11,25 / 45 mm, 2,0 / 11,76 / 50 mm	75,0 mm, 1 vrsta	M: 2 x nestandardni, C: 2 x 2 HTT22
Novi	B12-12/75 x 2	2 x C	2 x CIP 12 mm	1,53 / 11,25 / 45 mm	75,0 mm, 2 vrsti	2 x WHT740 + WHTBS130
	B12-12/37,5 x 1	2 x C	2 x CIP 12 mm	1,53 / 11,25 / 45 mm	37,5 mm, 1 vrsta	2 x WHT740 + WHTBS130

Opomba: M in C označujeta strižne preskuse panelov z monotonim in cikličnim obremenjevanjem cementno-ivrne plošče (CIP). Paneli so pritrjeni na podlago s kotniki, podane so komercialne oznake kotnikov.



Slika 4: Porušitev panelov s plastično deformacijo in izvlekom sponk iz okvira (levo) in tipične histerezne ovojnice horizontalna sila – pomik za preskušane različne panele (desno)



Histerezne ovojnice strižnega obnašanja tipičnih panelov, prikazane na Sliki 4, desno, potrjujejo, da je obnašanje v praksi uporabljenih sestavov panelov pri strižnih obremenitvah duktilno, pri čemer je glavni porušni mehanizem panelov izvlek sponk (in posledično plošč) iz lesenega okvirja (Slika 4a, 4b, levo) in ne krhka porušitev plošč (obložne plošče so bile pri porušitvi poškodovane le v posameznih vogalih, Slika 4c, levo). Preiskave potrjujejo tudi, da redukcija strižne nosilnosti panelov, predvidena pri izračunu po EC5 za panele z nesimetričnimi ploščami, za preskušane asimetrične panele ni utemeljena in potrebna.

Strižni preskusi stenskih panelov z nadgrajenimi zasnovami za izboljšanje njihovega potresnega obnašanja

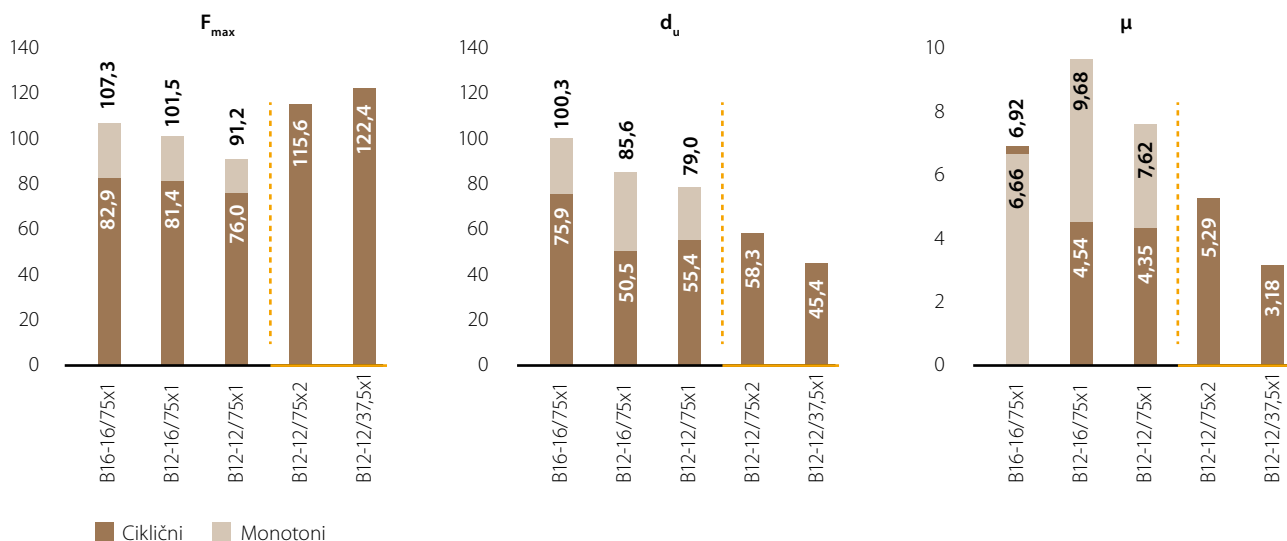
V skladu z rezultati izvedenih preiskav variacij detajla pritrdjevanja na malih preskušancih so bili za izboljšanje potresne odpornosti panelov zasnovani paneli s povečanim številom pritrditev obloženih plošč z mehanskimi veznimi sredstvi na okvir, in sicer s približno podvojenim številom. Glede na računske modele v standardih, pri katerih je nosilnost linearno sorazmerna s številom pritrditev, naj bi tako podvojili nosilnost. Da bi analizirali

učinkovitost izboljšanja zasnove panelov in preverili pravilnost analitičnega računskega napovedovanja njihove strižne nosilnosti, so bili izvedeni štirje ciklični strižni preskusi na dveh različnih panelih z 12 mm debelimi obloženimi ploščami; na panelih z razpolovljeno razdaljo med pritrditvami in paneli s pritrdjevanjem po obodu plošč v dveh vrstah »novi« tip panelov v Preglednici 1). V literaturi eksperimentalnih preiskav panelov s sistematičnim variiranjem števila in postavitve pritrditve plošč na leseni okvir ni najti.

Izkazalo se je, da povečanje števila pritrditev, bodisi z zmanjšanjem razdalje med sponkami bodisi s pritrditvijo obloženih plošč z dvema vrstama sponk, znatno poveča nosilnost panelov (za več kot 50 %, Slika 6), vendar ne sorazmerno povečanju števila sponk, kot to predpostavljajo računski modeli. Razlog slednjemu so mehanske karakteristike cementno-ivernih plošč; pri panelih s sponkami v dveh vrstah je prišlo do porušitve plošč vzdolž stika, medtem ko je pri panelih s sponkami v razmaku 37,5 mm nastopila diagonalna natezna porušitev cementno-ivernih obloženih plošč (Slika 5). Posledično sta bili za slednji tip panelov manjši deformacijska kapaciteta in duktilnost (d_u in μ , Slika 6).



Slika 5: Tipični porušni mehanizem nadgrajenih panelov

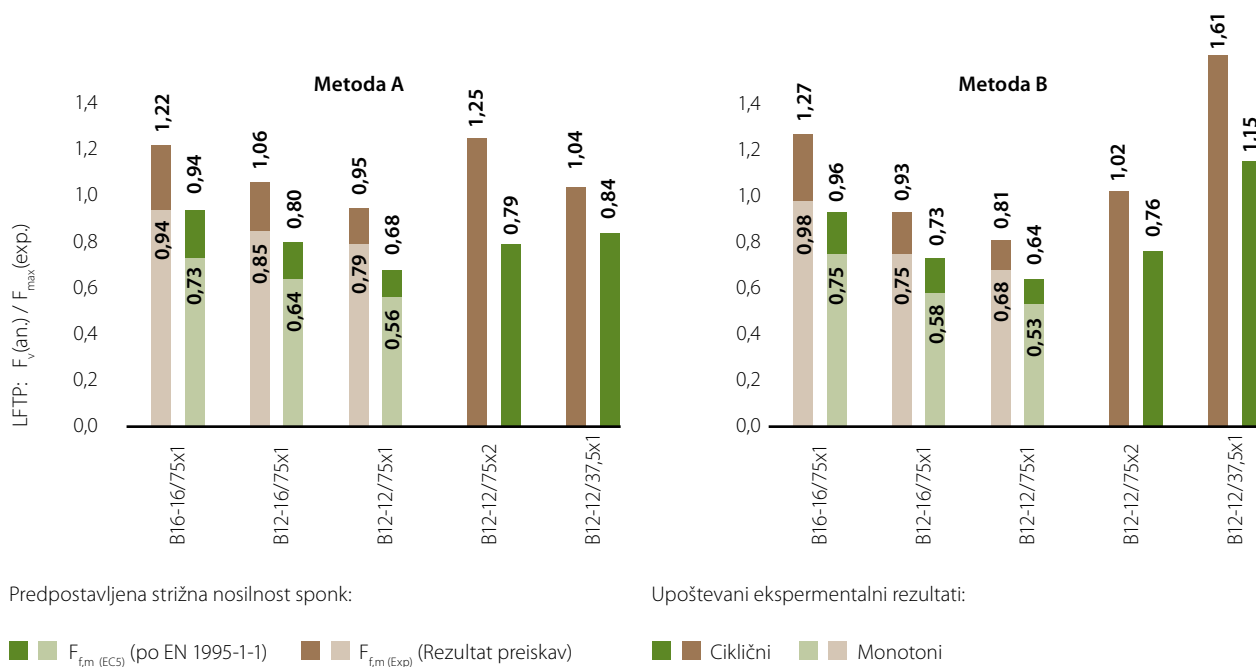


Slika 6: Rezultati povprečnih maksimalnih sil (F_{max}), deformacijske kapacitete (d_u) in duktilnosti (μ) preskušanih osnovnih in novih različic panelov

Validacija rezultatov ocene strižne nosilnosti panelov po metodah v standardu z eksperimentalnimi rezultati

Da bi ugotovili, ali so analitične ocene, ki se v praksi uporabljajo pri projektiranju, za preskušene panele konservativne (ali ne), so bile za vse preskušane panele analitično izračunane njihove strižne nosilnosti po različnih metodah v standardu EC5 (metoda A in B) z različnimi predpostavkami.

Predpostavke izračunov, rezultati in primerjava z diskusijo so podrobno predstavljene v Kržan, Pazlar, idr. (2022). Primerjava rezultatov analitično izračunanih ocen nosilnosti $F_{v(an)}$ z rezultati strižnih nosilnosti iz preiskav panelov $F_{v(max)(exp)}$ (Slika 7) je pokazala, da sta tako metoda A kot metoda B nekonserativni, če se predpostavi dejanske oz. eksperimentalno pridobljene vrednosti strižnih nosilnosti stikov plošč z okvirjem in se analitični rezultati primerjajo z rezultati cikličnih preskusov (in ne monotoni).



Predpostavljena strižna nosilnost sponk:

Upoštevani eksperimentalni rezultati:

■ $F_{f,m}(EC5)$ (po EN 1995-1-1) ■ $F_{f,m}(Exp)$ (Rezultat preiskav) ■ Ciklični ■ Monotoni

Slika 7: Razmerje analitično ocenjenih nosilnosti plošč $F_{v(an)}$ (po metodah A in B, ob upoštevanju analitične ali eksperimentalne strižne nosilnosti sponk, $F_{f,m}(EC5)$ ali $F_{f,m}(Exp)$) z eksperimentalno dobljenimi nosilnostmi $F_{v(max)(exp)}$ pri monotoni in cikličnih preskusih (več podrobnosti v Kržan, Pazlar idr., 2022).

Za vse osnovne panele so ocene nosilnosti po standardu v primerjavi z rezultati monotonih preskusov konservativne. V povprečju je bila namreč nosilnost kateregakoli tipa panelov pri eksperimentalnih cikličnih preskusih v primerjavi z monotonimi preskusi 25 % manjša.

Po drugi strani pa so ob predpostavki strižnih nosilnosti pritrditev plošč, ocenjenih v skladu z EC5, analitično izračunane strižne nosilnosti vseh osnovnih panelov konservativne, četudi jih primerjamo z rezultati cikličnih preskusov; z obema metodama so podcenjene za več kot 30 %.

Analitični izračun strižne nosilnosti za izboljšane panele kaže nujnost omejitve izračunane nosilnosti z upoštevanjem mehanizma strižne porušitve obložnih plošč, ki je v veljavnem EC5 ni. Če se upošteva ocena strižne nosilnosti z omenjenim mehanizmom po standardu DIN (DIN 1052:2008-12, 2008), je za obe vrsti panelov analitično ocenjena strižna nosilnost obeh variant močnejših panelov zelo blizu vrednostim, dobljenim v preiskavah (manj kot 5 % razlike).

Izdelava numerične metode za poenostavljeno nelinearno statično analizo stavb s preiskovanimi paneli in preiskave vpliva predpostavk nelinearnega obnašanja panelov na globalno potresno odpornost dejanske stavbe

Z namenom analize vpliva predpostavk različnih modelov obnašanja stenskih panelov s cementno-ivernimi obložnimi ploščami na potresno obnašanje stavb, grajenih s preskušanimi paneli, in njihovo potresno odpornost, je bila izdelana numerična metoda za enostavno nelinearno statično analizo stavb. Na realni dvoetažni leseni stavbi s lahкими okvirnimi lesenimi stenskimi paneli (Slika 8, levo) je bila izvedena parametrična študija z različnimi predpostavljenimi modeli nelinearnega strižnega obnašanja panelov. Več o predpostavkah nelinearnega obnašanja panelov in modifikaciji t. i. POR metode (Tomazevic, 1978) za analizo stavbe kot tudi o karakteristikah analizirane stavbe in rezultatih analiz je na voljo v Kržan, Balant idr. (2022). Pri analizah so bile upoštevane nosilnosti panelov, izračunane na podlagi rezultatov eksperimentov (rezultat analize F_v -exp na Sliki 8, desno) ter po analitičnih izračunih strižnih nosilnosti po metodah A in B v standardu EC5 s predpostavljenimi strižni-

mi nosilnostmi sponk tako po EC5 (rezultat označen z $F_{f(EC5)}$) kot tudi po eksperimentalnih preiskavah stikov na manjših vzorcih (rezultat $F_{f(Exp)}$).

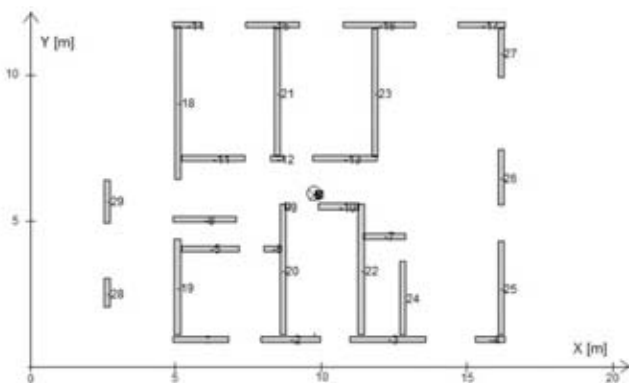
Rezultati po pričakovanjih potrjujejo relativno veliko potresno odpornost stavbe s preskušanimi paneli, ki ima dokaj pravilno konstrukcijsko zasnovo po tlorisu in višini. Potrjujejo pa tudi veliko razhajanje izračunanih potresnih odpornosti objekta pri nelinearni analizi z različnimi predpostavkami strižnega obnašanja panelov – Slika 8, desno, prikazuje potisne krivulje za stavbo v vzdolžni, kritični smeri, izračunane z različnimi predpostavkami. Rezultati se zelo razlikujejo v ocenjenih vrednostih celotne strižne nosilnosti etaže, togosti in ne nazadnje v izračunanem projektnem pospešku tal, ki naj bi ga stavba prenesla (za prikazane krivulje so vrednosti med 0,34 in 0,59 g).

Rezultati potrjujejo, da je treba na nivoju standardov pripraviti natančnejše smernice za določanje potresne odpornosti lesenih stavb z nelinearnimi analizami.

Zaključek

Rezultati opravljenih raziskav potrjujejo ugodno (duktilno) potresno obnašanje lahkih lesenih okvirnih panelov s cementno-ivernimi obložnimi ploščami in posledično tudi potresno varnost ustrezno zasnovanih stavb. Eksperimentalne preiskave omogočajo projektantom stavb zanesljivejše vhodne podatke pri izračunih, potrditev duktilnega obnašanja, ugotovitve strižnih preiskav nesimetričnih panelov pa tudi opustitev privzema konservativnih predpostavk v veljavnem standardu ter tako bolj ekonomične rešitve. V primeru večjih potresnih zahtev za lesene montažne stavbe, ki se pojavljajo ob načrtovanju višjih ali zahtevnejših stavb, rezultati predstavljenih preiskav omogočajo zasnovo močnejših, potresno odpornejših lesenih okvirnih stenskih panelov.

Na podlagi raziskav razvita enostavna nelinearna metoda za potresno analizo potrjuje ugodno globalno potresno obnašanje pravilno zasnovane stavbe s preiskovanimi paneli. A rezultati parametrične študije hkrati tudi izpostavljajo potrebo po razvoju enotne metodologije nelinearnih analiz in njenih predpostavk.



Slika 8: Skica tlorisa in vertikalnih nosilnih elementov pritličja analizirane stavbe (levo) in potisne krivulje za vzdolžno (kritično) smer potresne analize z upoštevanimi različnimi predpostavkami strižnega obnašanja panelov

Poleg znanstvenih raziskav, ki se bodo osredotočale na preiskave vplivov in pravilnosti določenih predpostavk na celotno obnašanje stavbe in potresno varnost, je treba izpostaviti tudi potrebo po razvoju enostavnih metod analiz za uporabo pri praktičnem načrtovanju lesenih stavb. Slednje se lotevajo tudi trenutne raziskave na Zavodu za gradbeništvo Slovenije, v sklopu katerih se enostavna metoda za nelinearno statično analizo lesenih stavb nadgrajuje z naprednimi modeli nelinearnega obnašanja panelov, predvidenimi v novi izdaji standardov za načrtovanje konstrukcij Evrokod. Slednji bodo omogočali naprednejše in bolj optimalno načrtovanje zahtevnejših lesenih stavb kot tudi stanovanjske (okvirne) lesene gradnje. Slednja se je kot potresno varna izkazala že v potresih v Posočju, saj so stavbe Jelovice utrpeli le manjše nekonstruktivne poškodbe.

Zahvala

Predstavljene raziskave so bile opravljene v okviru projektov TIGR4smart in projekta št. C3330-19-952045 Raziskovalci-2.1-ZAG-952045, sofinanciranih s strani Evropske unije iz sklada za regionalni razvoj in Ministrstva za izobraževanje, znanost in šport v okviru Operativnega programa za izvajanje Evropske kohezijske politike v obdobju 2014-2020 ter v okviru raziskovalnega programa P2-0273 (D) in s podporo infrastrukturnega programa I0-0032 (A), ki ju financira ARIS.

Viri:

Casagrande, D., Rossi, S., Sartori, T., in Tomasi, R. (2016). Proposal of an analytical procedure and a simplified numerical model for elastic response of single-storey timber shear-walls. *Construction and Building Materials*, 102, 1101–1112. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.12.114>

DIN 1052:2008-12. Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken – Allgemeine Bemessungsregeln und Bemessungsregeln für den Hochbau. (2008). Berlin, DIN.

EN 1995-1-1:2004: Eurocode 5: Design of timber structures – Part 1-1: General – Common rules and rules for buildings. (2004). CEN.

EN 1998-1:2005: Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance – Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings. (2005).

Kržan, M., Balant, L., Pazlar, T., in Ber, B. (2022). Parametrična nelinearna statična analiza montažnega lesenega stanovanjskega objekta. *Zbornik 43. zborovanja gradbenih konstruktorjev Slovenije*, 173–182.

Kržan, M., Pazlar, T., in Ber, B. (2022). Improved seismic response of light-frame-timber panels with cement-particle-board sheathing of various thicknesses and different configurations of fasteners. *Engineering Structures*, 253, 113757. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.113757>

Kržan, M., Pazlar, T., Grašič, I., in Ber, B. (2020a). Preiskave lesenih okvirnih stenskih panelov s cementno-ivernimi obložnimi ploščami. *Gradbeni vestnik: glasilo Zveze društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije*, 69, 63–72.

Kržan, M., Pazlar, T., Grašič, I., in Ber, B. (2020b). Experimental Tests of Cement-Particle-Sheathing-to-Timber Connections with Staples. *Proceedings WCTE 2020. Proceedings WCTE 2020, Santiago, Chile*.

Tomazevic, M. (1978). The computer program POR: institute for testing and research in materials and structures-ZRMK. Ljubljana, Slovenia.

Vogrinc, K., in Premrov, M. (2018). Influence of the design approach on the behaviour of timber-frame panel buildings under horizontal forces. *Engineering Structures*, 175, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.08.014>

Potresna nevarnost Slovenije in zakonodaja o potresno odporni gradnji

Polona Zupančič

Agencija RS za okolje

t: 01 478 72 55

e: polona.zupancic@gov.si

www.arso.gov.si

Potresna nevarnost

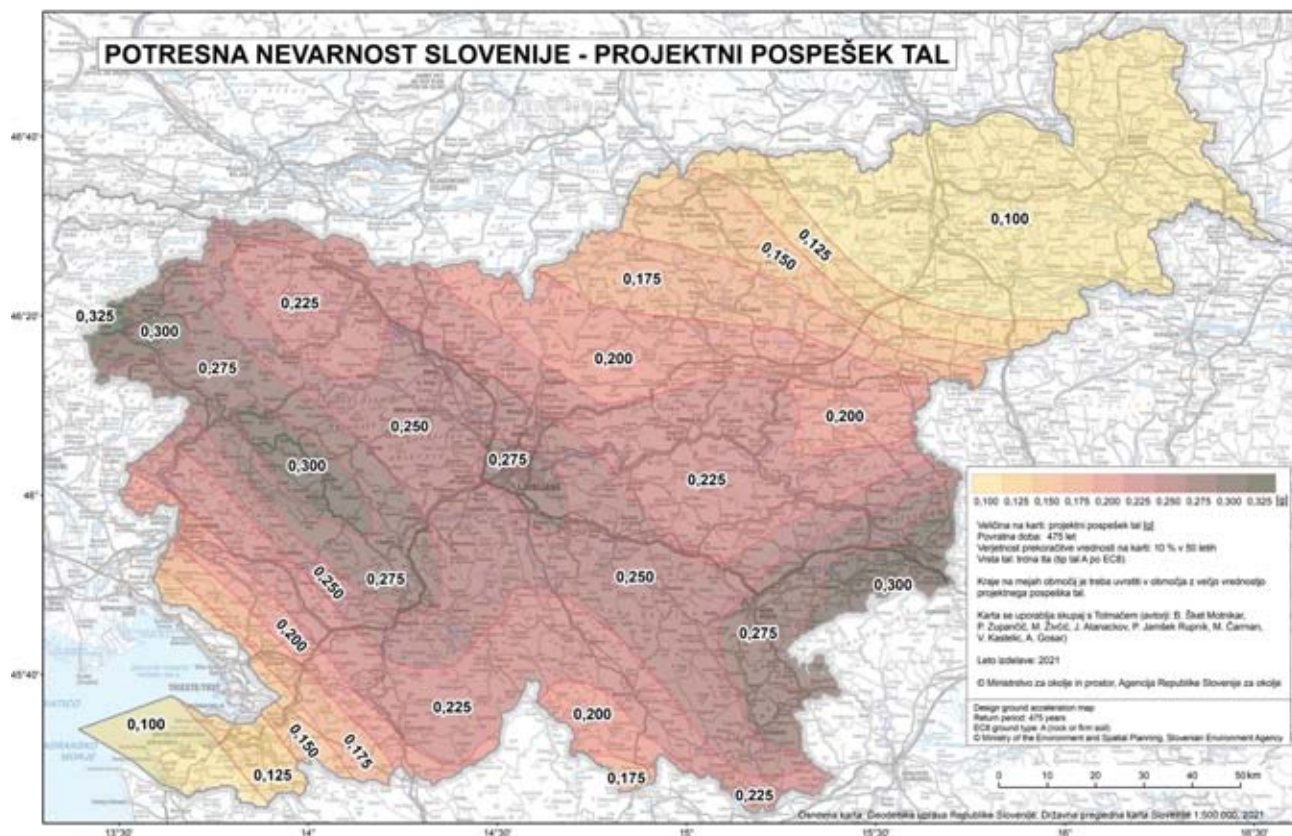
Potresna nevarnost opiše naravno danost za nastanek potresa. Večja potresna nevarnost pomeni pogostejše pojavljanje močnih potresov. Slovenija je država s srednjo potresno nevarnostjo. Severno od nas se potresna nevarnost zmanjšuje, južno od nas pa je potresna nevarnost večja. Največja potresna nevarnost v Evropi je v Italiji, Albaniji in Grčiji. Slovenija se nahaja na območju aktivnega stika Jadranske plošče in Evropske tektonske plošče, zato je tu aktivnih več prelomnih sistemov, na katerih lahko nastanejo močni potresi. Potresov se ne da napovedati, zato je edina preventiva gradnja in potresna utrditev stavb v skladu z zakonodajo o potresno odporni gradnji. Potresno nevarnost lahko predstavimo s kartami, krivuljami ali spektri. Poznavanje potresne nevarnosti je pomembno tudi za načrtovanje ukrepov zaščite in reševanja ter ozaveščanje javnosti.

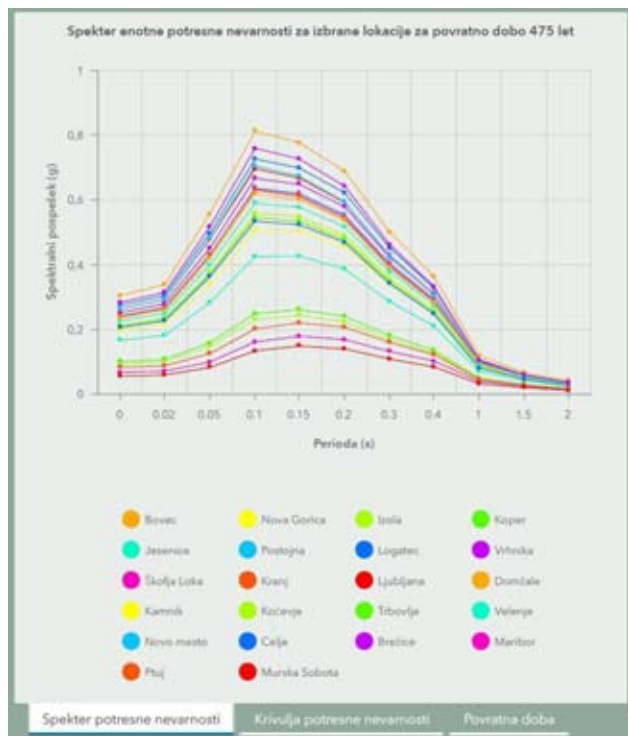
V letu 2021 je Agencija RS za okolje (ARSO) v sodelovanju z Geološkim zavodom Slovenije (GeoZS) uspešno zaključila večletni projekt razvoja novega modela potresne nevarnosti Slovenije. Potresno nevarnost smo izračunali s postopkom verjetnostnega ocenjevanja. Prvič doslej smo uporabili podatke o aktivnih prelomih in razvili model prelomnih potresnih izvorov. Pri izračunu smo modelirali tudi podatke o pretekli seizmičnosti.

Karta potresne nevarnosti Slovenije prikazuje projektni pospešek tal PGA (Slika 1). Izračunana je za povratno dobo 475 let in trdna tla. Usklajena je z zahtevami standarda za potresno odporno projektiranje Evrokod 8 (EC8) (ARSO, 2021, 2022a; Šket Motnikar idr., 2022). EC8 določa, da je osnovni parameter potresne nevarnosti izračunan za povratno dobo 475 let in trdna tla (tip tal A po EC8). Projektni pospešek tal (angl. design ground acceleration) je po EC8 enak vršnemu (največjemu) pospešku tal (angl. peak ground acceleration) PGA. To je največja absolutna vrednost pospeška na prostem površju. Povratna doba je povprečen čas med prekoračitvami vrednosti pospeška tal na dani lokaciji. Priporočena doba 475 let ustreza 90-odstotni verjetnosti, da vrednosti na karti ne bodo presežene v 50 letih, kar je predvidena življenjska doba navadnih objektov. Za pomembne objekte (npr. šole, bolnišnice) se uporablja faktor pomembnosti stavb, ki je podan v EC8 ali ustrezno večja povratna doba.

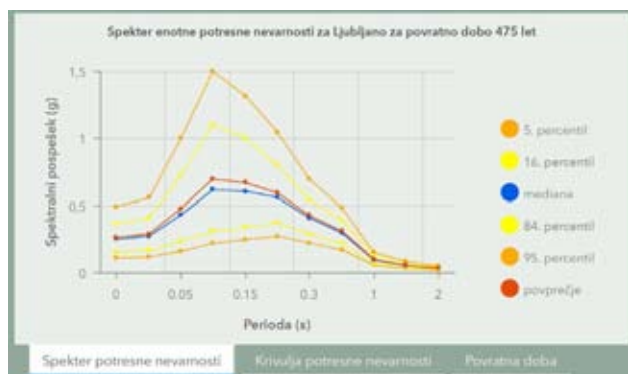
Vrednosti na karti potresne nevarnosti so razvrščene v razrede širine 0,025 g (zemeljski gravitacijski pospešek) in zaokrožene na zgornjo mejo razredov (med 0,1 g in 0,325 g). Projektni pospešek tal (Slika 1) doseže največjo vrednost (0,325 g) na meji z Italijo zahodno od Bovca, kar je povezano z veliko potresno aktivnostjo bližnje Furlanije. Pospešek 0,3 g zajema območje okrog Idrije, ki sovпада z najpomembnejšimi dinarskimi prelomi in lokacijo najmočnejšega zgodovinskega potresa v katalogu Slovenije, in vzhodnega dela Slovenije okrog Brežic, kjer se v Sloveniji zgodi največ zmernih potresov, ki že lahko povzročijo manjše poškodbe. Med nevarna območja (0,275 g) spada tudi Ljubljana z okolico, ki ga izpostavljamo zaradi velike gostote naseljenosti.

Potresna nevarnost Slovenije je predstavljena tudi z desetimi kartami spektralnih pospeškov za trdna tla (tla vrste A po EC8) in povratno dobo 475 let. Za večje kraje v Sloveniji so na voljo krivulje potresne nevarnosti in spektri enotne potresne nevarnosti. Vsi izdelki so dostopni v spletnem pregledovalniku na spletni strani ARSO (ARSO, 2022b) (Slika 2). V osnovnem oknu pregledovalnika sta dva zavihka s kartami. Na prvem zavihku je karta projektnega pospeška tal. Na drugem zavihku so informativne karte vršnega ali spektralnega pospeška tal, ki jih izbiramo iz seznama pod kartami. S pomočjo orodja Info dobimo okno z informacijo o izbrani točki na karti. Z gumbom »Iskalec naslovov« lahko iščemo po naslovih. Karta se nato približa najdenemu naslovu in lahko odčitamo vrednost pospeška. Na kartah so označeni kraji, za katere so na levi strani pregledovalnika v elementu grafi prikazane krivulje in spektri potresne nevarnosti v obliki šestih grafov. Zgornji grafi prikazujejo spekter potresne nevarnosti, krivuljo potresne nevarnosti in povratno dobo za 22 izbranih krajev v Sloveniji (Slika 3). Spodnji grafi prikazujejo podatke za Ljubljano (Slika 4). Poleg povprečja in mediane so prikazane še štiri percentilne vrednosti (5., 16., 84. in 95. percentil). Pregledovalnik je namenjen predvsem gradbenikom – projektantom in tudi splošni javnosti.





Slika 3: Okno za prikaz spektra potresne nevarnosti, krivulje potresne nevarnosti in povratne dobe za 22 izbranih krajev v Sloveniji v spletnem pregledovalniku potresne nevarnosti Slovenije (ARSO, 2022b)



Slika 4: Okno za prikaz spektra potresne nevarnosti, krivulje potresne nevarnosti in povratne dobe za Ljubljano v spletnem pregledovalniku potresne nevarnosti Slovenije (ARSO, 2022b).

Zakonodaja o potresno odporni gradnji

Slovensko zakonodajo o potresno odporni gradnji opredeljuje Pravilnik o mehanski odpornosti in stabilnosti objektov (Ur. l. RS, št. 101/2005), ki predpisuje obvezno uporabo standarda Evrokod 8 (EC8) (SIST EN 1998-1:2005/AC:2009) in Nacionalnega dodatka k standardu EC8 (SIST EN 1998-1:2005/A101:2005/A101:2009/AC:2022). Karta potresne nevarnosti Slovenije – projektni pospešek tal je priloga Nacionalnega dodatka in je kot del predpisov obvezna za projektiranje stavb.

V prehodnem obdobju (od 1. maja 2022 do 1. maja 2024) je poleg dosedanje uradne karte (Lapajne idr., 2001, 2003) veljavna tudi nova karta »Potresna nevarnost Slovenije – projektni pospešek tal« (ARSO, 2021; Šket Motnikar idr., 2022). Po koncu prehodnega obdobja pa nova karta nadomesti dosedanje uradno karto za potresno odporno projektiranje in postane edina priloga Nacionalnemu dodatku (SIST EN 1998-1:2005/A101:2005/A101:2009/AC:2022) k EC8 (SIST EN 1998-1:2005/AC:2009).

Podrobnosti priprave karte potresne nevarnosti Slovenije so opisane v izvirnem znanstvenem članku (Šket Motnikar idr., 2022), strokovnem članku (Zupančič, Šket Motnikar, Živčič, Čarman in Gosar, 2022) in tolmaču karte (ARSO, 2022a). Besedilo je povzeto po teh člankih.

Viri:

ARSO (2021). Potresna nevarnost Slovenije – Projektni pospešek tal. Karta za tisk. http://potresi.arso.gov.si/doc/dokumenti/Karta_potresne_nevarnosti_2021.jpg

ARSO (2022a). Potresna nevarnost Slovenije – Projektni pospešek tal. Tolmač karte. https://potresi.arso.gov.si/doc/dokumenti/Tolmac_karte_potresne_nevarnosti_2021.pdf

ARSO (2022b). Potresna nevarnost Slovenije – Spletni pregledovalnik. Agencija Republike Slovenije za okolje. <https://gis.arso.gov.si/portal/apps/opsdashboard/index.html#/48ad6a51977c4ee886722a3c09c4f470?locale=sl>

Lapajne, J., Šket Motnikar, B., in Zupančič, P. (2001). Nova karta potresne nevarnosti – projektni pospešek tal namesto intenzitete. *Gradbeni vestnik*, 50, 140–149.

Lapajne, J. K., Šket Motnikar, B. in Zupančič, P. (2003). PSHA methodology for distributed seismicity, *Bull. Seism. Soc. Am.* 93, Vol. 6, 2502–2515. SIST EN 1998-1:2005/AC:2009 - Evrokod 8 – Projektiranje potresno odpornih konstrukcij – 1. del: Splošna pravila, potresni vplivi in pravila za stavbe, slovenski standard, Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2005 – Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance - Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings, angl. standard, I.

SIST EN 1998-1:2005/A101:2005/A101:2009/AC:2022 – Evrokod 8 – Projektiranje potresno odpornih konstrukcij – 1. del: Splošna pravila, potresni vplivi in pravila za stavbe – Nacionalni dodatek, Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2005.

Šket Motnikar, B., Zupančič, P., Živčič, M., Atanackov, J., Jamšek Rupnik, P., Čarman, M., Danciu, L., in Gosar, A. (2022). The 2021 seismic hazard model for Slovenia (SHMS21): overview and results. *Bull. Earthquake Eng.* 20, 4865–4894. <https://doi.org/10.1007/s10518-022-01399-8>

Zupančič, P., Šket Motnikar, B., Živčič, M., Čarman, M., in Gosar, A. (2022). Primerjava nove karte potresne nevarnosti Slovenije z evropsko karto in sosednjimi državami. *Ujma*, 36, 247–256.

Odpornost lesenih konstrukcij na različne obtežbe – od potresa do požara

dr. Bruno Dujič

CBD gradbeno in poslovno
projektiranje d.o.o.

t: 041 842 752

e: bruno.dujic@cbd.si

www.cbd.si

Uvod

Les, najbolj uporaben naravni material, je v človeški zgodovini prisoten tisočletja. Človek ga je uporabljal praktično na vseh področjih dnevnih potreb in opravil, tako za kurivo, izdelavo orodja, orožja in posode, skozi razvojne stopnje za transportna sredstva, pa tudi za gradbene namene za postavitev zatočišč, kolišč in kasneje bivališč. Njegova struktura in teža omogočata dokaj lahko uporabo in oblikovanje, hkrati pa imajo leseni elementi v smeri rasti in orientiranosti celuloznih vlaken odlične fizikalne in mehanske lastnosti. Tako se je skozi tisočletja in stoletja les uporabljal v osnovni obliki ročno obdelane hlodovine in vejevja, kasneje z možnostjo razreza, sušenja in lepljenja pa je kot gradbeni material doživel pravi razcvet. In to celo v 21. stoletju, ko mora kot naravni material konkurirati izjemnim tehnološkim materialom, kot so beton, armirani beton, jeklo, aluminij in drugi napredni materiali.

Les v gradbeništvu

Če so še nedavno v klasičnem gradbeništvu prevladovali gradbeni materiali, kot so opeka, beton in jeklo, les pa je bil nekoliko zapostavljen, danes ni več tako. Predvsem v ekološko zavednih in razvitih deželah je les postal nepogrešljiv gradbeni material v trajnostni in ekološki gradnji. Les je naravni gradbeni material, ki »dihaja« skupaj s prostorom, zato je življenje v stavbi iz lesa bolj zdravo in prijetno. Zaradi veliko pozitivnih vplivov v gradnji z lesom in mnogo boljših bivalnih pogojev so tudi investitorji prepoznali, da ima les kot naravni gradbeni material določene prednosti pred klasičnimi materiali. Za njegovo predelavo ne potrebujemo veliko energije, po odsluženem ciklu uporabe pa ne obremenijo okolja kot ostali gradbeni materiali. Poleg kvalitete bivalnega okolja je velika prednost tudi mnogo hitrejša in kakovostnejša izvedba lesenega objekta.

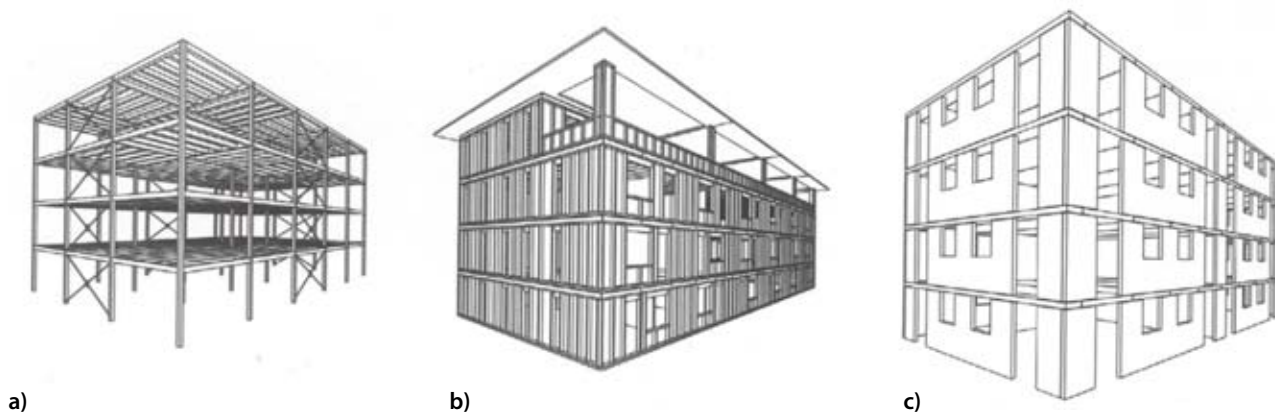
Razvoj novih tehnologij obdelave lesa in novi leseni gradbeni produkti so les kot trajnosten, ekološki konstrukcijski in izolacijski material postavili v ospredje pred ostale klasične gradbene in izolacijske materiale. Različne tehnologije predelave lesa v konstrukcijske gradbene elemente so v zadnjem desetletju naredile velik napredek. Okolja, ki znajo izkoristiti osnovno predelavo lesne surovine in hlodovino predelati v visokotehnološke

produkte, lahko kljub izjemno nenaklonjenemu gospodarskemu in gradbenemu okolju celo povečujejo svojo proizvodnjo. Države, ki imajo razvito lesnopredelovalno panogo, v zadnjem obdobju mnogo investirajo v nove sodobne predelovalne obrate, predvsem pa v tehnologijo izdelave ploskovnih križno lepljenih (X-Lam) in križno mozničnih (X-Dow) elementov, ki so v zadnjem desetletju povzročili povsem nov pristop in nov način gradnje trajnostnih ekoloških lesenih objektov.

Tudi Slovenija vlogo ogromno truda v razvoj lesenih gradbenih produktov z višjo in visoko dodano vrednostjo. V Sloveniji imamo proizvodnjo obeh ploskovnih gradbenih produktov v tehnologiji ploskovnega križnega lepljenja (X-Lam) proizvajalca Stilles d.o.o. in v tehnologiji ploskovnega križnega mozničenja (X-Dow) proizvajalca iQwood d.o.o. Z razvojem in projektiranjem predvsem večstanovanjskih in javnih stavb je treba to tehnologijo na nivoju države podpreti in omogočiti, da se lahko uveljavita v še vedno dokaj tradicionalni sivini slovenskega gradbeništva.

Leseni konstrukcijski sistemi

A z razvojem novih tehnologij gradnje, kot je npr. lesena gradnja, se poraja mnogo vprašanj glede njene odpornosti na različne vplive, katerim mora lesena konstrukcija kljubovati. Ločimo zunanje in notranje obtežne vplive na objekt in s tem na leseno konstrukcijo, ki mora zagotavljati nosilnost in stabilnost v življenjski oz. predpisani uporabi objekta. Takšni nezgodni zunanji vplivi so potres, veter, sneg, požar in glede na vse pogostejše ekstremne vremenske razmere tudi poplavni valovi ter celo hudourniške vode in plazovi. Notranji vplivi pa so večinoma vezani na bolj predvidljivo vrsto vertikalnih obtežb, kot so lastna, stalna in koristna obtežba. Poleg tega so lahko pri izvedbenih napakah prisotni tudi zunanji in notranji vplivi vlage na leseno konstrukcijo, ki pri zaprtih lesenih konstrukcijskih elementih v sestavi sten, tlakov, medetaž in streh, če se le-ti ne morejo hitro osušiti in so dalj časa pod vplivom povišane vlage, dokaj hitro propadejo ter tako ogrozijo nosilnost in stabilnost posameznega dela konstrukcije objekta ali celo celotnega objekta.



Slika 1: Primeri izvedbe lesenih konstrukcij: a) skeletna konstrukcija, b) okvirna konstrukcija z obložnimi ploščami in c) masivna konstrukcija (Lignum Die Technischen Holzinformationen der Lignum, Lignatec, Massivholzbau)

Kakšna je odpornost lesenih konstrukcij, ki zagotavljajo varnost posameznih vrst objektov (tu ločimo s standardi podane zahteve za enostanovanjske, večstanovanjske in javne objekte), je odvisno predvsem od vrste konstrukcijskega sistema, ki se zelo razlikujejo (Dujič, 2001; Kolb, 2008). V osnovi ločimo tri sisteme lesene gradnje, in sicer skeletno konstrukcijo, okvirno panelno oz. »sendvič« konstrukcijo in polno leseno masivno konstrukcijo (Slika 1).

Skeletna konstrukcija

Nosilna konstrukcija je sestavljena iz stebrov in nosilcev, ki so postavljeni na določenem rastru. Omogočajo poljubno izvedbo fasad in pregradnih sten. Stene ne prevzemajo nosilne funkcije v smislu prenosa vertikalne obtežbe, zato so možne svobodnejše zasnove. Vodoravna stabilnost se zagotovi z momentno odpornimi stiki, večinoma z uporabo mehanskih veznih sredstev ali z diagonalnimi zavetrovalnimi elementi, ki so lahko leseni ali jekleni. Nad ali med primarne nosilne elemente se vgrajujejo sekundarni nosilni elementi, npr. stropovi in stenska polnila. Obremenitve se prenašajo izključno preko nosilcev na stebre, ki so praviloma neodvisni od polnilnih elementov, ki zapirajo prostor. Nosilna konstrukcija lahko ostane vidna, da se poudari leseni skelet. Pogoste so kombinacije nosilne skeletne konstrukcije s steklenimi polnili in/ali različnimi lahкими polnilnimi elementi. Stene so lahko tudi prefabricirani elementi iz lesa in stekla, možna pa je tudi kombinacija z drugimi materiali.

Okvirna konstrukcija

Pri okvirni konstrukciji so stene sestavljene iz lesenih okvirjev, ki jih tvorijo stebri in prečke oz. spodnji in zgornji venec različnih dimenzij. Kot zunanja in notranja obloga se lahko uporabijo različne plošče, npr. mavčno-kartonske plošče, mavčno-vlakne plošče, iverne plošče, lesno-cementne plošče, plošče iz lesnih vlaken, lesne plošče z orientiranimi vlakni oz. OSB, vezane plošče in podobno. Zavetrovanje se doseže s poploščitvijo lesenega okvirja s konstrukcijsko ploščo kot npr. OSB, ki je z mehanskimi veznimi sredstvi (sponke, vijaki, žablji) po celotnem obodu pritrjena na leseni okvir in tako ustvari togo stensko diafragmo podobno kot hrbtišče pri omari. Takšen okvirni sistem z obložnimi ploščami je nato sidran v temeljno konstrukcijo oz.

medetažno konstrukcijo z mehanskimi sidri. Vrsta in uporaba obložnih plošč in veznega materiala po obodu za povezavo z lesenim okvirjem ter vrsta in način sidranja v podlago narekujejo nivo vodoravne kapacitete, tj. nosilnost in deformabilnost, pri zagotavljanju stabilnosti konstrukcijskega sistema pri prevzemu vodoravnih obtežb, kot sta potres in veter.

Prostor med obložnimi ploščami znotraj lesenega okvirja je zapolnjen s toplotno izolacijo, kot je mineralna, steklena ali kamena volna, pri bolj ekoloških izvedbah pa z naravnimi materiali, kot so celuloza, lesna volna, kokos, konoplja in bombaž.

Stropne konstrukcije sestavljajo leseni stropni nosilci ustreznih prereзов glede na razpon na določenem medsebojnem razmiku, ki so obojestransko zgoraj in spodaj poploščeni in je mednje nameščena zvočna izolacija večje gostote, kot je npr. mineralna ali kamena volna. Na medetažni konstrukciji je možno izvesti tudi plavajočo talno konstrukcijo za boljšo zvočno zaščito (cementni estrih). V Sloveniji je na tržišču največ ponudnikov hiš z leseno okvirno konstrukcijo z obložnimi ploščami. Takšne sestave stenskih, medetažnih in strešnih elementov imenujemo tudi prefabricirni »sendvič« elementi, ki jih proizvajalci lesenih montažnih objektov izdelajo v proizvodnji v velikoformatnih elementih in jih sestavijo v konstrukcijo objekta na terenu.

Masivna lesena konstrukcija – polna konstrukcija

Pri masivnih izvedbah razlikujemo dva tipa zgradb: prve imajo stene iz masivnih tramov oz. brun, druge iz lepljenih ali moznicičenih lesenih elementov. Stene so običajno enostransko ali obojestransko obložene z izolacijskimi ploščami, mogoča pa je tudi izvedba brez obloge, kjer lesena masivna stena ostane vidna. Na zunanje stene je večinoma nameščena izolacija, ki je zaščiten s prezračevano fasadno oblogo iz lesa ali najrazličnejših vodoodpornih kompaktnih plošč, ali s pravilno izvedenim ometom oz. tankoslojno fasado, ali pa so obzidane s fasadno opeko. Stropne konstrukcije so navadno masivne lesene lepljene plošče.

Odpornost na različne vrste zunanjih neizgrednih obtežb

V zadnjem obdobju se vse več izvajajo inovativne lesene masivne konstrukcije iz križno lepljenih lesenih masivnih plošč (X-Lam), ki imajo enakomernejše in boljše mehanske ter deformacijske lastnosti kot konstrukcijski elementi iz masivnega in enosmerno lepljenega lesa, predvsem v smeri pravokotno na vlakna lesa (Stora Enso, b. d.). Križno lepljene elemente sestavljajo križno zložene lesene lamele oz. deske, ki so pod visokim pritiskom ploskovno zlepljene v večji masivni element (Slika 2). Za osnovno surovino se uporablja tehnično suh les iglavcev. Križno lepljenje omogoča obojesmerno nosilnost lesenih ploskovnih elementov, povečuje nosilnost in preprečuje cepitev v smeri pravokotno na vlakna lesa, poleg tega pa zagotavlja dimenzijsko stabilnost ploskovnih elementov, kar pomeni, da je delovanje lesa (krčenje, nabrekanje) zmanjšano na zanemarljivo vrednost. Zaradi križno orientiranih lamel lahko elementi prenašajo obtežbo v dveh pravokotnih smereh, kar omogoča njihovo uporabo tako za stenske kot stropne elemente (Slika 3).



Slika 2: Prečni prerez različnih debelin in slojevitosti lesenih masivnih križno lepljenih (X-Lam) CLT ploskovnih elementov (arhiv Stora Enso GmbH)



Slika 3: Shema sestave X-Lam CLT konstrukcije z možnostjo izvedbe klasične lesene strešne konstrukcije ali izvedbe s strešnimi X-Lam CLT ploščami (arhiv CBD d.o.o.)



Slika 4: Shema konstrukcijske sestave večetažne lesene konstrukcije iz različnih lesenih masivnih ploskovnih elementov (arhiv Stora Enso GmbH in CBD d.o.o.)

Hkrati se X-Lam stene in plošče lahko uporabljajo kot nosilni in nenosilni elementi in dopuščajo možnost kombiniranja z jeklom, steklom in vsemi ostalimi tradicionalnimi gradbenimi materiali, s čimer ponujajo največjo možno svobodo v arhitekturi.

Razvoj novih tehnologij lesene gradnje in nova projektantska znanja omogočajo prodor in izvedbo zahtevnejših ter večjih lesenih konstrukcij tudi v slovenskem prostoru. Pri gradnji lesenih montažnih hiš so zastopani vsi trije glavni leseni konstrukcijski sistemi, pri čemer prevladuje lesen okvirni sistem, ki je glede na uporabo lesa optimalen, s tem pa je cena lesene konstrukcije tudi najnižja. Lesen masivni sistem z uporabo križno lepljenih plošč pa je omogočil, da je les kot konstrukcijski material prodrl

tudi na področje večetažne stanovanjske gradnje, javnih objektov in na področje industrijskih ter arhitekturno zahtevnejših objektov (Slika 4).

Odpornost na potresno obtežbo

Pri porastu objektov z leseno nosilno konstrukcijo, kjer se vse skozi postavljajo nove meje glede višine in števila etaž, in ker Slovenija leži na potresno aktivnem območju, se porajajo vprašanja, kako se leseni objekti odzivajo v primeru potresa. Potres je neizgredna obtežba, ki nastane s tresenjem tal. Intenzivnost longitudinalnega in transversalnega valovanja tal je odvisna od vrste oz. kvalitete tal, od intenzitete oz. sproščene energije pri

tektonskem premiku, oddaljenosti in globine žarišča potresa. Valovanje tal vzbudi nihanje objekta, njegov odziv pa je odvisen od njegove mase, saj le-ta povzroči vztrajnostne sile, ki jih mora konstrukcija objekta preko etaž in vertikalnih nosilnih elementov prenesti v temeljno konstrukcijo. Odziv je odvisen od zasnove konstrukcije po tlorisu in višini objekta, izbire konstrukcijskega sistema, medsebojne povezanosti konstrukcijskih elementov, kjer veliko doprinese dovolj toga medetažna konstrukcija, ki na nivoju etaže poveže konstrukcijski sistem v celoto (Dujič, 2001).

Primerno zasnovana lesena konstrukcija tudi višjih in večjih objektov se na potresne sunke dobro odzove, seveda ob predpostavki, da je inženirsko pravilno načrtovana in da so elementi med seboj ustrezno povezani ter sidrani. V tem primeru ne bo prišlo do porušitve, lahko pa potresno valovanje povzroči določene deformacije, saj se stiki med lesenimi elementi zmečajo zaradi mečkanja vlaken lesa in plastifikacije mehanskih veznih sredstev. Ob ekstremnih rušilnih potresih lahko tako pride do zamika medetaž in s tem do nagiba objekta po višini. A potresna odpornost v primeru lesene gradnje je lahko neprimerljivo višja kot v primeru konstrukcij iz drugih težkih gradbenih materialov, ki so običajno do petkrat težje, kjer lahko takšni zamiki zaradi velike vertikalne obtežbe povzročijo tudi porušitev objekta oz. sesedanja etaž ene na drugo.

Močnejši potresi po svetu so dokazali, da so lahko težke klasične konstrukcije izredno ranljive in ob porušitvi povzročijo mnogo smrtnih žrtev. Hkrati so potresi pri lesenih konstrukcijah pokazali, da so pravilno projektirane in nato izvedene lesene konstrukcije izjemno varne tudi pri najmočnejših potresnih obtežbah.

Odpornost na razvoj požara

Odgorevanje lesa je sprememba celulozne strukture v zogleno plast. Ta preprečuje dostop kisika in onemogoča nadaljnje gorenje, zato se proces oglenenja v globini upočasnjuje. Celulozna vlakna v notranjosti ohranijo svojo nosilnost oz. pride le do manjših redukcij nosilnosti intaktno lesene strukture. Pri projektiranju se za preverjanje nosilnosti konstrukcije v primeru požara uporabljata metodi reduciranega prereza in reducirane nosilnosti. Bistveno pri razvoju požara pa je, da konstrukcija dovolj dolgo časa ohrani svojo nosilnost in stabilnost, da ne pride do lokalnih ali globalnih porušitev, ki bi lahko povzročile človeške žrtve. To je osnovno pravilo pri projektiranju konstrukcij za vse izjemne nepredvidljive obtežbe, ki se lahko zgodijo v predpisanem času uporabe objekta.

A tudi v primeru lesenih konstrukcij, sestavljenih iz manjših elementov in povezanih v lesene okvirne ali skeletne konstrukcije, lahko z nekaterimi ukrepi bistveno izboljšamo njihovo ognjevarnost. V tem primeru je bistveno, da njihovo površino obložimo z negorljivimi materiali, kot so mavčne plošče, kamena volna ali ognjeodporne plošče iz drugih materialov, ki preprečujejo dostop ognja do lesene konstrukcije objekta. Poleg tega je v zadnjih letih prišlo do razvoja premazov in tehnoloških obdelav lesa, s katerimi ga lahko zaščitimo pred vžigom. Ena izmed tehnologij je »compressed wood« oz. stiskanje lesa v preši prečno na vlakna, da mu zgostimo strukturo. Posledično se zmanjša njegova gorljivost, hkrati pa tudi njegova vodovpojnost.

Pravilno zasnovana lesena konstrukcija se na ogenj odziva neprimerljivo bolje kot marsikatera druge konstrukcije iz drugih težkih materialov, npr. armiranega betona in jekla. Pravilno dimenzionirana in zaščitena lesena konstrukcija gori kontrolirano in predvidljivo dolgo ohranja svojo konstrukcijsko nosilnost in stabilnost. Leseni masivni elementi imajo izjemno sposobnost, da z zogleno plastjo zaščitijo svojo intaktno konstrukcijsko sredico pred ognjem, v primeru uporabe manjših lesenih nosilnih elementov in predvsem izpostavljenih kovinskih spojev pa jih moramo zaščititi z negorljivimi oblogami.

Les je sicer gorljiv material, a lahko predstavlja tudi požarno zaščito, če ga uporabimo v večjih masivnih ploskovnih elementih, saj površina z ene strani, ki jo napada ogenj, ogleni in tako prepreči napredovanje pirolize in dogorevanja lesa po globini ploskovnega elementa zaradi pomanjkanja kisika. Pri tem ima les veliko odpornost proti prevajanju toplote, kar prepreči dvig temperature pri razvoju požara na drugi strani lesenega masivnega ploskovnega elementa. S tem se prepreči samovžig določenih materialov, ki sestavljajo notranjo opremo prostorov na drugi strani stene oz. ploskovnega konstrukcijskega elementa. S tem lahko zelo veliko pripomoremo k omejitvi širjenja požara v večjih in večstanovanjskih stavbah.

Na osnovi pravilnega in celostnega požarno optimalnega načrtovalsko-inženirskega pristopa, ki upošteva predvidljivo obnašanje lesa v primeru požara in temu primerne dimenzioniranja lesenih elementov ter učinkovite možnosti zaščite lesa pred razvojem požara, postaja lesena konstrukcija vse pogostejša izbira na področju večstanovanjskih, poslovnih in javnih objektov.

Odpornost na veter in poplavne udarne valove

Odziv lesenih konstrukcij na zunanje nepredvidljive obtežbe, kot je npr. močan veter oz. vihar ali celo tornado, je pri projektiranju upoštevan v skladu s standardnimi določili, ki jih je treba upoštevati glede na vetrne karte, ki so kot nacionalni dodatek sestavni del standardov za projektiranje konstrukcij. Toda glede na trenutne razmere in pojavnost vse močnejših vetrov zaradi klimatskih sprememb se lahko pri projektiranju odločimo tudi za večje zunanje obtežbe na konstrukcijo, ki jih povzročajo višje hitrosti vetra in s tem višji pritiski in srki, ki jim je lahko ovoj stavbe izpostavljen. Pri teh analizah je treba opredeliti, katere hitrosti vetra so pričakovane v krajših časovnih intervalih, saj je treba pri njih omejiti tudi vpliv negativnih vibracij na lahko stavbo, ki lahko pri uporabniku povzročijo zelo nezaželene učinke.

V zadnjem času se poleg zunanje vetrne obtežbe na konstrukcijo postavljajo tudi vprašanja glede pritiskov udarnih valov, ki jih povzročijo hudourniške vode in plazovi, lahko pa tudi valovi, ki so posledica potresov pod morsko gladino, kot npr. cunami. Zavedati se moramo, da so v tem primeru vodni pritiski izjemni in se običajno stavbe ne projektirajo na tako velike sile, da bi tudi v teh izjemnih primerih imele zadostno nosilnost in stabilnost. Vsekakor imajo težki konstrukcijski sistemi zaradi mnogo večje mase večjo možnost kljubovati tovrstnim obtežbam kakor lahke lesene konstrukcije. V fazi projektiranja lesene konstrukcije bi bilo neoptimalno določiti nosilni sistem, ki bi kljuboval tako velikim in nepredvidljivim zunanjim obtežbam. Analogija temu bi bila projektiranje vozil s pločevino tankovskega oklepa, da bi lahko kljubovala vsem zunanjim trkom v

primeru prometne nesreče. Zaradi tega so po katastrofalnem cunamiju, ki je leta 2004 prizadel Japonsko, začeli z razvojem varnih sob v lesenih masivnih konstrukcijah, ki lahko v primeru večjih udarnih valov in plazov, če so pravilno orientirane in priključene k objektu, obvarujejo življenja (FEMA 361, 2008; FEMA P-361, 2021). Predvideni so predvsem manjši moduli, sestavljeni iz lesenih masivnih križno lepljenih sten in plošč, ki so lahko kot spalne ali delovne enote vključene v konstrukcijo objekta in so orientirane nizvodno glede na pričakovano nezgodno obtežbo. V primeru udarnega vala ali plazov se glede na projektirano in izvedeno pozicijo ločijo od objekta in odplujejo z zunanjo nezgodno obtežbo. Vsekakor pa morajo biti tovrstni konstrukcijski moduli ustrezno skonstruirani in sestavljeni, da jih zunanje obremenitve ne poškodujejo in da voda in blato ne vdreta vanje, dokler oseb ne odnese oz. odplavi po nezgodnem dogodku na varno. Vse to so možnosti, ki jih ponuja predvsem konstruiranje z lesenimi masivnimi konstrukcijskimi ploskovnimi elementi, ki jih je tudi ameriška vojska prepoznala kot prednostne pri svojih potrebah (Forest Products Laboratory, b. d.).

Zaključek

Vsak posamezen objekt ima na določeni lokaciji specifične robne pogoje, ki jih je treba v računski analizi konstrukcije upoštevati in skonstruirati glede na te obremenitve. Še posebej je velik poudarek na veznih sredstvih, ki povezujejo lesene elemente, saj lahko lesena konstrukcija le tako kljubuje vsem pričakovanim zunanjim obremenitvam. Pri tem je pomembno, da pri pogostejših obtežbah, ki se večkrat lahko pojavijo v časovni uporabi objekta, deformacije omejimo pod mejo, ki preprečuje večje poškodbe na finalnih in krhkih materialih, priključenih oz. pritrjenih na leseno konstrukcijo.

Šele na osnovi tovrstnih analiz lahko potrdimo, ali lahko kakršnakoli konstrukcija (lesena ali klasična) kljubuje zunanjim obtežbam, ki so pričakovane v času uporabe objekta. Glede na vrsto nezgodnih zunanjih obremenitev lahko zaradi lahкотnosti lesene konstrukcije posplošimo, da imajo izjemno dobro tendenco obnašanja pri potresnem vzbujanju in požaru (predvsem masivne lesene konstrukcije), če so pravilno skonstruirane

in izvedene, pri ostalih vrstah zunanjih obremenitev, kot so veter in udarni valovi, pa jim majhna teža ne prinaša prednosti. Pri gradnji višjih lesenih konstrukcij na potresnih področjih je večinoma dominantna potresna obtežba, ki narekuje dimenzioniranje lesenih elementov in spojev, bolj ko gremo v višino, pa postaja dominantna vetrna obtežba, še posebej v bolj izpostavljenih vetrnih conah. Pri teh vetrnih obtežbah na višje lahke objekte z leseno konstrukcijo pa niso problem le najmočnejši pričakovani vetrovi, hurikani, tornadi, temveč tudi pogostejši vetrovi manjših intenzitet, ki lahko povzročijo vibracije objekta ob vetrnih sunkih, kar pa predstavlja izjemno neugoden vpliv na uporabnike objekta.

Kljub lahкотnosti imajo lahko lesene masivne konstrukcije prednost pri hudourniških vodah in plazovih, saj lahko z manjšimi togimi v kubus povezanimi lesenimi masivnimi elementi ustvarimo v določenem delu objekta varno sobo, ki se v takšnih izjemnih dogodkih loči od objekta, odpotuje v smeri zunanje obtežbe (plazu ali hudourniške vode) in tako reši življenja.

Viri:

CBD gradbeno in poslovno projektiranje d.o.o. (b. d.). Arhiv. Celje: CBD d.o.o.

Dujič, B. (2001). Eksperimentalno podprto modeliranje odziva lesenih okvirnih panelov na vodoravno ciklično obtežbo, doktorska disertacija. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

FEMA 361. (2008). Design and Construction Guidance for Community Safe Rooms, 2. izd.

FEMA P-361. (2021). Safe Rooms for Tornadoes and Hurricanes: Guidance for Community and Residential Safe Rooms, 4. izd.

Forest Products Laboratory, USDA Forest Service in Forestry (b. d.). Blast Testing Shows CLT Can Take the Heat.

Kolb, J. (2008). Systems in Timber Engineering: Loadbearing Structures and Component Layers. Berlin, Boston: Birkhauser. <https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8690-0>

Lignum (b. d.). Die Technischen Holzinformationen der Lignum. Lignatec, Massivholzbau.

Stora Enso. (b. d.). Multi-storey residential buildings in massive wood. <https://www.storaenso.com/en/products>



Arhitektura: Aleksandra Dobrotinšek Trateški, foto: Bian Dujič



Arhitektura: SoNo Arhitekti, foto: arhiv SoNo Arhitekti



Arhitektura: Robert Klun in Sandi Pirš, foto: arhiv CBD



Arhitektura: SoNo Arhitekti, foto: arhiv SoNo Arhitekti



Arhitektura: studio abiro, foto: arhiv CBD



Arhitektura: Robert Klun in Sandi Pirš, foto: arhiv CBD



Arhitektura: studio abiro, foto: Miran Kambič

Današnji čas narekuje uporabo sodobnih trajnostnih materialov, podprtih s kompetentnimi in strokovnimi projektantskimi rešitvami. Tako je les ključni trend moderne in ekološke gradnje, s katerim lahko zaradi dosežkov tehnološkega razvoja realiziramo večino arhitekturnih izzivov.

Podjetje CBD je specializirano za projektiranje in izvedbo vseh vrst lesenih konstrukcijskih sistemov. V sodelovanju s proizvajalci križno lepljenih (Xlam) lesenih masivnih plošč razvija in izvaja moderne, ekološke, energetske varčne ter potresno varne gradnje tako enodružinskih kot tudi večnadsrobnih stavb ter nadgradenj obstoječih objektov.

Značilnost dela podjetja CBD so vrhunska strokovnost, bogate izkušnje in inovativne rešitve. Z znanjem in izkušnjami stopajo na pot prihodnosti v lesu.

Življenjski cikel izdelkov iz lesa



Življenjski cikel lesenih oken in ogljični odtis

dr. Aleš Ugovšek, Barbara Šubic,
Boris Štraki, Liza Križnar,
Luka Kramarič

M Sora d.d.

t: 04 505 02 52

e: ales.ugovsek@m-sora.si

www.m-sora.si

Uvod

Lesena okna so gradbeni izdelek, katerih prvotno obdobje nastanka sega v čas pred 16. stoletjem (Ugovšek in Šubic, 2022). Njihov razvoj skozi zgodovino je v veliki meri povezan z osnovnimi materiali – lesom, steklom, površinskimi premazi in okovjem, ki pomembno vplivajo na lastnosti lesenih oken, njihovo trajnost in trajnostnost ter videz. Ko govorimo o razvoju lesenih oken, je ta temeljil predvsem na izboljševanju izolacijskih lastnosti okna kot celote ter izolacijskih lastnosti posameznih sestavnih delov (izolacijsko steklo, okenski okvir, medstekelni distančnik, detajli sestave oken), medtem ko se do obdobja zadnjih desetih let o razvoju ponovne uporabe lesenih oken in krožnih poslovnih modelov ni veliko govorilo in raziskovalo.

Z razumevanjem življenjskega cikla lesenih oken, njihove ponovne uporabe in ponovne uporabe lesa, razvojem krožnih pristopov in poslovnih modelov ter ogljičnim odtisom se v podjetju M Sora ukvarjamo že dobro desetletje. V tem članku so lesena okna predstavljena v kontekstu njihovega življenjskega cikla s teorijo in praktičnimi primeri LCA analiz, reciklabilnosti posameznih komponent lesenih oken, s širšo zgodbo proizvajalca lesenih oken in njegovim vplivom na okolje v obliki ogljičnega odtisa podjetja ter razvojem krožnih poslovnih modelov v oknarski industriji.

Ogljični odtis podjetja

Ogljični odtis podjetja je količina emisij toplogrednih plinov, ki jih neposredno ali posredno povzročijo dejavnosti podjetja. Izračun ogljičnega odtisa je običajno prvi korak k ogljični nevtralnosti, saj zagotavlja preglednost nad najbolj emisijsko intenzivnimi področji. Brez vpogleda v to, kje so ti emisijski viri in kako prispevajo k poslovanju, je težko določiti realistične cilje in strategije za zmanjšanje emisij.

Ogljični odtis podjetja zajema vse neposredne in posredne emisije, povezane z dejavnostmi podjetja. To pomeni, da so vključene emisije iz celotne verige vrednosti. Proizvodna podjetja tako vključujejo vse emisije iz nabave, logistike, proizvodnje, uporabe prodanih izdelkov in ravnanja z odpadki. Ogljični

ni odtis podjetja se običajno izračuna za določeno obdobje, na primer koledarsko leto, spremembe ogljičnega odtisa pa se spremljajo po poročevalskih obdobjih (npr. letno, četrtno).

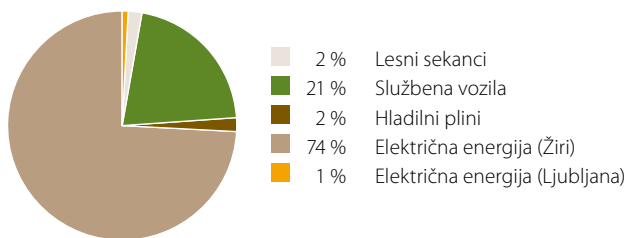
Za merjenje ogljičnega odtisa podjetja je eden prvih korakov določitev obsega (t. i. Scope). Za izračun ogljičnega odtisa je to večinoma določeno s standardi, kot je GHG Protocol ali ISO 14064. Osnova za izračun ogljičnega odtisa so podatki o dejavnostih podjetja, kot so poraba energije, goriva in materialov ter potovanja in prevozi. Emisije se nato pretvorijo v ekvivalent CO₂ (CO₂e), ki je skupna mera za primerjavo učinka različnih toplogrednih plinov na globalno segrevanje (Britannica, 2023; Courier, 2023; Onetrust, 2023; The Guardian, 2023).

V M Sori smo v letu 2023 v sodelovanju z Bureau Veritas izdelali prvi izračun ogljičnega odtisa za enoto Mizarstvo, in sicer za leto 2022. Izračunan je bil na podlagi GHG Protokola, ki ogljični odtis deli v tri kategorije virov emisij oziroma obsege:

- obseg 1: neposredne emisije (stacionarno zgorevanje – les, nafta, plin idr., mobilno zgorevanje – službena vozila, ubežne emisije – plini za hlajenje in ogrevanje ter procesne emisije, ki nastajajo med proizvodnjo – tovarniški hlapi, kemikalije idr.);
- obseg 2: posredne emisije (vsa kupljena električna, toplotna energija);
- obseg 3: se nanaša na vse druge posredne emisije (prevoz zaposlenih na in z dela, poslovna potovanja, storitve) – vse tisto, kar ni v lasti organizacije, pa vendar vpliva nanjo.

Izračun je bil narejen za obsega 1 in 2. V preteklem letu smo na obsegu 1 in 2 ustvarili 522 ton CO₂e. Takšen ogljični odtis bi ustvarila flota okoli 13.500 dizelskih vozil VW Golf 8, ki bi se podali na pot čez Slovenijo od Pirana do Lendave (FleetNews, 2020). V Mizarstvu smo 95 % celotnega ogljičnega odtisa ustvarili s porabo kupljene električne energije in uporabo službenih vozil (Slika 1).

Ta rezultat torej predstavlja naše emisije za obsega 1 in 2, medtem ko je bistveno večji ogljični odtis podjetja vezan na obseg 3, ki v izračunu upošteva tudi celotno dobaviteljsko verigo.



Slika 1: Porazdelitev ogljičnega odtisa M Sora Mizarstvo za leto 2022

Analiza reciklabilnosti vhodnih materialov v lesenih oknih

Leseno ali les-alu okno sestavlja več kot 50 različnih komponent, med katerimi največji delež predstavljajo steklo, les, aluminij, tesnila in okovje. Po površini ali prostornini najbolj prednjači steklo, saj ga je v posameznem oknu več kot 80 %, v nekaterih primerih več kot 90 %. Sledi mu les, nato aluminij, okovje in tesnila. Ko govorimo o krožnem modelu okna in povečani uporabi reciklabilnih materialov, imamo kot proizvajalec oken edini neposreden vpliv samo na ponovno uporabo lesa, uporaba ostalih materialov v čim večji reciklabilni obliki je odvisna od stopnje razvitosti reciklabilnih sistemov, ki ta material podpirajo. Poglejmo si, kaj vpliva na posamezno stopnjo ponovne uporabe treh pglavilnih materialov v oknih: aluminija, stekla in lesa.

Pot recikliranja aluminija se je začela v zgodnjem 20. stoletju, s prvim poudarkom na pločevinkah za pijače. Danes se recikliranje aluminija zaradi energijsko učinkovitega proizvodnega procesa razširja v številne različne industrije. Reciklirani aluminij predstavlja znatni delež kovin, ki se uporabljajo po vsem svetu. Za razliko od nekaterih materialov se aluminij med postopkom recikliranja ne razgradi, zato ga je mogoče vedno znova reciklirati. Ta izjemna lastnost ima za posledico velike prihranke energije in zmanjšane emisije toplogrednih plinov v primerjavi s primarno proizvodnjo aluminija iz boksitne rude. Postopek recikliranja vključuje zbiranje aluminijastih izdelkov, njihovo taljenje in preoblikovanje v nove izdelke. V EU je trenutna stopnja ponovne uporabe aluminija 36 %, vendar se bo morala, kot je zapisano v akcijskem načrtu za ponovno uporabo aluminija, do leta 2050 povzpeti na 50 % (European Aluminium, 2020). Naš avstrijski dobavitelj aluminijastih oblog nam zagotavlja, da je stopnja ponovne uporabe aluminija, ki ga uporabljamo pri sestavi oken v M Sori, med 50 in 75 %.

Čeprav je recikliranje stekla manj razširjeno kot recikliranje aluminija, je ključni element trajnostnega ravnanja z odpadki, saj je poraba energije in zemeljskega plina pri proizvodnji stekla ogromna. Pri proizvodnji ravnega stekla 75 % CO₂ povzroči uporaba zemeljskega plina, ostalih 25 % pa se sprosti ob predelavi osnovne surovine – silicijevega dioksida ali kremenca. Zgodovina recikliranja stekla sega več tisoč let v preteklost, ko so zgodnje civilizacije ponovno uporabljale in talile steklene predmete. V zadnjih 100 letih se osredotočamo predvsem na recikliranje kompleksnih steklenih proizvodov s številnimi primesmi in drugimi vgrajenimi materiali. Pri proizvodnji oken uporabljamo ravna (float) stekla.

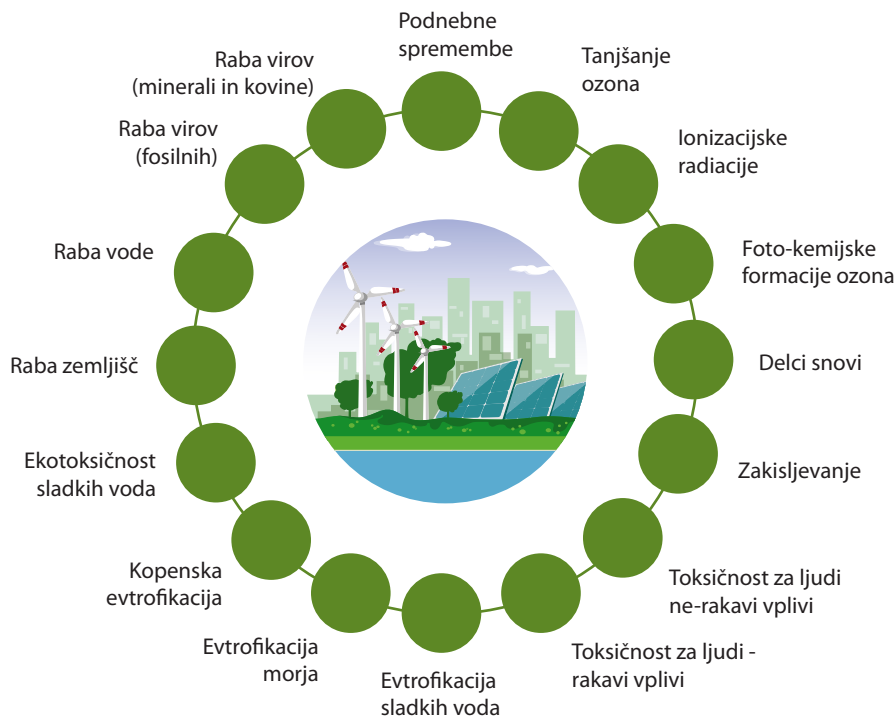
Stopnja reciklabilnosti ravnega stekla je bila leta 2022 v Evropi 26 %, v ZDA pa je delež znašal 25 %. Nekateri evropski proizvajalci ravnega stekla v svojih procesih že uporabljajo med 40–50 % recikliranega ravnega stekla. Kitajska proizvede več kot 50 % celotnega ravnega stekla, pri svoji proizvodnji za enako količino izdelanega recikliranega stekla uporabi 32 % več energije, v ozračje pa spusti 90 % več CO₂. Večinski delež stekla (57–80 %), ki gre v EU v ponovno predelavo, nastane med proizvodnjo ravnega stekla – kot odpadki, 20–25 % ravnega stekla pridobijo nazaj preko proizvodenj, ki uporabljajo ravno steklo pri izdelavi končnih produktov, in samo do 5 % ravnega stekla vrnejo v predelavo končni uporabniki. Cilj EU je, da do leta 2050 poveča delež uporabe recikliranega ravnega stekla na 37 % in s tem zmanjša izpuste CO₂ pri proizvodnji ravnega stekla za dodatnih 7 % (Glass for Europe, 2020; Watson, 2022). M Sora ima postavljen sistem zbiranja poškodovanega ravnega stekla, ki nastane pri proizvodnji oken, prav tako pa vsa okna, ki jih pripeljemo nazaj, ko vgrajujemo nova okna, razstavimo na posamezne komponente, torej ločimo tudi steklo, ki ga za nadaljnjo reciklažo prevzame pogodbeni izvajalec.

Les je obnovljiv, ponovno uporaben in biorazgradljiv material. V Evropi nastane letno 50 milijonov lesnih odpadkov, od katerih se uporabi 70 %, na žalost v večini primerov za pridobivanje energije. Večina lesnih ostankov nastane v gradbeništvu novih objektov oziroma pri podiranju oziroma obnovah starih objektov. Ponovna uporaba tako nastalega lesa pa dosega različne stopnje, v različnih državah, in sicer 10–90 % (Centrinno, 2023). Zakaj je les tako težko ponovno uporabiti? Razlogov je več. Zelo majhen delež se uporabi ponovno, večina preostalega lesa pa pristane na lokalnih zbirališčih odpadkov, s čimer smo se v podjetju že pred desetimi leti ukvarjali v projektu CaReWood (CaReWood, 2023). Odslužen les je kljub temu, da lahko v svojem bistvu tudi po prvi uporabi ohranja vse svoje prvotne lastnosti (odpornost, statično stabilnost), težko uporabiti zaradi premazov, številnih kovinskih spojin elementov (vijakov, žbljev, spojk) ali lepil. V M Sori se s ponovno uporabo odslužene ga lesa ukvarjamo že skoraj desetletje. Preučevali smo ga tako z znanstvenega kot aplikativnega vidika. Ugotovili smo, da ima odslužen les nekoliko zmanjšano, vendar še vedno zadovoljivo mehansko odpornost, da je njegova odpornost na vremenske razmere primerljiva z novim lesom, po odstranitvi kovinskih delov in površinskega nanosa pa se v proizvodnih procesih obnaša enako kot »nov« les. Te ugotovitve so nas pripeljale do številnih aplikativnih rešitev. Z nekaj truda smo mnogokrat odslužnemu lesu vdahnili novo življenje v obliki izdelanih novih oken in vrat, urbanega pohištva za občino Žiri, notranjega dekorativnega pohištva naših pisarn, skodelic za kavo, ki so za vse zaposlene nadomestile plastične skodelice v kavomatih, ter kot lično izdelana poslovna darila v obliki pisal. Glavni razlog, zakaj se večji delež odslužene ga lesa ne uporablja za proizvodnjo oken, vidimo v tem, da je postopek pridobivanja »čistega« lesa (brez kovinskih delov in premazov) še vedno dolgotrajen, kompleksen in ekonomsko neupravičen. Na drugi strani pa je zaenkrat ozaveščenost uporabnikov premajhna, da bi spodbudili večji razmah na tem delu. Trendi se spreminjajo in prepričani smo, da je samo vprašanje časa, kdaj bo tudi na tem delu vzniknila tržna niša.

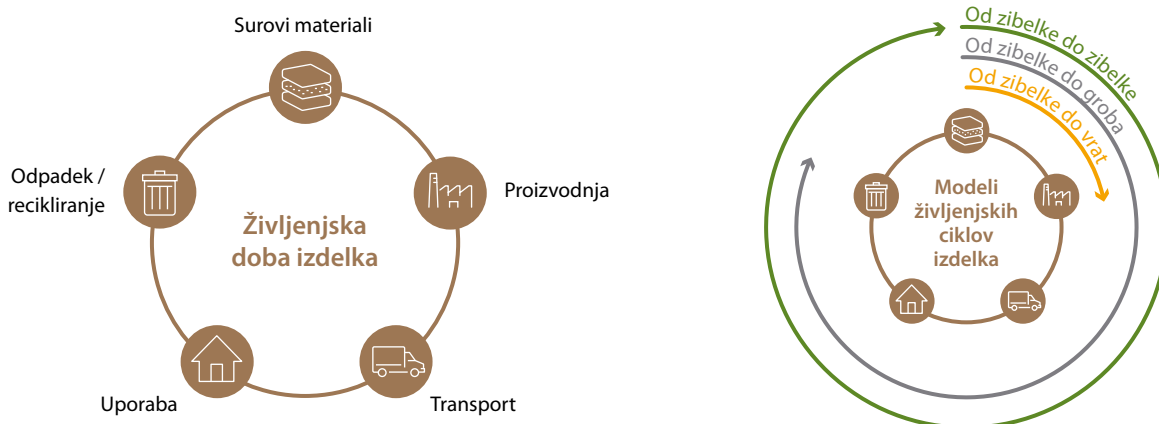
Življenjski cikel lesenih oken in LCA analiza

Vse aktivnosti, ki jih izvajajo podjetja, v večji ali manjši meri vplivajo na okolje okrog njih. Za vrednotenje omenjenega okoljskega odtisa (t. i. environmental footprint) se uporablja analiza življenjskega cikla izdelka ali tehnologije – LCA analiza. Na podlagi LCA analize lahko podjetje pridobi okoljsko deklaracijo EPD (*Environmental Product Declaration*), ki za posamezni izdelek/tehnologijo zajema ključne kazalnike vpliva na okolje, predstavljene na Sliki 2.

Pomemben dejavnik LCA analize so meje sistema (Slika 3). Mejo zajema podatkov lahko predstavljajo izhodna vrata proizvodnje (analiza od zibelke do vrat oz. »cradle to gate«) ali pa vključimo celoten življenjski cikel izdelka, kjer mejo zajema predstavlja odlagališče (analiza od zibelke do groba oz. »cradle to grave«). Kadar analiziramo okoljski vpliv izdelkov, ki ustrezajo principom krožnega gospodarstva in se jih da uporabiti kot surovino za nove izdelke, govorimo o analizi od zibelke do zibelke oz. »cradle to cradle«.



Slika 2: Shema življenjskega cikla in model analize življenjskega cikla



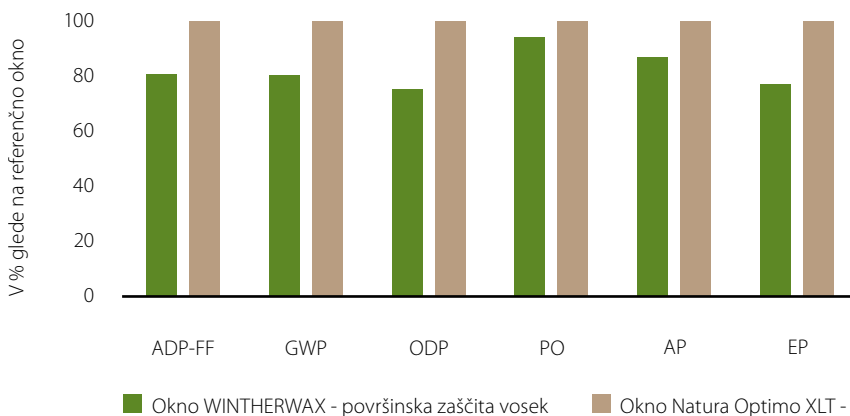
Slika 3: Shema življenjskega cikla in model analize življenjskega cikla



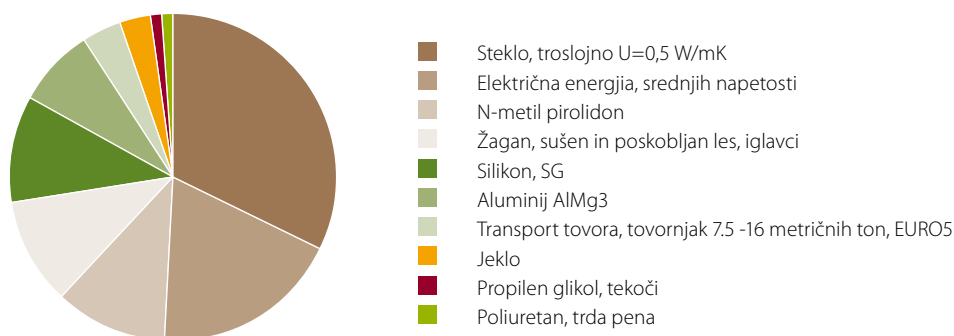
Slika 4: Okni Natura E112 in Natura Optimo XLT

	Od zibelke do vrat		Od zibelke do groba		Od zibelke do zibelke	
Tip okna: Natura	E112	Optimo XLT	E112	Optimo XLT	E112	Optimo XLT
Kazalnik:						
Potencial globalnega segrevanja	178,1	207,08	268,7	293,7	-106,86	-124,248
Potencial tanjšanja plasti atmosferskega ozona	0,0000128	0,0000117	0,0000235	0,0000205	0,00000768	0,00000702
Fotokemična oksidacija	0,19	0,217	0,518	0,49	-0,114	-0,1302
Potencial zakisovanja	1,58	2,157	1,89	2,424	-0,948	-1,2942
Potencial evtrofikacije	0,477	0,722	0,617	0,842	-0,2862	-0,4332
Raba fosilnih virov	2494,7	3220,7	3737,6	4317,7	-1496,82	-1932,42

Deklarirana enota: 1 okno z življenjsko dobo 40 let	Potencial izčrpanja abiotičnih virov (ADP - FF)	Potencial globalnega segrevanja (GWP)	Potencial tanjšanja plasti atmosferskega ozona (ODP)	Fotokemična oksidacija (PO)	Potencial zakisovanja (AP)	Potencial evtrofikacije (EP)
	MJ	Kg CO ₂	Kg CFC-11	Kg C ₄ H ₄	Kg SO ₂	Kg PO ₄ ³⁻
Okno WINTHERWAX	2.611	195,5	1,39E-05	0,098	1,95	0,44
Okno Natura Optimo XLT	3.225	242,5	1,84E-05	0,104	2,24	0,57



Slika 5: Primerjava okoljskega odtisa oken Natura E112 in Natura Optimo XLT ter oken Natura Optimo XLT in Wintherwax. Razlike med ogljičnim odtisom okna Optimo XLT so nastale zaradi uporabe različne baze podatkov (Ecoinvent 2.0 vs Ecoinvent 3.0) in druge metodologije pri izračunu energije, potrebne za termično modifikacijo lesa.



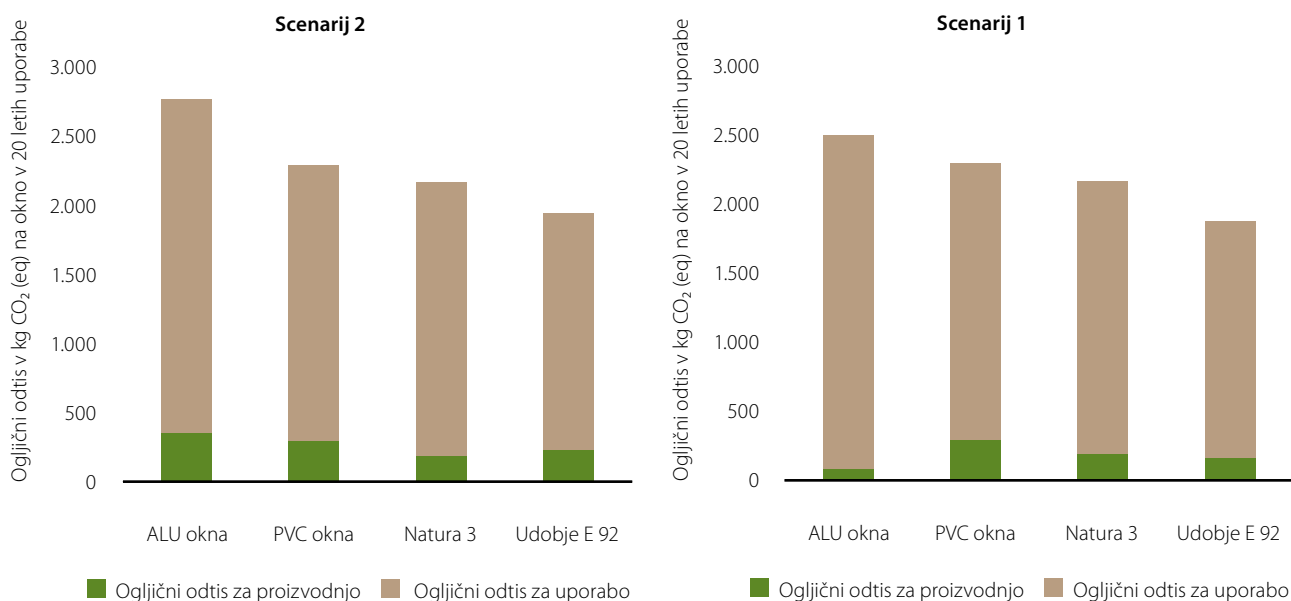
Slika 6: Delež ogljičnega odtisa posameznih komponent okna Natura E112

Kot primer M Sore je podana primerjava LCA analiz dveh okenskih modelov, Natura E112 in Natura Optimo XLT. Okno Optimo XLT je izdelano iz termično modificirane smrekovine, ki v primerjavi s smrekovino zahteva večji vložek energije med proizvodnim procesom, zaradi česar je njegov ogljični odtis (GWP 100) v mejah proizvodnje večji v primerjavi z oknom Natura E112, izdelanim iz navadne smrekovine (Slika 4). Ko meje sistema razširimo in zajamemo okoljski vpliv izdelka v proizvodnji in tekom življenjske dobe, se razlika zmanjša, saj ima okno XLT iz termično modificirane smrekovine daljšo življenjsko dobo in zahteva manj vzdrževanja. Dodatno se lahko vpliv okna XLT na okolje zmanjša z izbiro drugačnega procesa površinske izdelave. V primeru, ko smo komercialne troslojne lazure zamenjali z voskom, razvitim v projektu Wintherwax, so se zmanjšali vsi ključni kazalniki vpliva na okolje (Slika 5).

LCA omogoča tudi pregled, kakšen okoljski odtis imajo posamezni materiali v izdelku (Slika 6), kar je lahko osnova za razvoj okolju prijaznejših izdelkov. Iz grafičnega prikaza ogljičnega odtisa komponent okna Natura E112 je razvidno, da silikon prispeva 12 % celotnega ogljičnega odtisa okna, vendar predstavlja zgolj 0,6 % mase celotnega okna. V M Sori sedaj razvijamo sistem suhega steklenja za lesena okna, s čimer se bomo v prihodnosti izognili uporabi silikona.

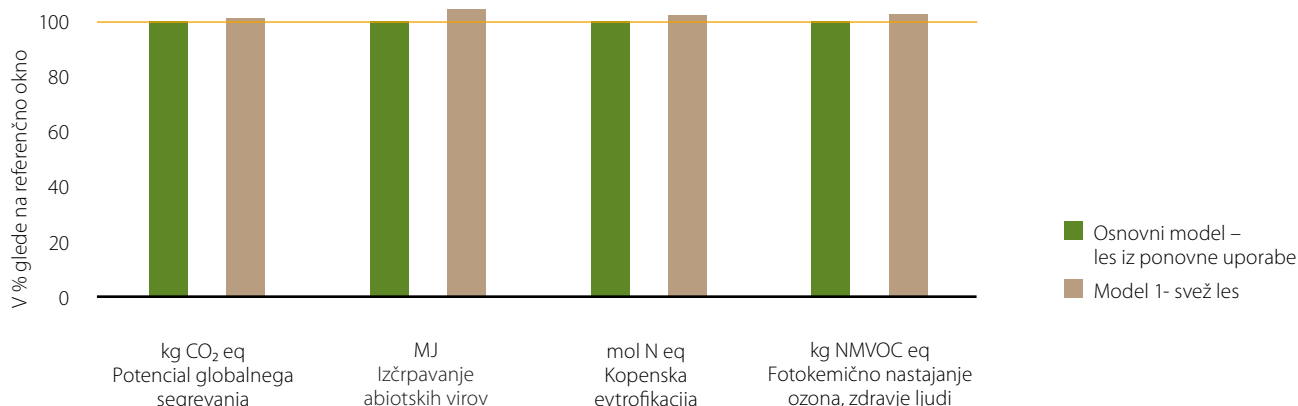
Primerjalne LCA analize oken iz različnih materialov (Slika 7) so pred leti tudi z okoljskega vidika potrdile strateško odločitev M Sore, da ne širi svojega nabora izdelkov na PVC in aluminijasta okna.

Pri ogljičnem odtisu lesenih izdelkov je treba opozoriti še na razliko med ogljičnim odtisom življenjskega cikla izdelka in neto ogljičnim odtisom izdelka (slednji je manjši). Razlika nastane zaradi ogljika, ki ga skladišči les v izdelku in bi v naravi zaradi trohnenja lesa emitiral v ozračje.



Slika 7: Primerjava ogljičnega odtisa (GWP total) za okna iz različnih materialov. V scenariju 2 se upošteva, da se za okvirje pri alu in alu-les oknih v določenem % uporablja recikliran aluminij.

Kategorija	Enota	Osnovni model – les iz ponovne uporabe	Model 1- svež les	% Sprememba
Potencial globalnega segrevanja	kg CO ₂ eq	2,37E+03	2,40E+03	1,21 %
Izčrpavanje abiotskih virov	MJ	2,59E+04	2,63E+04	1,46 %
Kopenska eutrofikacija	mol N eq	3,37E+01	3,45E+01	2,30 %
Fotokemično nastajanje ozona, zdravje ljudi	kg NMVOC eq	9,11E+00	9,35E+00	2,60 %



Slika 8: Primerjava ogljičnega odtisa drsne stene iz odsluženega lesa in svežega lesa

Izkaže se, da je pri tistih lesenih izdelkih, ki ustrezajo principom krožnega gospodarstva, neto ogljični odtis skoraj enak ogljičnemu odtisu življenjskega cikla, saj je ogljik, skladiščen v lesu, možno ujeti le v prvem življenjskem ciklu izdelka. V vseh življenjskih ciklih izdelka ostaja količina v lesu vezanega ogljika iz atmosfere enaka. Primerjava ogljičnega odtisa drsne stene iz odsluženega lesa in drsne stene iz svežega lesa (obe steni dimenzij 3600 * 4500 mm, s kovinsko ojačitvijo v profilih) tako pokaže le malo razlik pri kazalniku ogljičnega odtisa (Slika 8).

Razvoj krožnih poslovnih modelov v industriji lesenih oken

Krožne poslovne modele od linearnih loči sistemski pristop, pri katerem se upošteva celoten življenjski cikel izdelkov in materialov. Medtem ko se tradicionalni poslovni modeli osredotočajo na zmanjševanje vpliva na okolje znotraj linearnega sistema, je cilj krožnih modelov preoblikovanje samega sistema ter gledanje izdelka v celotnem ciklu od razvoja do izdelave, rabe in tudi po končani življenjski dobi.

V gradbeništvu krožni poslovni modeli spodbujajo arhitekte, inženirje in razvijalce, da oblikujejo stavbe z mislijo na razstavljanje in prilagodljivost. Načrtovanje stavb, ki jih je mogoče enostavno razstaviti, omogoča predelavo dragocenih materialov ob koncu življenjske dobe stavbe, kar podpira krožna načela. Poleg tega lahko prilagodljive zasnove podaljšajo življenjsko dobo stavbe s prilagajanjem spremembam v uporabi ali zasedenosti, kar zmanjša potrebo po novi gradnji. Zanimiv način krožnega poslovnega modela, ki pa je trenutno še precej neprisoten, je pristop izdelka kot storitve (product as a service). Pri tem podjetja za objekte zagotavljajo storitve, kot so ogrevanje, razsvetljava in izolacija, namesto da bi te izdelke prodajala neposredno. Pri tem modelu odgovornost za vzdrževanje, nadgradnjo in recikliranje sestavnih delov ostane na ponudniku storitve, kar spodbuja trajnost in učinkovito rabo virov.

Krožni poslovni modeli v industriji lesenih oken so praktično neprisotni. Na trgu v manjši meri zasledimo rešitve, ki naslavlja krožni poslovni model modularne zasnove oken. Prisotne so rešitve zamenjave oken z modifikacijo obstoječega okenskega okvirja, na katerega vgradijo novo okno, ki ima profil okvirja prilagojen za prileganje na »stari« okenski okvir oziroma rešitve, pri katerih je razstavljivo zgolj samo okno, medtem ko je montaža v odprtino klasična (Gawo, 2023). Pomanjkljivost vseh obstoječih sistemov je, da so zasnovani parcialno (samo okvir, možna samo delna demontaža idr.) ali pa so uporabni zgolj v določenih primerih, ki pa predstavljajo zelo majhen delež realnosti.

Zanimiv primer je dansko podjetje Velux, ki je specializirano za strešna okna. Podjetje se pri prehodu na krožni poslovni model osredotoča na podaljševanje življenjske dobe svojih izdelkov in recikliranje materialov. Izvajajo program vračanja, v okviru katerega lahko stranke svoja stara okna ob koncu njihove življenjske dobe vrnejo v recikliranje. Podjetje zagotavlja, da so zbrana okna ustrezno razstavljena, materiali pa reciklirani ali ponovno uporabljeni. Krožni poslovni model jim omogoča, da za svoja okna ustvarijo sistem zaprte zanke, v katerem se materiali nenehno reciklirajo, življenjski cikli izdelkov pa podaljšujejo.

Razvoj krožnih poslovnih pristopov in modelov v M Sori poteka v okviru dveh raziskovalno-razvojnih projektov Rewinnuse in ICON 2.0. Projekt Rewinnuse je osredotočen na uporabo odsluženega lesa in alternativnih lesnih vrst ter razvoj popolnoma razstavljivih lesenih oken. Razvoj poteka v sodelovanju z Biotehniško fakulteto Univerze v Ljubljani, Norveškim inštitutom za bioekonomske raziskave NIBIO in Gozdarskim inštitutom Slovenije. Glavni cilj projekta ICON 2.0, v katerem sodelujemo s podjetjem Kolektor Sisteh, pa je razviti radikalno nov in inovativen koncept lesenega okna, ki ga bo podpiral vzdržen, trajno sten in krožen poslovni model (M Sora, 2023).



Slika 9: Propadajoč star kozolec in okno ReWin

Primer iz prakse – projekta Lesni feniks in ReWin

V podjetju M Sora že dobro desetletje postopoma in vse bolj načrtno naslavljamo zeleno in trajnostno poslanstvo, ki ga udeležujemo na ravni poslovnih procesov, prav tako pa ponovno uporabo in predvsem oblikovanje za ponovno uporabo izdelkov raziskujemo znotraj različnih projektov. Z njimi rastemo kot organizacija, nemalokrat pa v projekte vključujemo ali pa smo vključeni v projekte širše lokalne skupnosti in s tem krepimo ozaveščanje o pomembnosti trajnosti in odgovorni skrbi za okolje v širši javnosti.

V sklopu pilotnega projekta ReWin smo les iz dotrajanega kozolca v bližini Žirov, ki je bil v lasti zadruga M Sora, uporabili za izdelavo prototipnega okna ReWin. Projekt, ki je bil izveden v sodelovanju z Oddelkom za Lesarstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani in Inštitutom Innorenew, smo izkoristili za pridobivanje znanja o odsluženem lesu kot materialu za izdelavo stavbnega pohištva. Okno ReWin je dobilo tudi priznanje Gospodarske zbornice Slovenije, projekt pa je bil eden izmed korakov v še vedno trajajočem procesu M Sore k vzpostavitvi krožnih poslovnih modelov.



Med odmevnejšimi primeri je tako projekt Lesni feniks, sofinanciran s strani LAS škofjeloškega pogorja preko Evropske unije iz Evropskega kmetijskega sklada za razvoj podeželja in Republike Slovenije v okviru Programa razvoja podeželja 2014–2020. V projektu smo sodelovali s projektnimi partnerji Lokatur, Občino Žiri, Razvojno agencijo Sora in Šolskim centrom Škofja Loka.

S projektom smo prikazali praktično uporabo lesenih odpadkov in odsluženega lesa v obliki zasnove, razvoja in izvedbe urbane opreme, izdelane iz odsluženega lesa. V projektu je bila prikazana idejna zasnova urbane opreme, ki so jo zasnovali dijaki Srednje lesarske šole Škofja Loka in študent lesarstva iz Šolskega centra Škofja Loka, pod mentorstvom profesorjev ter strokovnjakov iz podjetja M Sora. Skupaj smo izdelali klopi, ki se nahajajo po celotni sprehajalni trasi in na nekaterih drugih mestih v občini Žiri, z ležalniki in preoblačilnico smo opremili kopališče Pustotnik, prav tako v Žireh. Urbana oprema je v celoti izdelana iz odsluženega lesa v kombinaciji s kovinskimi nosilci in dodatki za zaščito lesa pred vremenskimi vplivi ter trdno umestitevjo v teren.



Slika 10: Urbana oprema iz odsluženega lesa



V procesu izdelave opreme smo se v podjetju srečali z nekaterimi izzivi obdelave ter površinske zaščite odsluženega lesa, kot sta obdelava in zapolnitev večjih razpok znotraj lesene površine za zagotavljanje varnosti med uporabo in s tem preprečevijo poškodb zaradi lesenih trsk. Prav tako smo lesene elemente urbane opreme obdelali z zaščitnim sredstvom Silvanolin, ki ščiti površino odsluženega lesa pred lesnimi škodljivci in podaljšuje življenjsko dobo lesa.

Skupno je bilo izdelanih 20 klopi, ki z oblikovno zasnovo in integracijo silhuete kleklja predstavljajo tradicijo občine Žiri. Umeščene so vzdolž krožne sprehajalne poti v Žireh in so med občani ter ostalo javnostjo priljubljena mesta, kjer se odpočijejo, okrepcajo ali zgolj uživajo od pogledu na okoliško naravo.

Zadovoljni so tudi uporabniki kopališča v Pustotniku, kjer je postavljenih 8 ležalnih elementov in lesena spiralna garderoba, ki so v uporabi med celotno poletno sezono in so velika dodana uporabna vrednost kopališča.

Za izdelavo celotnega asortimana urbane opreme znotraj projekta smo uporabili 2,5 m³ odsluženega lesa, s katerim smo ohranili 2 toni uskladičenega CO₂ znotraj lesa, poleg številčnih vrednosti pa smo dijakom in študentom ter širši javnosti pokazali možnost uporabe odsluženega lesa v kakovostnih lesenih izdelkih. Upamo, da smo z omenjeno zgodbo pripomogli k vse večjemu zavedanju o pomembnosti krožnosti materialov in predvsem pokazali, da odslužen les ni odslužen, vse dokler imamo ideje za njegovo nadaljnjo uporabo.

Viri:

Britannica (2023). Carbon footprint | Definition, Examples, Calculation, Effects, & Facts ... <https://www.britannica.com/science/carbon-footprint>
 CaReWood (2023). <https://carewood.iam.upr.si/>
 Centrino (2023). Seizing the hidden opportunity of recycling wood waste. <https://centrinno.eu/blog/recycling-wood-waste/>
 Courier (2023). How to calculate (and offset) your company's carbon footprint. <https://mailchimp.com/courier/article/calculating-your-carbon-footprint/>
 European Aluminium (2020). Circular aluminium actionplan. <https://european-aluminium.eu/wp-content/uploads/2022/08/european-aluminium-circular-aluminium-action-plan.pdf>
 FleetNews (2020). VW Golf mk8: prices, specifications and CO₂ emissions. <https://www.fleetnews.co.uk/news/manufacture-news/2020/02/05/vw-golf-mk8-prices-specifications-and-co2-emissions>
 Gawo Gasser, AG (2023). GAWO Renovations fenster. <https://gawo.ch/produkte/fenster/renovations-fenster/>
 Glass for Europe (2020). Flat glass in climate-neutral Europe. <https://glassforeurope.com/wp-content/uploads/2020/01/flat-glass-climate-neutral-europe.pdf>
 Knez, F., in Lešek, A. (2020). LCA modeli materialov. Poročilo. Projekt Woolf.
 Likon, M. (2011). LCA analiza oken Natura 3 in Udobje E92, Projekt EcoS.
 M Sora (2023). Razvojni projekti. <https://www.m-sora.si/razvojni-projekti/>
 Nickel, L. (2023). Cradle-to-Grave in LCA: What is it & How does it work? - Ecochain 2023.

<https://ecochain.com/blog/cradle-to-grave-in-lca/?nowprocket=1>
 OneTrust (2023). The Corporate Carbon Footprint: A Quick Guide. <https://www.onetrust.com/blog/corporate-carbon-footprint-guide/>
 Pihkola, H., Järnefelt, A., Pajula, T., idr. (2021). LCA – WP5, Final report. Project Woodcircus.
 The Guardian (2023). What's a carbon footprint and how is it worked out? <https://www.theguardian.com/environment/2012/apr/04/carbon-footprint-calculated>.
 Ugovšek, A., in Šubic, B. (2022). Trendi v razvoju lesenih oken in sodobne arhitekture objektov. V J. Volfand (ur.), Izzivi in rešitve za ponovni vzpon pohištvene industrije. Fit media d.o.o.
 UPM Forest Life (2023). Carbon binding. <https://www.upmforestlife.com/carbon-binding-demo>
 Velux (2023). Solutions for sustainable living. <https://www.velux.com/what-we-do/sustainability>
 Watson, J. (2022). Recycled Glass ... It's Not Waste, It's the Future, Infinite Recycled Technologies, NGA Glass Conference. https://www.youtube.com/watch?v=zY9YZHLIWGU&ab_channel=NationalGlassAssoc

Analiza življenjskega cikla in okoljski vplivi različnih parametrov na primeru lesenega stola

Katarina Remic, doc. dr. Matej Jošt

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta

t: 01 320 30 00

e: katarina.remic@bf.uni-lj.si,

matej.jost@bf.uni-lj.si

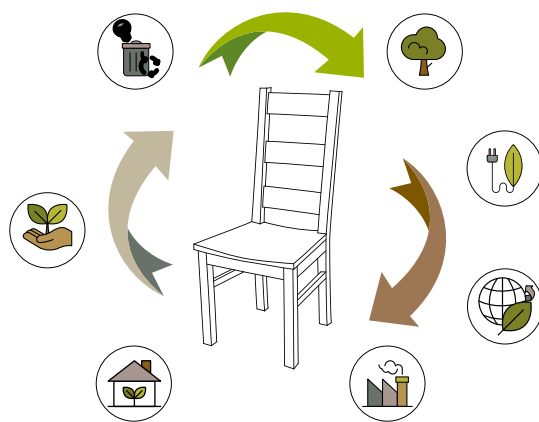
www.bf.uni-lj.si

Uvod

Prehod v podnebno nevtralno Evropo je bil izpostavljen že v okviru Pariškega podnebnega sporazuma, za doseganje le-tega pa je bil sprejet Evropski zeleni dogovor, ki kot eno izmed ključnih trajnostnih surovin krožnega biogospodarstva izpostavlja les. Tudi Strategija razvoja Slovenije do 2030 in Industrijska strategija Slovenije do 2030 les prepoznavata kot trajnostno alternativo materialom na osnovi fosilnih goriv. Gozdovi, les in izdelki iz lesa nudijo možnost blaženja podnebnih sprememb tudi zaradi svoje sposobnosti skladiščenja CO₂, ki ga drevo absorbira že v času rasti in ga v večini ohrani v lesu do sežiga oz. razkroja. Čeprav je les v svoji osnovi obnovljiv in trajnostni vir surovine in energije, lahko lesen izdelek v svojem življenjskem ciklu ustvari nezanemarljivo količino negativnih vplivov na okolje in je celo okoljsko bolj problematičen kot primerljiv izdelek iz drugega materiala. Z uporabo analize življenjskega cikla se lahko takšnim dilemam izognemo. Analiza življenjskega cikla (LCA) je standardizirana metoda, ki omogoča identifikacijo priložnosti za izboljšanje trajnostnega vidika posameznih izdelkov ali storitev v različnih obdobjih njihove življenjske dobe – od pridobivanja vseh surovin, proizvodnih procesov, upravljanja z nastalimi odpadki, uporabe in vzdrževanja do ravnanja z izdelkom po končani življenjski dobi. Ker nudi vpogled v celotni cikel izdelka, se z njo izognemo problematiki, kjer zavestno zmanjšamo vplive na okolje v eni fazi življenjskega cikla, pri tem pa (nezavedno) povečamo negativne vplive na okolje v neki drugi fazi cikla. Posledično lahko takšna analiza poveča učinkovitost upravljanja s surovinami in energetske vire ter minimizira okoljske kompromise (Sinkko idr., 2023; Zhang, 2023). Obstoječe LCA analize so identificirale nekatere izzive lesnopredelovalne industrije, vezane na problematične vplive na okolje. Kritične točke (največji vplivi) se nanašajo predvsem na izdelavo in uporabo lesnih ploščnih kompozitov, porabo energije in vrsto uporabljene energije, na vse Transporte ter na uporabo sekundarnih materialov, npr. lepila, površinskih premazov, kovinskih elementov itd. (Bianco idr., 2021; Coloma-Jiménez idr., 2022; Hu idr., 2023; Mirabella idr., 2014; Pirc Barčič idr., 2022; Vujanović idr., 2022).

Vplivi na okolje v življenjskem ciklu lesenega stola

Glavni namen naše raziskave je bil s pomočjo analize življenjskega cikla (LCA) ugotoviti vplive lesenega stola na okolje s spreminjanjem parametrov, ki so bili v ostalih LCA raziskavah prepoznani kot kritične točke. Predvideli smo, da se obravnavani stol (Slika 1) izdelava pri slovenskem proizvajalcu pohištva, kjer ga stranka (potrošnik) tudi prevzame. Sistem smo opredelili od vrat do groba (gate to grave), torej od vstopa surovin v tovarno do ravnanja z izdelkom po končani življenjski dobi. Izbrana funkcionalna enota predstavlja funkcijo sedenja za obdobje 30 let, pri tem pa ocenjena življenjska doba izdelka presega izbrano funkcionalno enoto. V prvi fazi smo med sabo primerjali šest stolov, ki so bili različno spojeni (vijaki ali mozniki) in različno površinsko obdelani (lakirani, barvani ali oljeni). V nadaljevanju smo preverili še vplive na okolje, ki bi jih povzročile sprememba materiala, izvora uporabljene električne energije, uvoz izdelka iz tujine ali pogostejša menjava stolov. Podatki, uporabljeni v analizi, so v večini pridobljeni iz podatkovne baze Ecoinvent 3.9.1 in znanstvenih člankov ter obdelani s programsko opremo SimaPro 9.5.0.1..



Slika 1: Življenjski cikel lesenega stola

Vplivi analize življenjskega cikla (LCIA) so bili preračunani in ovrednoteni na podlagi metodologije ReCiPe 2016 za Midpoint (H) in Endpoint (H) kategorije vplivov. Kategorije Midpoint vključujejo emisije drobnih delcev, radioaktivnost, tanjšanje stratosferske ozonske plasti, karcinogene toksične vplive na človekovo zdravje, nekarinogene toksične vplive na človekovo zdravje, segrevanje ozračja, rabo vode, ekotoksičnost sladkih voda, eutrofikacijo sladkih voda, eutrofikacijo morskih voda, ekotoksičnost zemlje, zakisovanje tal, rabo tal, ekotoksičnost morskih voda, izrabo mineralov in kovin, izrabo fosilnih goriv, troposferski ozon (vplivi na človeško zdravje) in troposferski ozon (vplivi na kopenske ekosisteme). Kategorije Endpoint pa združujejo kategorije Midpoint v škodo, povzročeno človeškemu zdravju, ter škodo, povzročeno ekosistemom in okrnjenost surovin. Rezultati kategorij so bili normalizirani, pri tem pa smo dobili kritičnost vplivov posameznih kategorij na povprečnega prebivalca globalno.

Analiza procesov in vhodnih podatkov

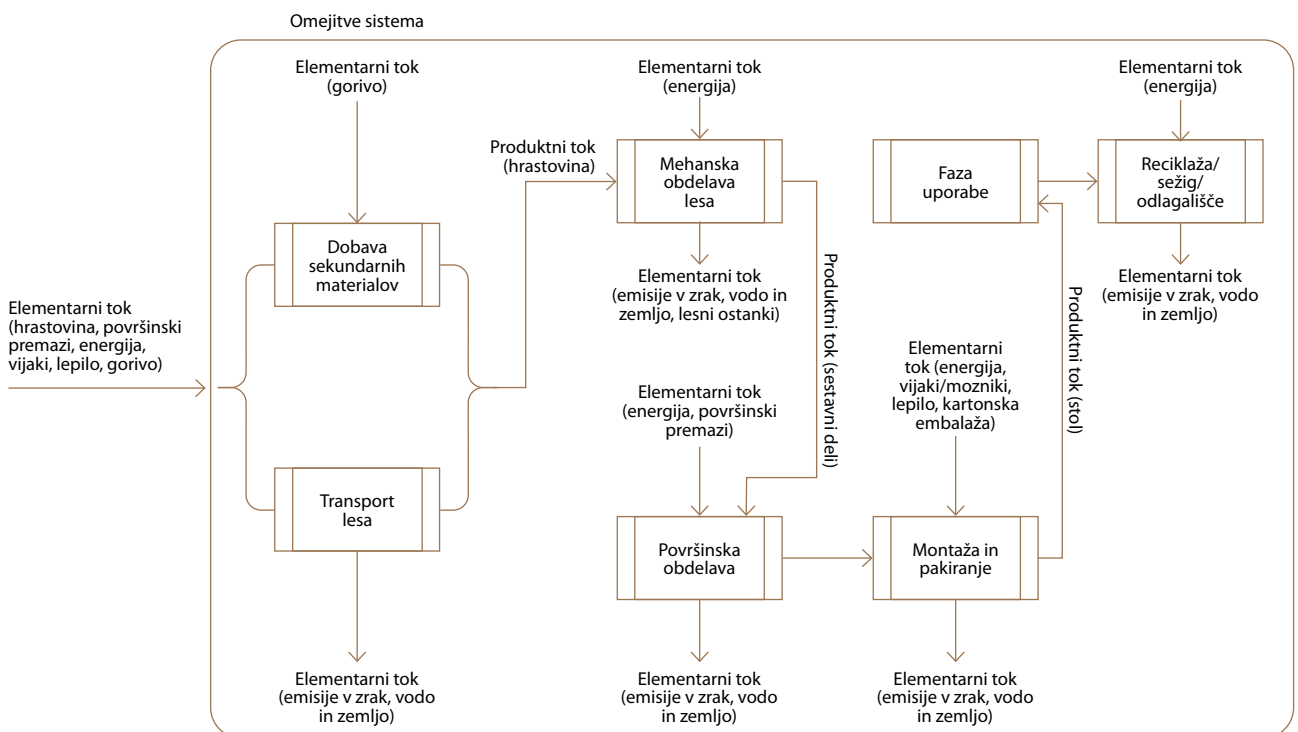
Glede na izkoristek lesa pri predelavi je bilo treba za en stol v obravnavani sistem vnesti 0,03 m³ hrastovega lesa mizarske kakovosti. Omejitve sistema, ki so v obliki procesnega diagrama prikazane na Sliki 2, so enake za vse variante stolov, nekateri procesi znotraj omejitev pa se razlikujejo glede na specifični scenarij.

Pri izvedeni LCA analizi so bili podrobno razdelani in kvantificirani vsi vhodni parametri, ki so se nanašali na glavne točke:

1. Transport lesa od lokalne žage do proizvodnega obrata. V sistemu smo upoštevali, da je dobavljeni les že predhodno sušen na ustrezno ravnovesno vlažnost (10–20 %). Iz podat-

kovne baze smo za vhodni parameter izbrali les listavcev ustrezne ravnovesne vlažnosti. Transport je bil opravljen s tovornim vozilom EURO6 z največjo dovoljeno maso 18 ton.

2. Mehansko obdelavo lesa. Vključuje dolžinski razrez, širinski razrez, štiristransko skobljanje, formatni razrez, CNC obdelavo (rezkanje nog, sedišča, mozničenje, izdelava utorov), ploskovno brušenje in brušenje robov. Pri vsaki vrsti obdelave smo upoštevali predvideno porabo energije glede na nazivno moč stroja. Upoštevali smo nastajajoče emisije in lesne ostanke, ki se lahko porabijo npr. za proizvodnjo energije.
3. Nanos površinskih sredstev. Odvisno od obravnavanega scenarija smo za stol upoštevali proces lakiranja, barvanja oz. oljenja. Skladno s produkti na tržišču smo upoštevali potrebne količine nanosa posameznega sredstva. Transporti površinskih sredstev do predelovalnega obrata pa niso vključeni v sistem. Za proces lakiranja je bil izbran poliuretanski lak, barva, ki smo jo vnesli v sistem, je bila na vodni osnovi, olje pa je bilo rastlinskega izvora (kokosovo).
4. Montažo. Glede na scenarij stola smo predvideli spajanje stola z mozniki in mizarskim lepilom oz. vijačenje z vijaki za les.
5. Pakiranje v kartonsko embalažo za zaščito ob transportu.
6. Fazo uporabe. V tej fazi morebitno vzdrževanje ni bilo predvideno. Alternativno bi lahko upoštevali, da bo potrebna obnovitev premazov znotraj funkcionalne enote.
7. Upravljanje s stolom po končani življenjski dobi. Pri scenarijih, kjer so bili deli stola med seboj spojeni z mozniki in le-



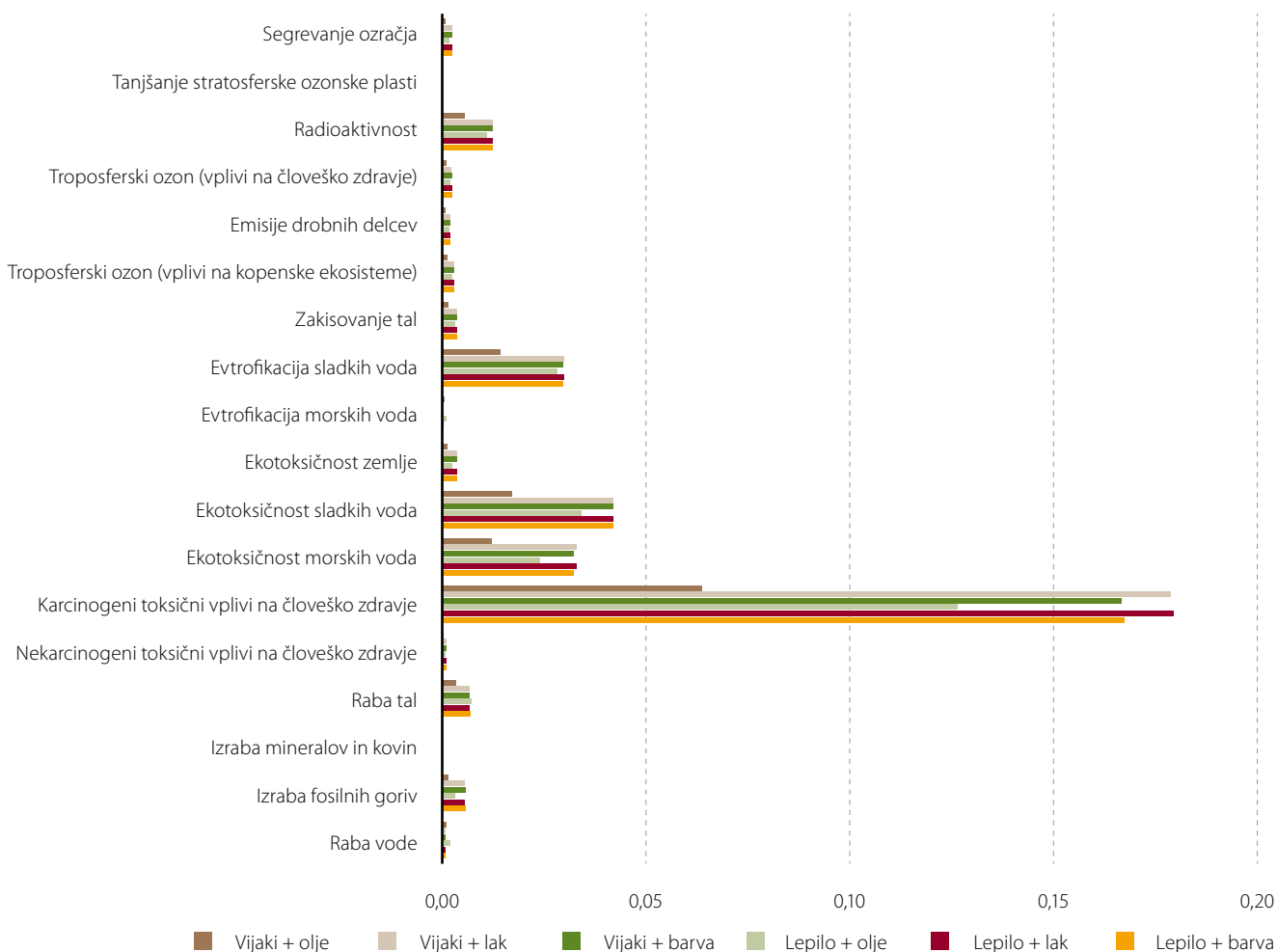
Slika 2: Procesni diagram življenjskega cikla obravnavanega stola

pilom, ter pri scenarijih, kjer so bili stoli lakirani ali barvani, smo skladno s Programom ravnanja z odpadki in programom preprečevanja odpadkov Republike Slovenije (2022), Akcijskim načrtom Evropske komisije o krožnem gospodarstvu (2020) in poročilom Circular economy in the furniture industry: Overview of current challenges and competences needs (2018), ki ga je podprla Evropska komisija, predvideli, da stol konča na odlagališču, vključili pa smo tudi možnost kontroliranega sežiga. Pri vijachenih stoli so scenariji ravnanja po končani življenjski dobi dopuščali možnost ločitve in recikliranja kovinskih elementov. V primeru oljenega, vijachenega stola pa smo po razstavitvi vključili možnost, da se les predela v npr. sekance in nadalje poljubno uporabi – za sežig, izdelavo lesenih kompozitov itd. Transporti stolov do centra za upravljanje z odpadki niso bili vključeni v sistem.

Primerjava scenarijev

Na Sliki 3 so prikazani normalizirani rezultati primerjave različnih scenarijev lesenih stolov za kategorije vplivov Midpoint. Najvišji vplivi se kažejo v scenarijih, kjer smo predvideli lakiranje stola. Razlika, ki se pojavlja med scenariji z lakiranjem in scenariji z barvanjem, je v veliki meri posledica izbora površinskega premaza, saj je bila izbrana barva na vodni osnovi in ne na osno-

vi organskih topil. Kot najbolj kritična kategorija vplivov se je izkazala kategorija karcinogenih vplivov na človekovo zdravje. Pri identifikaciji procesov se je kot najvplivnejši proces izkazala uporabljena elektrika v procesih izdelave. Uporabljen slovenski miks izvora elektrike je po podatkih IEA za leto 2021 sestavljen iz 35,92 % jedrske energije, 31,46 % energije iz hidroelektrarn, 24,23 % energije, pridobljene iz premoga, 3,28 % energije, pridobljene iz zemeljskega plina, 2,85 % energije iz sončnih elektrarn, 1,79 % energije iz biogoriv, 0,36 % energije, pridobljene iz naftnih derivatov, 0,07 %, pridobljene iz odpadkov, in 0,04 % energije iz vetrnih elektrarn. Kot proces, ki ključno prispeva k tveganju za človeško zdravje, se je izkazal tudi proces lakiranja oz. barvanja stola obenem z ostanki uporabljenih površinskih premazov, ki ostajajo v pripravi za njihov nanos. Enaki procesi so se kot najintenzivnejši izkazali v kategorijah ekotoksičnosti sladkih in morskih voda. Kot najboljša alternativa z najmanj vplivi se je v vseh obravnavanih kategorijah izkazal vijachen, oljen stol. Pri tem moramo upoštevati scenarije ob koncu življenjske dobe, kjer nam ta alternativa omogoča razstavitev stola in podaljšanje življenjske dobe lesenim elementom, npr. v obliki sekancev. V vseh ostalih scenarijih smo zaradi uporabe lepila in/ali kompleksnejših površinskih premazov predvideli potrebo po kontroliranem sežigu oz. upoštevali, da precejšen delež odsluženega pohištva konča na odlagališčih.



Slika 3: Normalizirani rezultati LCA za kategorije Midpoint

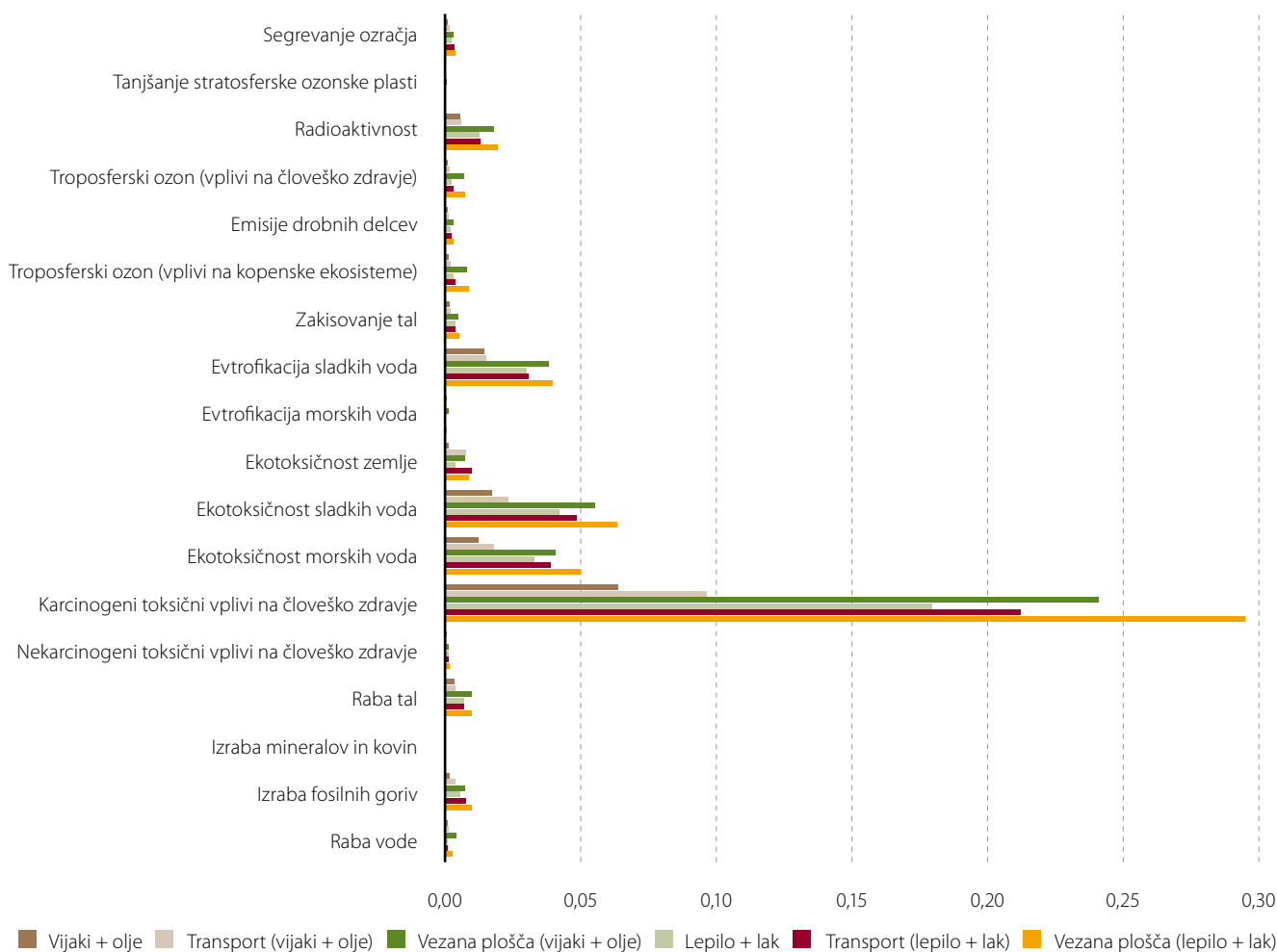
Pri analizi kategorij Endpoint (Slika 4) so vplivi posledično najvišji za škodo, povzročeno človeškemu zdravju. Vplivi na te kategorije so različni med posameznimi stoli, medtem ko so vplivi na škodo, povzročeno ekosistemu, in izraba virov zelo primerljivi med različnimi scenariji stolov. Na rezultate sta tako najbolj vplivala dodatno porabljena elektrika v procesih lakiranja/barvanja in nastajanje odpadnih voda ter drobnih delcev ob lakiranju in barvanju.

Vplivi trendov in »fast furniture«

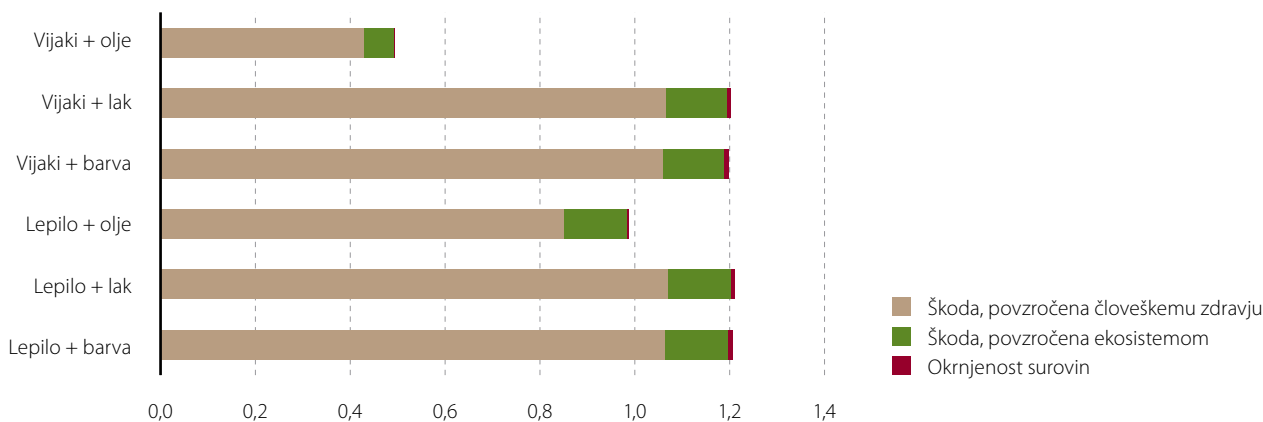
Lesene izdelke, npr. pohištvo, pogosto obravnavamo kot trajnostne izdelke. Sekundarni materiali, ki so uporabljeni pri izdelavi pohištva, najpogosteje kot vezni elementi ali kot površinski premazi, so pogosto izpostavljeni kot kritična točka vplivov na okolje. Vendar pa se za okoljskim odtisom lesenega pohištva skriva več vplivnih dejavnikov. Dodatno smo varianto stola, ki se je izkazal kot okoljsko najboljša različica (vijaki in olje), in varianto stola, ki se je izkazal za različico z največjimi vplivi na okolje (lepilo in lak), analizirali še za nekatere parametre, za katere smo predvideli, da lahko imajo precejšen vpliv.

Ker se znaten del pohištva uvaža iz tujine, smo želeli preveriti vpliv transportne razdalje na okoljski odtis. Pri tem morebitni predhodni transporti lesa in izvor lesa, npr. ilegalna sečnja in netrajnostno gospodarjenje, z gozdom niso bili upoštevani. Prav tako smo želeli preveriti vplive na okolje pri zamenjavi glavne surovine – masivnega lesa, z vezano ploščo, ki se pogosto uporablja za izdelavo pohištva. Na Sliki 5 so prikazani rezultati primerjave dejavnikov transporta in glavne surovine. Pri transportu 1.500 km so bili negativni vplivi na okolje nekoliko večji od alternativ, izdelanih v Sloveniji, kjer je bila transportna razdalja 23 km, večje razlike pa so se pokazale pri zamenjavi glavne surovine, kjer lahko opazimo, da so vplivi vijachenega in oljenega stola iz vezane plošče, ki sicer v masivni različici predstavlja najboljšo alternativo, v več kategorijah presegli vplive lepljenega in lakiranega stola iz masivnega lesa.

Pri analizi okoljskih vplivov ob zamenjavi električne energije z elektriko izvora izključno iz sončne elektrarne smo opazili bistveno zmanjšanje vplivov na okolje, še posebej v kategoriji karcinogenih vplivov na človekovo zdravje (Slika 6). Zadnji parameter, ki smo ga preverili, je bila življenjska doba lesenih izdelkov.



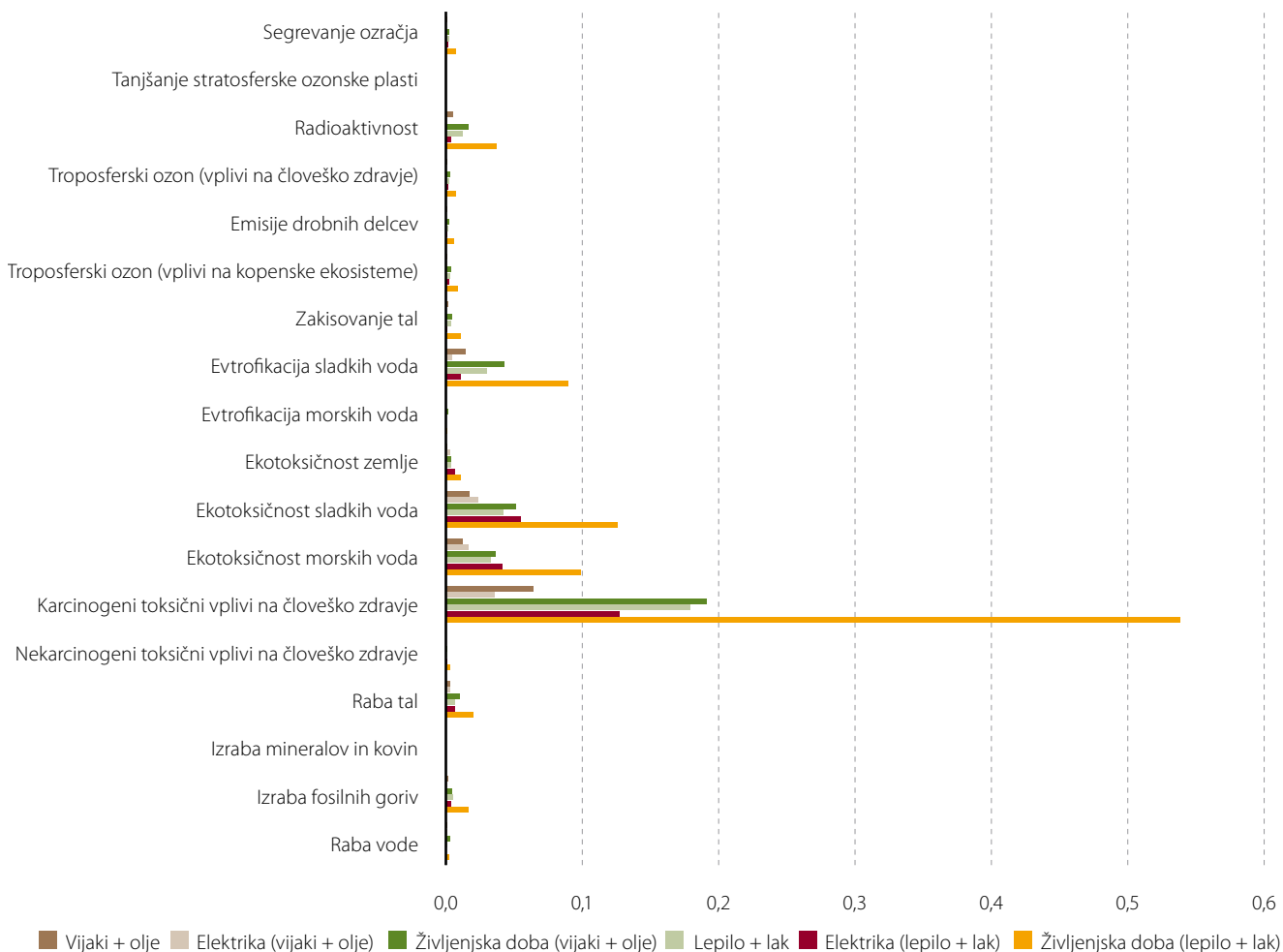
Slika 5: Normalizirani rezultati analize vplivov transporta in glavne surovine



Slika 4: Normalizirani rezultati LCA za kategorije Endpoint

Potrošniki v času hitrega spreminjanja trendov in uvoza cenejšega pohištva menjajo pohištvo pogostejše kot kadarkoli, zgolj z namenom sledenja trendom. Za obravnavana stola smo primerjali scenarije, kjer življenjska doba stola preseže funkcionalno enoto sistema (30 let), in scenarije, kjer potrošnik zamenja stol

vsakih deset let, kar pomeni, da smo za izračune znotraj naše funkcionalne enote potrebovali tri stole. Od vseh preverjenih parametrov so se ravno pri spreminjanju življenjske dobe pohištva pokazale največje razlike v obremenjevanju okolja (Slika 6).



Slika 6: Normalizirani rezultati analize vplivov izvora elektrike in dolžine življenjske dobe

Zaključek

Les in leseni izdelki predstavljajo perspektivno trajnostno alternativo materialom in izdelkom na osnovi fosilnih goriv, vendar pa samo uporaba lesa ne zagotavlja nujno okolju prijazne rešitve. Za celostno spremljanje vplivov na okolje se pogosto uporablja analiza življenjskega cikla, ki preučuje vplive na ekosistem, človeka in izrabo surovin v celotnem življenjskem ciklu izdelka. Z izvedeno LCA analizo lahko za posamezni leseni izdelek identificiramo kritične točke, ki zmanjšujejo trajnostno naravnost izdelka. To nam predstavlja dobro izhodišče in popotnico za uvedbo tako konstrukcijskih in oblikovnih rešitev izdelka kot tudi večjih sistemskih rešitev proizvodnih obratov.

Viri:

Bianco, I., Thiébat, F., Carbonaro, C., Pagliolico, S., Blengini, G. A., in Comino, E. (2021). Life Cycle Assessment (LCA)-based tools for the eco-design of wooden furniture. *Journal of Cleaner Production*, 324, 129249. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129249>

Coloma-Jiménez, M., Akizu-Gardoki, O., in Lizundia, E. (2022). Beyond ecodesign, internationalized markets enhance the global warming potential in the wood furniture sector. *Journal of Cleaner Production*, 379 (2), 134795. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134795>

Ecores, University of Vaasa, CETEM, AMUEBLA, CENFIM, KIT. (2018). Circular economy in the furniture industry: Overview of current challenges and competences needs. Poročilo projekta Erasmus+.

European Commission. (2019). Sporočilo komisije evropskemu parlamentu, evropskemu svetu, evropskemu ekonomsko-socialnemu odboru in odboru regij: Evropski zeleni dogovor. Publications Office of the European Union.

European Commission. (2020). Sporočilo komisije evropskemu parlamentu, svetu, evropskemu ekonomsko-socialnemu odboru in odboru regij: Novi akcijski načrt za krožno gospodarstvo za čistejšo in konkurenčnejšo Evropo. Publications Office of the European Union.

Hu, J., Skinner, C., Ormondroyd, G., in Thevenon, M. F. (2023). Life cycle assessment of a novel tannin-boron association for wood protection. *Science of The Total Environment*, 858, 159739. <https://doi.org/10.1016/j.SCITOTENV.2022.159739>

IAE. (2022). World Energy Statistics and Balances: Slovenia. <https://www.iea.org/countries/slovenia>

MGRT. (2021). Slovenska industrijska strategija 2021–2030. Ministrstvo za gospodarski razvoj in tehnologijo.

Poleg transparentnosti proizvajalcev in njihove trajnostne ozaveščenosti se kot ključni dejavnik izkažejo odločitve potrošnikov. Izbira lokalno izdelanega, kakovostnega lesenega pohištva, ki ga lahko potrošnik uporablja praktično celo življenje, v celotnem sistemu predstavlja precej pomembnejši dejavnik kot izbira površinskega premaza ali vrste vijakov.

Zahvala

Prispevek je podprla Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARIS), v okviru programa Les in lignocelulozni kompoziti (P4-0015).

MKRR. (2017). Strategija razvoja Slovenije 2030. Služba Vlade Republike Slovenije za razvoj in evropsko kohezijsko politiko.

MOPE. (2022). Program ravnanja z odpadki in program preprečevanja odpadkov 2022. Ministrstvo za okolje in prostor, Sektor za odpadke.

Mirabella, N., Castellani, V., in Sala, S. (2014). LCA for assessing environmental benefit of eco-design strategies and forest wood short supply chain: a furniture case study. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 19, 1536–1550. <https://doi.org/10.1007/s11367-014-0757-7>

Pirc Barčič, A., Klarič, K., in Kruhak, T. (2022). The role of life cycle assesment in business and production processes in wood industry: a literature review. V D. Jelačić. (ur.), *Controlling of business and production processes in forest based industry* (1. izd., letn. 1, 47–64). WoodEMA, i. a. Podatkovna baza Ecoinvent 3.9.1. (2022).

Programska oprema SimaPro 9.5.0.1. (2023).

Sinkko, T., Sanyé-Mengual, E., Corrado, S., Giuntoli, J., in Sala, S. (2023). The EU Bioeconomy Footprint: Using life cycle assessment to monitor environmental impacts of the EU Bioeconomy. *Sustainable Production and Consumption*, 37, 169–179. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.02.015>

Vujanović, A., Puhar, J., Krajnc, D., Awad, P., in Čuček, L. (2022). Reducing the environmental impacts of the production of melamine etherified resin fibre. *Sustainable Production and Consumption*, 29, 479–494. <https://doi.org/10.1016/J.SPC.2021.10.014>

Zhang, Z. (2023). *Environmental Data Analysis: Methods and Applications*. Berlin, Boston: De Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783111012681>



Uredba o zelenem javnem naročanju

Potencial zelenega javnega naročanja in ponudba surovin za leseno gradnjo na domačem trgu

dr. Boštjan Lesar

Univerza v Ljubljani,

Biotehniška fakulteta

e: bostjan.lesar@bf.uni-lj.si

www.bf.uni-lj.si

Špela Ščap, dr. Peter Prislan

Gozdarski inštitut Slovenije

e: spela.scap@gozdis.si

peter.prislan@gozdis.si

www.gozdis.si

Povzetek

Naravni gradbeni materiali so pomemben vzvod za pospešitev zelenega prehoda. Za zmanjšanje emisij ogljika je treba z aktivnim in trajnostnim gospodarjenjem z gozdovi v EU in Sloveniji spodbujati povečanje deleža lesa v gradbeništvu. Gradnja javnih stavb z velikim deležem lesa je lahko glavni promotor kakovostne lesene gradnje tudi v zasebnem sektorju. Preverili smo, kakšni so investicijski potenciali zelenih javnih naročil in kakšne so možnosti predelave lesa za proizvodnjo polizdelkov, uporabljenih v gradnji z lesom.

Ključne besede: zelena javna naročila, javne stavbe, lesena gradnja, potenciali lesne industrije

Uvod

Scenariji podnebnih sprememb kažejo trend dvigovanja povprečnih letnih temperatur zraka in spremembe v letni razporeditvi padavin. Vsako od zadnjih treh desetletij je bilo toplejše od vseh predhodnih. V zadnjih desetih letih beležimo posamezna leta z najvišjo letno povprečno temperaturo, odkar v Sloveniji sistematično spremljamo vremenske podatke. Poleg tega smo vse pogostejše priča vedno intenzivnejšim ekstremnim vremenskim dogodkom: izrednim padavinskim dogodkom, žledu, viharjem, toči itd. Znanstveniki kljub prizadevanju številnih posameznikov menijo, da skoraj zagotovo ne bomo dosegli cilja Pariškega sporazuma o omejitvi dviga globalne temperature znatno pod 2 °C do leta 2050 v primerjavi s predindustrijsko dobo. To pomeni, da lahko v prihodnosti pričakujemo še večje in bolj izražene spremembe podnebja. Kot je dobro znano, na zviševanje globalne temperature vplivajo predvsem toplogredni plini, ki nastajajo pri porabi fosilnih goriv.

Pri proizvodnji klasičnih gradbenih materialov, kot so opeka, beton, jeklo in aluminij, se porabi mnogo več energije kot pri proizvodnji materialov in izdelkov na osnovi lesa (Churkina idr., 2020). Poleg tega je ob pravilnem načrtovanju razgradnja lesenih objektov enostavnejša, večino lesa je možno ponovno uporabiti za proizvodnjo novih materialov in kompozitov na osnovi lesa, v skrajnem primeru pa tudi za energijo (prav tam).

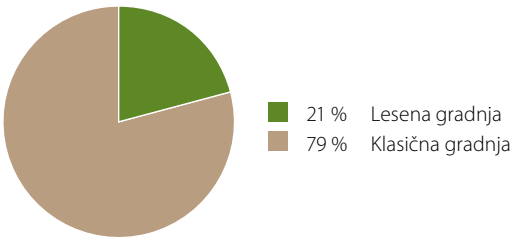
Gradnja javnih stavb z velikim deležem lesa je lahko glavni promotor kakovostne lesene gradnje tudi v zasebnem sektorju. Enako meni tudi Evropski ekonomsko-socialni odbor, ki poziva države članice EU, naj povečajo uporabo lesa v javnih stavbah, ki je pod povprečjem, saj javni sektor s svojim ravnanjem postavlja zgled drugim (Kolbe, 2023). Od več kot 5 milijard evrov oddanih javnih naročil v Sloveniji v letu 2020 je bil velik delež vezan na gradnjo in obnovo javnih stavb. Če se osredotočimo zgolj na zelena javna naročila, je delež oddanih naročil za gradnjo v letu 2020 znašal dobrih 45 % (SURS, 2021) in dobrih 54 % v letu 2021 (SURS, 2022). Menimo, da bi bilo možno z nadgrajeno shemo zelenega javnega naročanja dodatno spodbuditi predelavo in uporabo lesa v stavbah, kar bi prispevalo k hitrejšemu in učinkovitejšemu prehodu v podnebno nevtralno družbo.

Investicijski potencial zelenih javnih naročil (ZeJN) na nivoju države in lokalnih skupnosti

V okviru CRP projekta z naslovom »Hitrejši prehod v podnebno nevtralno družbo z izkoriščanjem potenciala lesa v okviru zelenega javnega naročanja« smo med drugim preverjali investicijski potencial zelenih javnih naročil na področju gradnje in obnove stavb na državni in lokalni ravni. Izvedli smo pregled investicijskega potenciala ZeJN za gradnjo in obnovo stavb, ki jih načrtujejo državni organi in lokalne skupnosti oz. občine. V okviru te naloge smo pripravili spletni vprašalnik in zaprosili oddelke za investicije na posameznih državnih organih in občinah za izpolnitev vprašalnika. Zanimal nas je investicijski potencial v gradnjo in obnovo stavb za naslednje petletno investicijsko obdobje. Spraševali smo po vseh tipih gradnje (klasična zidna, betonska ali lesena), saj menimo, da je možno marsikateri objekt, ki je načrtovan v klasični ali betonski gradnji, izvesti v lesni izvedbi. Ker les ni primeren za nizke gradnje, po teh investicijah nismo spraševali. Vse potencialne investitorje smo povprašali po naslednjih podatkih: nazivu stavbe, namenu uporabe stavbe, predvidenem materialu osnovne konstrukcije, znesku, nato tlorisni površini in letu začetka investicije.

Po investicijskem potencialu ZeJN na državni ravni smo povprašali vsa ministrstva. Prejeli smo odgovore vseh ministrstev, vendar investicije v gradnjo in obnovo stavb načrtujejo Ministrstvo za obrambo (MORS), Ministrstvo za vzgojo in izobraževanje

vanje, Ministrstvo za visoko šolstvo, znanost in inovacije (MVZI) ter Ministrstvo za pravosodje (MP). V ostalih ministrstvih takšnih investicij po naših pridobljenih informacijah ne izvajajo. V naslednjem petletnem obdobju nameravajo vsa omenjena ministrstva investirati v stavbe dobre 203 milijone evrov. Največje investicije so predvidene na MVZI, kjer je načrtovana novogradnja medicinske in veterinarske fakultete Univerze v Ljubljani ter Centra znanosti. MORS večinoma načrtuje nastanitvene objekte, MP pa gradnjo dveh sodišč. Z ministrstev smo pridobili tudi informacije o načrtovanih materialih nosilnih konstrukcij. Kot je razvidno s Slike 1, ministrstva nameravajo v 79 % graditi v klasični gradnji in 21 % z leseno nosilno konstrukcijo. Z leseno nosilno konstrukcijo je predvidena gradnja Inštituta za hrano, gradnja Centra za semenarstvo, drevosničarstvo in varstvo gozdov ter krepitev biodiverzitete in Centra znanosti. Ocenjujemo, da bi bilo možno tudi večino preostalih predvidenih investicij ministrstev izvesti v leseni gradnji.



Slika 1: Delež investicij na državnem nivoju, predvidenih v klasični in leseni gradnji

Preglednica 1: Načrtovane investicije ministrstev v prihodnjih petih letih

Ministrstvo	Število objektov	Vrednost	Površina (m²)
MORS	3	12.600.000,00 €	8.050
MVZI	5	180.537.563,29 €	1.300*
MP	2	10.260.000,00 €	8.279
Skupna vsota	10	203.397.563,29 €	29.329

* Dostopni le delni podatki o površini posameznih investicij.

Na lokalni ravni večino javnih investicij izpeljejo občine. V ta namen smo kontaktirali vseh 212 občin. Žal je bil odziv relativno slab. Prejeli smo odgovore iz 34 občin, v katerih po statističnih podatkih živi 414.154 prebivalcev, kar skupno predstavlja slabih 20 % prebivalcev Slovenije (SURS, 2023). Glede na omejeno število sprejetih odgovorov o investicijskem potencialu občin smo naredili tudi projekcijo investicijskega potenciala na lokalni ravni za celotno državo. Projekcijo za Slovenijo smo naredili na podlagi števila prebivalcev, živečih v občinah, od katerih smo prejeli odgovore, in skupnega števila prebivalcev, živečih v Sloveniji. Poleg tega je treba poudariti, da občine niso razpolagale z vsemi razpoložljivimi informacijami, v nekaterih primerih manjkajo vrednosti investicij in neto površine objektov. Ker reprezentativnega vzorca slovenskih občin nismo izbirali načrtno, ampak smo zbrali le informacije tistih občin, ki so nam same posredovale podatke, se lahko vrednosti investicij nekoliko razlikujejo glede na realno stanje. Vendar menimo, da so ti podatki za okvirne napovedi dovolj natančni za določitev investicijskega potenciala ZeJN. Poudariti je še treba, da smo vse podatke zbrali pred avgustovskimi poplavi, zato bodo nastala še dodatna odstopanja, oz. se bodo nekatere investicije najverjetneje zamaknile za določeno časovno obdobje.

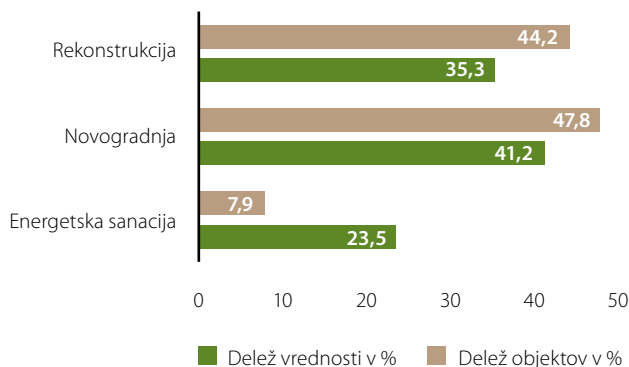
Občine so nam posredovale podatke za investicije z začetkom izvajanja projektov že v letih 2023 in 2024, medtem ko za nadaljnja leta še nimajo jasnih načrtov za investicije. Za leta 2025–2027 smo zbrali zgolj 17 načrtovanih investicij od skupno 68 planiranih. Na lokalni ravni so po številu objektov in predvideni investicijski vrednosti stavbe, ki služijo za drug namen. V to kategorijo smo uvrstili predvsem poslovno-stanovanjske objekte, mrliške vežice, občinske stavbe ipd. Po investicijski vrednosti sledijo vzgojno-izobraževalni zavodi. Sledijo investi-

cije v zdravstvene domove in športne dvorane. V manjši meri so predvidene investicije v kulturne ustanove in stavbe za terciarno izobraževanje. Na lokalni ravni smo zbrali za 156.908.792 evrov investicij, od tega je v vrednosti 133.800.000 evrov predviden začetek investicij v letih 2023 in 2024. Na nivoju celotne države bi to pomenilo skupno 798.111.864 evrov investicij v gradnjo javnih objektov (Preglednica 2). Če preračunamo na leto, pomeni to 260 milijonov evrov investicij. Vendar to niso zgolj investicije v novogradnje, ampak tudi energetske sanacije in rekonstrukcije objektov. Za novogradnje je predvidena slaba polovica vrednosti investicij oz. 40 % objektov. Na lokalni ravni načrtujejo veliko vlaganj v prenove oz. rekonstrukcije objektov več kot 44 % vrednosti. Slabih 8 % pa nameravajo investirati v energetske sanacije objektov. Pri energetski sanaciji gre za veliko nižje zneske glede na posamezni objekt, saj predstavlja kar dobrih 23 % predlaganega števila objektov (Slika 2). Povprečna ocenjena vrednost investicij za vse pridobljene projekte znaša 1.850 EUR na kvadratni meter.

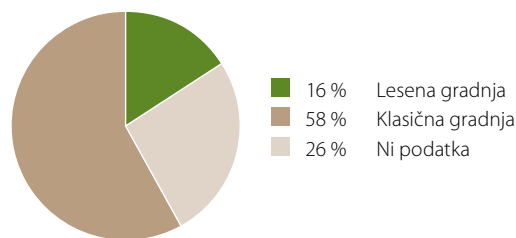
Največ lesa in drugih ligno-celuloznih materialov lahko uporabimo pri rekonstrukcijah in novogradnjah objektov, zato imata ta dva tipa tudi največ potenciala za lesno industrijo v zelenih javnih naročilih. Občine načrtujejo približno 16-odstotni delež lesene gradnje pri novogradnjah (Slika 3). Poudariti je treba, da se pri velikem deležu investicij v novogradnje investitorji še niso odločili za tip gradnje, izbirajo med klasično in leseno gradnjo. Odločitev je v veliki meri odvisna od različnih spodbud, npr. spodbude Eko sklada. Velika možnost uporabe lesa je tudi pri raznih rekonstrukcijah objektov, predvsem tedaj ko rekonstrukcije vsebujejo tudi dodano širitev objektov, na primer prizidek ali nadzidavo. Les je še posebej primeren pri nadvišanju objektov, saj so lesene konstrukcije lahke.

Preglednica 2: Pregled investicijskega potenciala zelenih javnih naročil na lokalni ravni

Namen stavbe	Podatki iz ankete			Projekcija za Slovenijo		
	Št. objektov	Vrednost (€)	Površina (m ²)	Št. objektov	Vrednost (€)	Površina (m ²)
Poslovno-stanovanjski in drugi	18	60.127.153,23 €	25238	92	305.834.960,48	128.370
Kulturna ustanova	5	4.406.110,02	3561	25	22.411.546,37	18.113
Prizidek šoli	2	3.500.000,00	300	10	17.802.644,96	.1526
Prizidek vrtcu	1	1.617.981,29	578	5	8.229.813,28	2.940
Šola (osnovna, srednja)	9	27.071.605,86	20245	46	137.698.910,79	102.976
Športna dvorana	6	12.777.821,00	5747	31	64.994.003,05	29232
Vrtec	10	24.509.466,07	8407	51	124.666.663,63	42.762
Zdravstvena ustanova	10	21.652.947,42	20309	51	110.137.067,24	103.301
Turistični objekt	5	1.245.707,63	1674	25	6.336.254,48	.8512
Skupaj	66	156.908.792,52	86058	336	798.111.864,29	437.732



Slika 2: Delež vrednosti in delež števila objektov, predvidenih za energetska sanacija, novogradnjo in rekonstrukcijo objektov



Slika 3: Predvideni delež investicij v leseno in klasično gradnjo na lokalni ravni za novogradnje

V zadnjem obdobju je bilo v leseni gradnji največ zgrajenih vrtcev in nekaj manjšega šol. Podatke o investicijah v te objekte smo pridobili tudi na Ministrstvu za vzgojo in izobraževanje. Podatki so pridobljeni iz razpisa za sofinanciranje investicij v vrtcih in osnovnem šolstvu v RS v proračunskem obdobju 2021–2024 (Razpis 2021). Za sofinanciranje je bilo izbranih 126 projektov (55 v vrtce in 71 v osnovno šolstvo), v skupni vrednosti 114,4 milijona evrov sofinancerskih sredstev. Skupna vrednost prijavljenih projektov je znašala 178,5 milijona evrov, od tega 65,5 milijona evrov investicij v vrtce in 113 milijonov evrov v osnovno šolstvo. V sofinanciranih primerih gre za rekonstrukcije dozidave ali novogradnje objektov. Če primerjamo podatke iz poročila o razpisu in projiciranih vrednosti investicij na slovenskem nivoju, ki smo jih pridobil od občin, kaže zelo podobno število objektov, ki so potencial za zeleno javno naročanje (142). Vendar je skoraj še enkrat višji znesek za planirane investicije v vrtce in šole iz naše ankete (353 milijonov evrov). Menimo, da so vzroki za takšno odstopanje v zneskih, ker so se v tem obdobju gradbena dela močno podražila, poleg tega je večina projektov iz ankete še v idejnih fazah, ko še ni natančnih ocen investicij. Poleg tega smo v anketi vključili daljše časovno obdobje.

Ne glede na vse menimo, da je v ZeJN še veliko manevrskega prostora v številnih projektih, kjer bi bilo možno uporabiti les in druge ligno-celulozne materiale. V statističnem poročilu (SURS,

2021) navajajo, da naročniki še vedno v skoraj 90 % naročil kot edino merilo uporabljajo ekonomsko najugodnejše ponudbe. Uporaba drugih meril povečuje zapletenost oz. zahtevnost naročila, kar za mnoge, predvsem manjše naročnike, pomeni preveliko obremenitev – navedeno lahko kaže tudi na potrebo po povečanju prizadevanj za dvig pristojnosti in spodbujanje javnih uslužbencev za boljše naročanje.

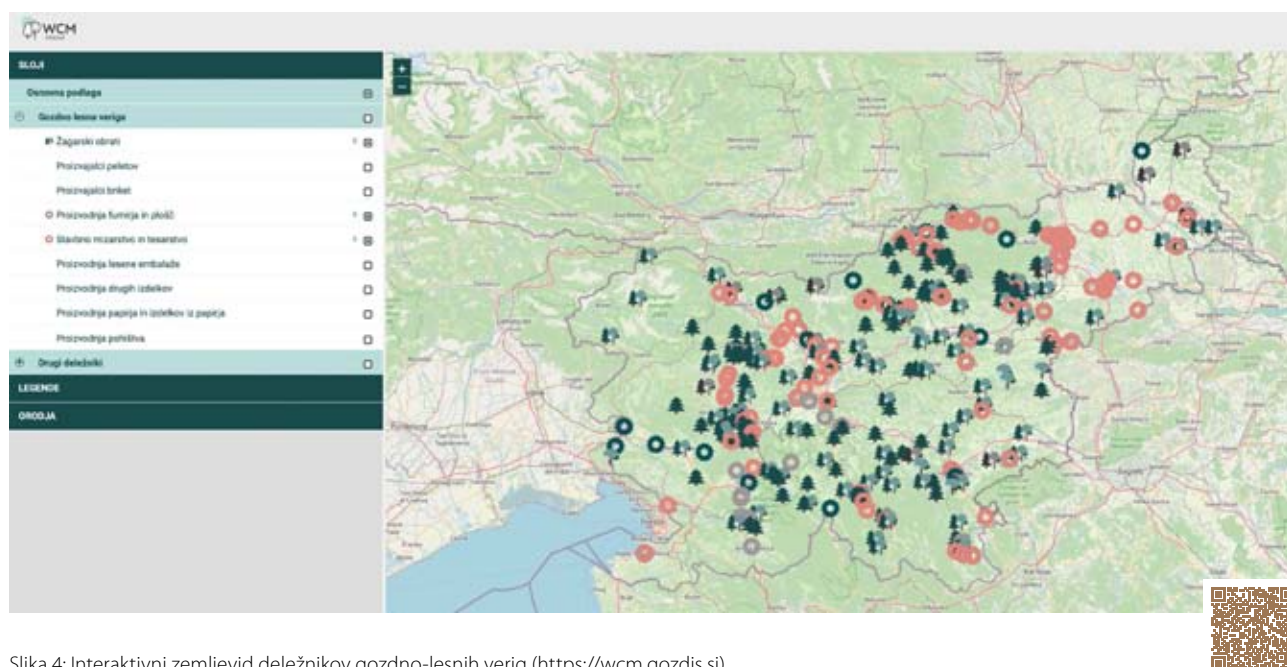
Posnetek stanja ponudbe na slovenskem trgu

Na podlagi podatkovne baze AJ PES in baz Gozdarskega inštituta Slovenije (GIS) smo posodobili seznam deležnikov, ki so potencialno del verige vrednosti lesene gradnje. Iz podatkovne baze AJ PES smo pridobili seznam podjetij, ki se ukvarjajo z dejavnostjo C16.100 (Žaganje, skobljanje in impregniranje lesa) in C16.230 (Stavbno mizarstvo in tesarstvo). Zaradi velikega števila podjetij smo se omejili na poslovne subjekte s petimi ali več zaposlenimi. Podatkovno bazo smo dopolnili z rezultati popisa žagarskih obratov, ki smo ga na GIS opravili v letu 2020, kjer smo poslovne subjekte povprašali tudi po količini proizvodnje konstrukcijskega lesa. Bazo smo dodatno dopolnili še s seznamom podjetij, ki so za konstrukcijski les pridobili znak CE. Na takšen način smo identificirali 235 poslovnih subjektov, ki so potencialni deležniki v gozdno-lesni verigi lesene gradnje. Na podlagi posodobljene podatkovne baze smo pripravili interak-

ativni zemljevid z označenimi poslovnimi subjekti, ki se ukvarja-
jo z zgoraj omenjenimi dejavnostmi. Interaktivni zemljevid je
na voljo na spletnem portalu WCM Info Gozd.

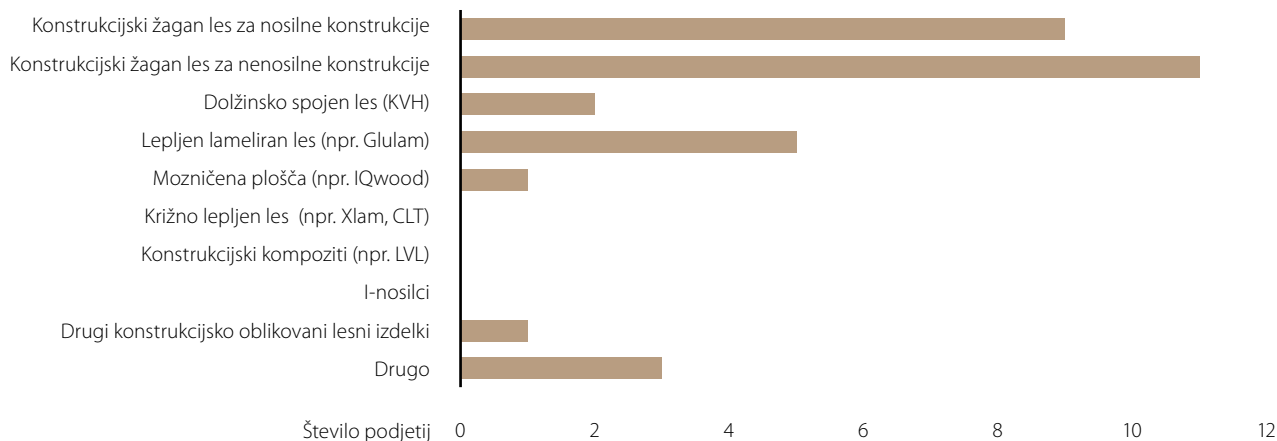
Poslovnim subjektom iz pripravljenega seznama smo v juniju
2023 posredovali spletni anketni vprašalnik z vprašanji o vrsti in
količini proizvodov, ki se uporabljajo za lesno gradnjo (npr. kon-
strukcijski žagan les, lameliran lepljen les, križno lepljen les ali
podobni proizvodi ter konstrukcijski kompoziti). Na anketo se
je odzvalo 17 od 235 poslovnih subjektov, od tega so vključena
tudi podjetja, ki so po količinskem obsegu proizvodnje izdelkov
za leseno gradnjo pomembna za slovenski prostor. Od sodelu-

jočih v anketi 11 podjetij proizvaja konstrukcijski žagan les za
nenosilne konstrukcije (npr. deske, letve), 9 podjetij proizvaja
konstrukcijski žagan les za nosilne konstrukcije (npr. tramove),
5 podjetij proizvaja lepljen lameliran les, 3 podjetja so navedla
druge proizvode (npr. lesene montažne hiše, lesene obloge),
skupno 6 podjetij pa proizvaja dolžinsko spojen les, možničene
plošče ter druge konstrukcijsko oblikovane lesne izdelke (Slika
5a). Podjetja, ki so se odzvala na vprašalnik, so v letu 2022 sku-
pno proizvedla 128.686 m³ proizvodov, tj. 72.495 m³ konstruk-
cijskega lesa, 31.970 m³ lepljenega lameliranega lesa, 22.831 m³
drugih izdelkov (npr. lesene montažne hiše, lesene obloge) in
skupno 1.390 m³ ostalih spremljanih proizvodov (Slika 5b).



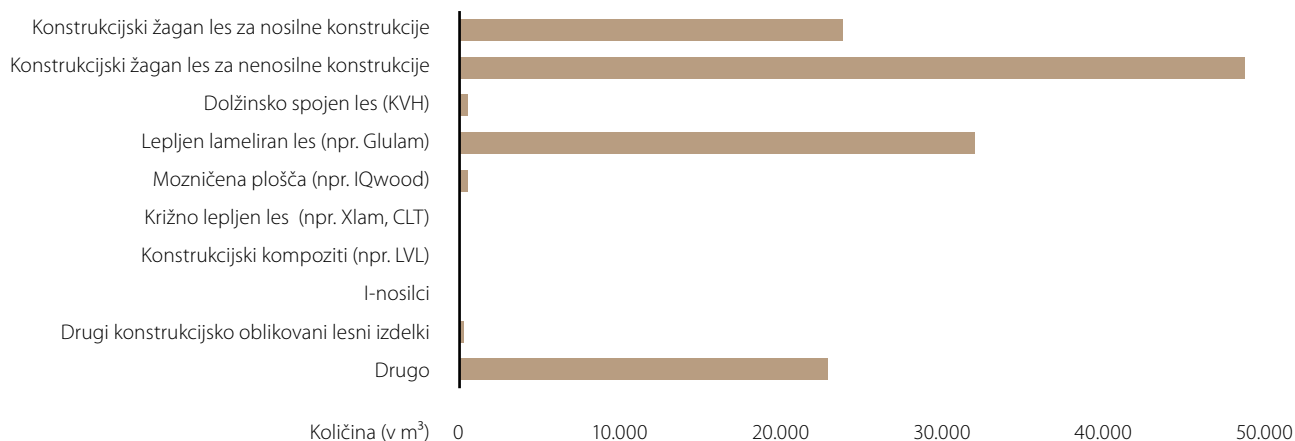
Slika 4: Interaktivni zemljevid deležnikov gozdno-lesnih verig (<https://wcm.gozdis.si>)

a) Število podjetij, sodelujočih v anketi



Slika 5: Rezultati ankete med proizvajalci izdelkov za leseno gradnjo (n = 17)

b) Obseg proizvodnje (v m³) podjetij, sodelujočih v anketi



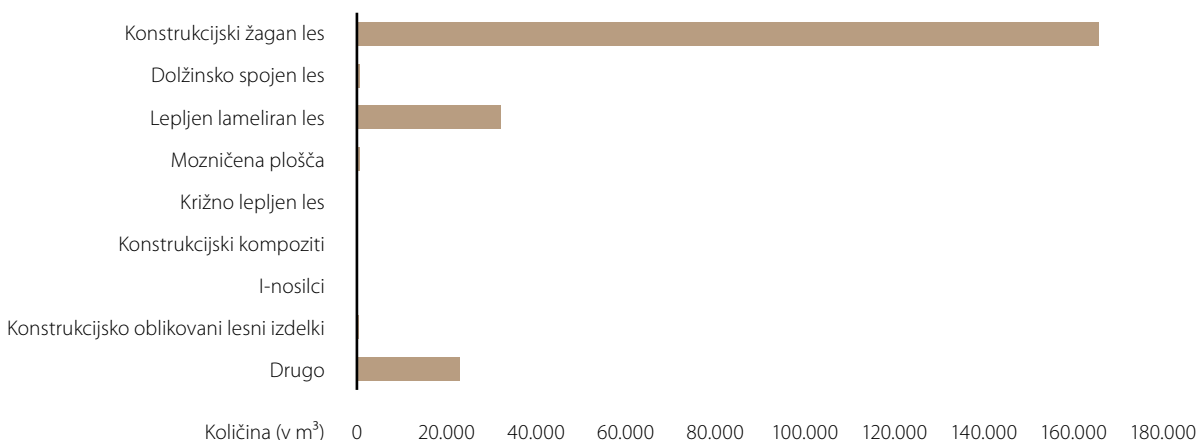
Slika 5: Rezultati ankete med proizvajalci izdelkov za leseno gradnjo (n = 17)

V obširni raziskavi med žagarskimi obrati, ki smo jo opravili v letu 2020, je 159 sodelujočih podjetij proizvedlo 633.894 m³ različnih žagarskih proizvodov. Z 88 % prevladujejo proizvodi iz skupine drevesnih vrst iglavcev, kjer količinsko prevladuje proizvodnja standardnega žaganega lesa, in sicer z 68 % (379.490 m³). S 24 % sledi proizvodnja konstrukcijskega žaganega lesa iglavcev. Le 12 % vseh proizvodov je izdelanih iz lesa listavcev, kjer enako kot pri iglavcih prevladuje standardni žagan les (67 % oz. 49.358 m³). Nekoliko več kot polovica (52 %) anketirancev, ki so sodelovali pri tem sklopu vprašanj, je odgovorila, da žagan les uporabijo za nadaljnjo predelavo v okviru lastnega podjetja. Iz žaganega lesa največkrat proizvajajo lesno embalažo in polizdelke (npr. elemente, lesne kompozitne plošče, opaže, bruna) (Ščap idr. 2021). K podatkom, pridobljenim s pomočjo ankete, smo priključili še podatke iz ankete leta 2020 – skupna proizvodnja izdelkov za leseno gradnjo tako znaša 222.000 m³, od tega s 75 % prevladuje konstrukcijski žagan les (Slika 6).

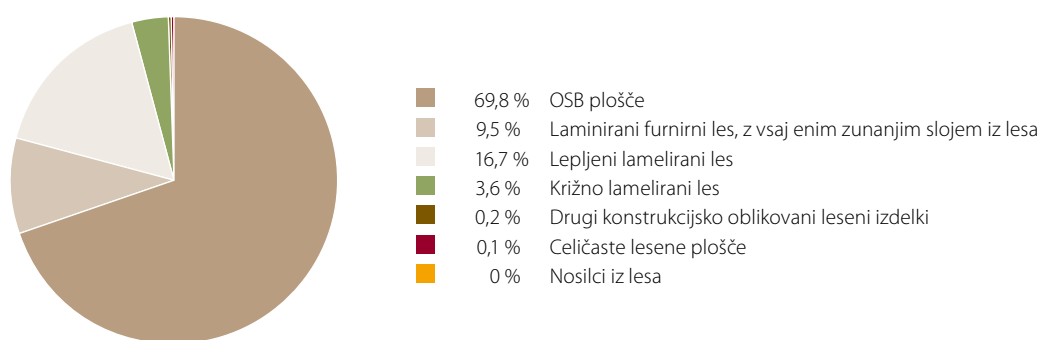
Iz podatkovne zbirke Statističnega urada RS (SURS, baza Si-Stat) smo zbrali tudi podatke o uvozu polproizvodov, ki se uporabljajo v leseni gradnji (npr. OSB plošče, laminirani furnirni les, lepljeni lamelirani les, križno lamelirani les, I-nosilci, drugi konstrukcijsko oblikovani leseni izdelki in celičaste lesene plošče). Analize so bile narejene za leto 2022 po pripadajočih šifrah Kombinirane nomenklature (KN). V letu 2022 je uvoz obravnavanih lesnih polproizvodov znašal 29.848 ton, od tega s 70 % prevladuje uvoz OSB plošč, s 17 % sledi uvoz lepljenega laminiranega lesa (glulam), 10 % predstavlja laminirani furnirni les, z vsaj enim zunanjim slojem iz lesa. Količine uvoza ostalih obravnavanih proizvodov so majhne (Slika 7).

Največ polproizvodov, ki se uporabljajo v leseni gradnji, smo v letu 2022 uvozili iz Romunije (41 %), sledijo Avstrija (21 %), Nemčija (15 %) in Madžarska (12 %) (Slika 8).

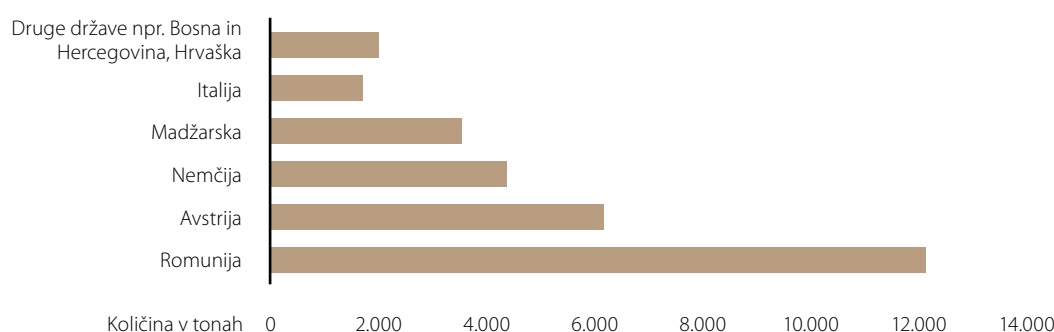
Obseg proizvodnje izdelkov za leseno gradnjo (v m³)



Slika 6: Rezultati dveh anket (2023 in 2020) med proizvajalci izdelkov za leseno gradnjo (n = 77)



Slika 7: Struktura uvoza obravnavanih polproizvodov, namenjenih za leseno gradnjo v letu 2022 (SURS, 2023)



Slika 8: Smeri in količine (izražene v tonah) uvoza obravnavanih polproizvodov, namenjenih za leseno gradnjo po državah v letu 2022 (SURS, 2023)

Potenciali lesne industrije za pokrivanje potreb države in lokalnih skupnosti

Proizvodnja okroglega lesa v letu 2021 je znašala 3,7 milijona neto m³ brez skorje, od tega je bilo 1,9 milijona m³ iglavcev in 1,8 milijona m³ listavcev. Poraba okroglega lesa iglavcev je v letu 2021 znašala 1,90 milijona m³, največ so predelala podjetja v industriji žaganega lesa in furnirja (1,51 milijona m³), z 0,29 milijona m³ sledi poraba v industriji lesnih kompozitov in mehanske celuloze. Poraba okroglega lesa listavcev je v letu 2021 znašala 1,35 milijona m³, od tega se je 64 % porabilo za energetske namene, 0,26 milijona m³ so predelali žagarski obrati in furnirnice, 0,22 milijona m³ pa industrije lesnih kompozitov, mehanske celuloze in kemikalij (Ščap idr., 2022) (Slika 9).

Iz rezultatov obsežne raziskave med žagarskimi obrati po Sloveniji, ki jo je Gozdarski inštitut Slovenije opravil leta 2020, lahko ocenimo, da letna proizvodna zmogljivost znaša okrog 1,32 milijona m³ žaganega lesa, kar je dobrih 10 % več od proizvodnje v letu 2022. Proizvodnja lesnih izdelkov primarne lesnoprredelovalne industrije v Sloveniji v zadnjih letih narašča, najbolj izrazit vzpon je značilen za žagan les (Faostat, 2023). Statističnih podatkov o količinskem obsegu polproizvodov, namenjenih za leseno gradnjo, Slovenija ne spremlja sistematično, zato je

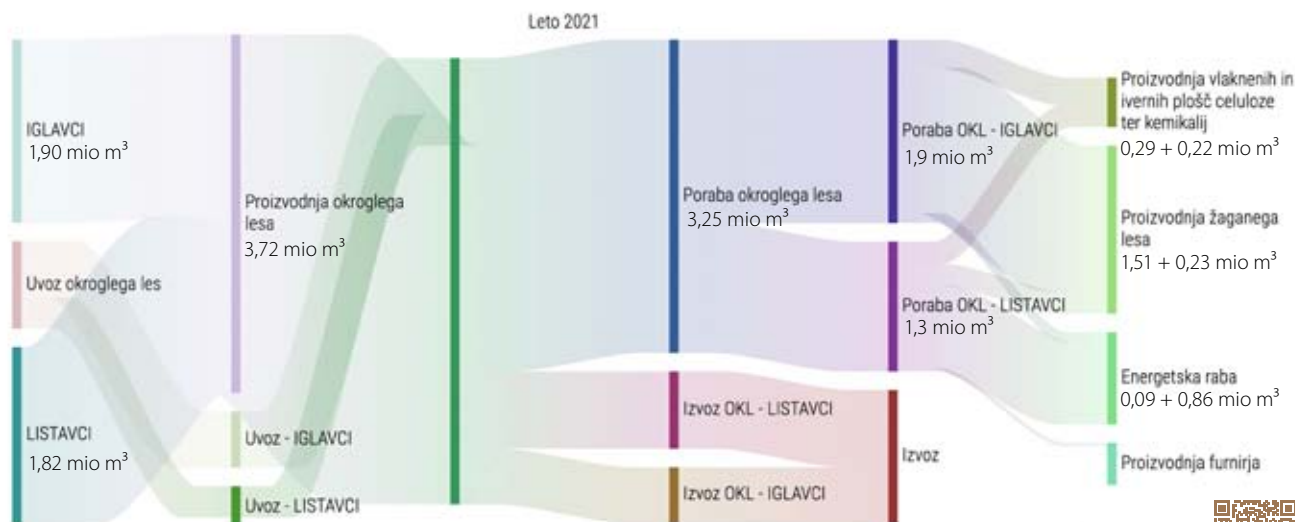
o kratkoročnih in dolgoročnih trendih gibanja poslovanja tega sektorja lesnoprredelovalne panoge težko sklepati.

Pregled verig vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu, ki so jo izvedli Straže idr. (2023), kaže šibke ali nepovezane člene v primarnih verigah, kot je »žagan les«, »furnir« ali »lesni kompozit«. Številnih proizvodov ali polproizvodov (npr. križno lepljen les, slojnati furnirni les – LVL) v Sloveniji namreč ne proizvajamo oz. jih proizvajamo v omejenem obsegu in jih je zato treba uvažati.

Podatki kažejo, da bi lahko bil les iz slovenskih gozdov bolje izkoriščen. Hibo predstavljajo vrzeli v posameznih delih gozdno-lesne verige, predvsem v primarni predelavi lesa, zaradi katerih je treba določene proizvode uvažati iz tujine.

Zahvala

Pripravek je rezultat projekta, ki ga je sofinancirala Agencija za raziskovalno dejavnost RS in Ministrstvo za gospodarstvo, turizem in šport CRP projekta V4-2270 - Hitrejši prehod v podnebno nevtralno družbo z izkoriščanjem potenciala lesa v okviru zelenega javnega naročanja in P4-0015 - Programska skupina les in lignocelulozni kompoziti.



Slika 9: Tokovi okroglega lesa v Sloveniji v letu 2021 (wcm.gozdis.si)

Viri:

Churkina, G., Organschi, A., Reyer, C. P. O., Ruff, A., Vinke, K., Liu, Z., Reck, B. K., Graedel, T. E., in Schellnhuber, H. J. (2020). Buildings as a global carbon sink. *Nat Sustain* 3, 269–276. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0462-4>

Kolbe, R., in Hägglund, S. (2023). Lesena gradnja za zmanjšanje emisij CO₂ v gradbeništvu, raziskovalno mnenje na zaprosilo švedskega predsedstva, Evropski ekonomsko-socialni odbor. <https://op.europa.eu/sl/publication-detail/-/publication/e270ee93-fa9b-11ed-a05c-01aa75ed71a1/language-sl>

Straže, A., Gornik Bučar, D., in Kropivšek, J. (2023). Identifikacija verig vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu. *Les/Wood*, 72(1), 21–34. <https://doi.org/10.26614/les-wood.2023.v72n01a03>

SURS. (2021). Statistično poročilo o javnih naročilih, oddanih v letu 2021. <https://ejn.gov.si/direktorat/porocila-in-analize.html>

SURS. (2022). Statistično poročilo o javnih naročilih, oddanih v letu 2021. <https://ejn.gov.si/direktorat/porocila-in-ana-lize.html>

SURS. (2023). Statistična zbirka Izvoz in uvoz po 8-mestni šifri Kombinirane nomenklature in po državah, Slovenija. <https://pxweb.stat.si/SiStatData/pxweb/sl/Data/-/2490201S.px/>

Ščap, Š., Zafran J., Krajnc N., in Remic, T. (2022). Wood Products Market Statement with Forecasts – Market Statement, UNECE. <https://unece.org/forests/2022-country-market-statements>

Primeri praks

Narayni rezervat Škocjanski zatok Koper, natečaj 2005,
izvedba 2016 / Avtorji: Robert Potokar, Janez Brežnik,
Urša Komac, Špela Kuhar, Ajdin Bajrović, Mateja Šetina /
Fotografija: Robert Potokar

Les je lep

Robert Potokar

Ravnikar Potokar – Arhitekturni biro d.o.o.

t: 01 422 47 40

e: robert@ravnikar-potokar.si

www.ravnikar-potokar.si

Pred leti, natančneje novembra 2016, sem v uvodniku revije Piranesi, katere glavni urednik sem, zapisal v članku z naslovom *Les je lep*:

»Les seveda ni samo lep in prijeten na pogled ter otip, v zadnjem času je zopet postal iskan gradbeni material, s katerim je možno izvesti že skoraj vse. Če se je še pred leti les večinoma uporabljal za izdelavo strešnih konstrukcij in deloma za lesene fasade, se v zadnjem obdobju s pojavom lepljenega konstruktivnega lesa njegove meje širijo v nebo. V kombinaciji z betonom lahko gradimo vedno višje, vedno bolj komplicirane arhitekturne zasnove, ki pa vsebujejo eno pomembno prednost: les je dejansko trajnostno gradivo, ki ponovno zraste v naravi, se obnavlja, lahko ga je reciklirati, pušča manjši ogljični odtis ... Skratka, veliko prednosti govori v prid izbiri lesa za konstrukcijski sistem in fasadne obloge. V notranjem oblikovanju pa je uporaba lesa od vedno tako rekoč neomejena. V kolikor je les pod vplivom vremenskih razmer, mora biti primerno zaščiten in obdelan, saj lahko s pametno uporabo le-tega dosežemo tudi njegovo trajnost. Tako ni čudno, da se je vsaj v deželah, kjer je lesa dejansko veliko in je že skozi stoletja osnovni gradbeni material, razvila nova znanost o uporabi lesa v sodobni arhitekturi. Pa ne govorimo samo o skandinavskih državah in alpskih državah, v sedanjem obdobju se pojavlja les tudi v območjih, kjer ga niti ne bi pričakovali.«

V nadaljevanju takratnega uvodnika je izpostavljeno nekaj sodobnih lesenih projektov, ki so bili obširneje predstavljeni v reviji Piranesi, namenjeni predstavitvi sodobne arhitekture, predvsem iz našega bližnjega, srednjevropskega prostora. Seveda vsi projekti ne morejo biti izvedeni le v lesu, sodobna arhitektura se gradi v vseh mogočih materialih, a lahko trdimo, da se v zadnjem obdobju predvsem v določenih državah odstotek lesene gradnje v primerjavi s preostalo bistveno povečuje. Poleg vseh prednosti, ki jih ima les, je material že sam po sebi naraven, prijeten, domač in kot tak eden od najprimernejših za postavitev v naravno krajino. Krajino, ki je ponekod še nedotaknjena, ohranjena, drugod pa spremenjena v suburbano primestno okolje.

Če se vrnem k uvodniku iz Piranesija: »Naslov izhaja iz oglasnega slogana na televiziji *»Les je lep! Skrbimo, da tak tudi ostane.«*

Ta oglas se je pred leti vrtel za tovarno, ki proizvaja zaščitne premaze za les, raznobarvne, na vodni osnovi. V njem so želeli pokazati, da lahko lesu z dodanim barvnim tonom poudarimo atraktivnost in hkrati preprečimo naravno posivelost lesa, češar si večina investorjev, razen mogoče nekaterih v Vorarlbergu v Avstriji, ne želi, ampak bi raje ohranila rdečo barvo lesa iz reklame, in to po možnosti kar brez vsakoletnega barvanja. Nasprotno je osivelost lesa v sodobni kontekstualni arhitekturi pravzaprav zaželena, saj se z osivelostjo pokaže naravno staranje materiala skozi časovno obdobje.«



Škocjanski zatok, opazovalna stena, foto: Virginia Vrecl

Zanimivo je, da je tekst po sedmih letih še vedno aktualen. Marsikdo bi imel rad les, a se boji njegovega vzdrževanja in le redki so pripravljeni les obnavljati, zanj skrbeti in nekatere dele menjati, da bi le tako celota ohranila svojo prvotno zasnovo.

Pri projektih našega arhitekturnega biroja Ravnikar Potokar lahko izpostavim, da smo v dosedanji praksi izvedli kar nekaj projektov, kjer smo imeli priliko zasnovati celoten objekt v lesu, tako osnovni konstrukcijski del kot finalne obloge v notranjosti in zunanosti. Videz lesa je bil torej v celoti uporabljen tako znotraj kot zunaj. Kot primer naj navedem objekte v naravnem rezervatu Škocjanski zatok v Kopru, kjer je uporaba lesa kontekstualna, konceptualna in trajnostna. Vsi objekti v naravnem rezervatu so namreč zasnovani v skladu s smernicami trajnostne gradnje in predstavljajo zgolj pomožno infrastrukturo



Škocjanski zatok, info objekt, foto: Miran Kambič

učnim potem v naravni krajini rezervata. Uporabljeni so trajnostni in obnovljivi materiali ter napredni nizkoenergijski in učinkoviti sistemi instalacij. Prevladujoč uporabljen material je les, ki je osnovni gradnik konstrukcijskih elementov, fasad, notranjih oblog in ostalih arhitekturnih členov. Vidne lesene nosilne konstrukcije, kjer vertikalni elementi (stebri z zunanje strani) nosijo fasade (volumne objektov), dosledno izkoriščajo tehnične značilnosti lesenih gradbenih elementov, hkrati pa simbolno predstavljajo analogijo gnezda v trstičju. Poleg simbolne povezanosti s pticami, ki so osnovni parameter opazovanja in proučevanja, se z lesenimi objekti sčasoma zgodi tudi neposredna povezava z naravo, saj se osivele fasade, obložene s svojo patino, dobesedno zlijejo s trstičjem v krajini. Še zlasti v jesensko-zimskem času, ko le-ta dobi drugačne barvne tone.

Če povzamem, šele simbioza funkcionalnega in simbolnega oblikovanja objektov, iskrenega tehničnega pristopa k zasnovi konstrukcij ter izbora materialov, barv in tekstur omogoča nevsiljivo umestitev grajene arhitekture v deloma preurejeno naravno krajino.

Na zelo podoben način smo načrtovali objekt Bobrovega centra v Nimnem pri Rogaški Slatini ob reki Sotli, ki predstavlja naravovarstveni center s poudarkom na prikazu ohranjanja narave in prezentacije življenja in habitata bobra. Ker je tudi ta objekt postavljen v krajino, v naravno okolje, smo sledili podobnim principom kot v Škocjanskem zatoku. Konstrukcijski les je obložen tako v notranjosti kot zunanosti z leseno oblogo. Menimo namreč, če to seveda dopuščata program in namen objekta, da



Bobrov center Nimno, zunanost, foto: Virginia Vrecl



Bobrov center Nimno, interier, foto: Virginia Vrecl

je smiselno uporabljati les za vse namene, tako znotraj kot zunaj. In ni potrebno, da sodobna arhitektura deluje kot brunarica sredi gozda, kar je mogoče prva asociacija ob omembi lesenega objekta. Sodobni arhitekturni izraz lesenih objektov je vse prej kot nekaj takega, vsekakor pa naj spoštuje lokalni kontekst in nanj smiselno odgovarja.

Projekti našega biroja v čim večji meri spoštujejo lokalni kontekst in principe, ki izhajajo iz »genius loci«, kraja samega. Kontekstualno arhitekturo smo zasnovali tudi za kar nekaj športnih objektov, nekatere med njimi smo zasnovali tudi v lesu. Med njimi leta 2019 športno dvorano v Gorenji vasi, izvedeno z lesenimi konstrukcijskimi elementi in obloženo z leseno oblogo tako v notranjosti kot zunanosti. V naslednjem letu (2024) se dokončuje izvedba športne dvorane v Bovcu, kjer je zaradi strmega terena in nevpadljivosti večina objekta vkopanega, vidni del objekta pa je izveden z lesenimi nosilci in lesenimi oblogami v notranjosti ter vertikalnimi lesenimi lamelami pred stekle-

no fasado, ki objekt približajo lokalnemu kontekstu. Dvorana je namreč zaradi svojih zahtev po sicer velikem vertikalnem in horizontalnem gabaritu, ki bi v prostoru preveč izstopal, vkopana v teren. Severna stranica dvorane je v celoti vkopana, vzhodna in zahodna stranica sta delno vkopani, zamejeni s klančino in nagnjenim terenom. V sprednjem – južnem delu pa je predviden program, ki zaobjame volumen dvorane in ga s tem vizualno zniža. Vkopanost volumna dvorane pogojuje njeno konstrukcijo: tla dvorane in obodne vkopane stene so izvedene kot armiranobetonska konstrukcija, v katero so vstavljene lesena konstrukcija in lesene obloge: stenske, talne in stropne. Sodobnost arhitekturnega izgleda je poudarjena z nagnjeno ozelenjeno streho, ki se na dveh vogalih trikotno dvigne: z višjim jugozahodnim dvignjenim delom spoštljivo nagovarja vertikalnost in dominantnost cerkve, nižji severovzhodni dvignjeni del pa gore v ozadju. Hkrati pa obe trikotni strešini simbolno povzemata strešine alpske arhitekture lokalnega okolja, le da je v tem primeru streha izkoriščena tudi programsko.



Športna dvorana Gorenja vas, zunanost, foto: Virginia Vrecl



Dvorana Bovec, zunanost, vizualizacija



Dvorana Bovec, interior, vizualizacija

Na zgornji strani je možen dostop na streho, na kateri je predvideno otroško igrišče. Dvoje dvignjenih vrhov strehe ustvarja nekakšno dolino, pomanjšan naravni amfiteater, kakršni so značilni za krajino v okolici Bovca.

Naj ob zaključku predstavim še manjši, intimnejši projekt, hišico ob drevesu, ki je bila prvič postavljena na našem vrtu v Trnovem leta 2008, potem leta 2010 na Bienalu industrijskega oblikovanja v Ljubljani, kasneje pa še na več lokacijah širom sveta. Ena med njimi celo na oddaljenih Karibih, leta 2018, ko smo v smislu dokaj zahtevne logistike uspeli v Sloveniji izdelati in pripraviti vse elemente, jih prepeljati na Karibe in potem na licu mesta montažno sestaviti. Celoten postopek je bil kljub malemu merilu dolgotrajen, a na koncu več kot uspešen. Količkor vem, je hišica uporabniku še vedno v zadovoljstvo.

In seveda – les je lep! In uporaben!



Hišica ob drevesu, notranjost, foto: Robert Potokar



Hišica ob drevesu, zunaj, foto: Robert Potokar

Dela arhitekturnega biroja Ravnikar Potokar:

1. Naravni rezervat Škocjanski zatok Koper, natečaj 2005, izvedba 2016
Avtorji: Robert Potokar, Janez Brežnik, Urša Komac, Špela Kuhar, Ajdin Bajrovič, Mateja Šetina
Fotografije: Miran Kambič, Virginia Vrecl, Robert Potokar
2. Bobrov center, Nimno, izvedba 2020
Avtorja: Andrej Strehovec, Robert Potokar
Fotografije: Virginia Vrecl
3. Športna dvorana Gorenja vas, 2019
Avtorji: Robert Potokar, Javier Carrera Arias, Janez Brežnik
Fotografije: Virginia Vrecl
4. Športna dvorana Bovec, natečaj 2019, izvedba 2024
Avtorji: Robert Potokar, Anže Kotnik, Mina Gutović, Javier Carrera Arias
Vizualizacija: Ravnikar Potokar
5. Hišica ob drevesu, 2018
Avtor: Robert Potokar z Janezom Brežnikom
Fotografije: Robert Potokar

Izobraževanje za poklic mizar nekoč in danes

Janko Marinč

Gimnazija in srednja šola Kočevje

t: 041 434 801

e: janko.marinc@gssk.si

www.gssk.si

Učenci devetih razredov osnovnih šol se v drugi polovici šolskega leta odločajo o nadaljevanju izobraževanja in vpisu v gimnazije in srednje šole. Odločitev je za številne zelo težka, zato so pomembne informacije o izobraževalnih programih in šolah, ki jih izvajajo.

Predstavljamo zgodbi dveh mizarjev, katerih odločitev glede izobraževanja za poklic mizar je bila zelo preprosta, a hkrati zgovorna in prepričljiva. Prvi se je v šolo odpravil leta 1949, drugi, mlajši, pa 68 let kasneje, leta 2017.

Jože Umek, mizarski mojster v pokoju, iz Konca vasi pri Stari Cerkvi, je že kot 14-letnik vedel, da želi delati z lesom, zato se je jeseni 1949 vpisal v Šolo za učence v gospodarstvu raznih strok v Kočevju.

Skupaj s 30 sošolci različnih obrtnih strok (mizarji, pleskarji, trgovci, krojači, sedlarji, čevljarji idr.) je v stavbi današnje gimnazije popoldne poslušal splošne predmete (slovenski in srbski jezik, fizikultura, zgodovina, zemljepis, kemija, fizika idr.). Devet se jih je pri strokovnih predmetih tehnologija, strojeslovje in risanje učilo za mizarja. Ob sobotah so imeli vsi še predvojaško vzgojo.

Praktični pouk je v dopoldanskem času potekal v mizarski delavnici, ki je bila v zdajšnji ulici Cesta na stadion v Kočevju. Skupaj je v treh letnikih praktično znanje pridobivalo 17 mizarjev. Prvo in drugo leto je bilo veliko ročnega dela, tretje šolsko leto pa so se učili in delali na vseh mizarskih strojih. Kot vajenci so pomagali izdelovati stavbno in bivalno pohištvo.

Šolska mizarska delavnica je pogorela 8. 2. 1950, domnevno zaradi slabe električne napeljave. Po tem datumu je bil praktični pouk premeščen v Krajevni ljudski odbor Stara Cerkev v mizarsko delavnico (sedaj gostilna Lovšin), kjer je Jože končal vajeniški uk – prakso. Zaključni izpit je opravil pri mojstru Bašterju v njegovi delavnici za staro pekarno v Kočevju. Za izpit je v treh delovnih dneh iz smrekovih desk naredil nočno omarico z zelo zahtevnimi lesnimi vezmi, polkritimi roglji. Izdelek je ocenila komisija lokalnih mizarskih mojstrov: Pahulje, Artača in Lovšina.

Pri mojstru Lovšinu v mizarski delavnici v Stari Cerkvi se je nato zaposlil kot samostojni pomočnik. Po služenju vojaškega roka se je leta 1959 odpravil v Nemčijo v Achen in kot mizar delal v mizarskem podjetju E. W. Mohr. Ob vrnitvi domov leta 1965 je ustanovil svoje mizarsko podjetje Mizarstvo Umek v Konci vasi in ga ob upokojitvi leta 1997 predal svojemu nasledniku, sinu Dejanu.

Mojster Jože tudi danes ne miruje. Še vedno se vsak dan oglasi v sinovi delavnici in pogleda, ali je orodje dobro nabrušeno in deske pospravljene izpod nog. Z veseljem kot izkušen mizarski mojster pomaga tudi s kakšnim nasvetom.

Gal Žvab, danes 21-letnik iz Dolge vasi pri Kočevju, pravi, da je bila njegova otroška želja postati gozdar, vendar se je na koncu premislil in gozd ter misel nanj preselil v lesarsko delavnico. Že doma je začel ustvarjati in se spoznavati z ročnim mizarskim orodjem in električnimi stroji iz domače delavnice.

Tudi njegova osnovna šola je bila vseskozi povezana z lesom. V njej je najraje obiskoval tehnični pouk in izbirne predmete, povezane z modelarstvom in tehniko. Želel je narediti nekaj posebnega, kar mu je tudi uspelo. S sošolcem in učiteljem tehničnega pouka so zavihali rokave in za slovo iz osnovne šole izdelali vsak svoje glasbilo, dve tamburici in buzuki.

Odločitev, kje nadaljevati šolanje po osnovni šoli, je bila zelo enostavna. Smer je bila že davno določena in izbrati je bilo treba samo med izobraževanjem za mizarja ali lesarskega tehnika. Pretehtala je praksa, ki jo je v triletnem izobraževalnem programu za poklic mizarja mnogo več.

Vpisal se je na Gimnazijo in srednjo šolo Kočevje in začelo se je spoznavanje z lesom na tisoč in en način. Od živega drevesa preko razžaganih desk do raziskovanj lesa s pomočjo mikroskopa. Sočasno so iz enostavnih skic in tehničnih risb nastajali podrobni in zahtevni načrti pohištvenih izdelkov. Znanje iz učilnic je prenašal v delavnico, najprej z ročnim izdelovanjem lesnih vezi in enostavnejših izdelkov. Proti koncu 1. letnika so počasi prešli na lesnoobdelovalne stroje, tu pa se je začelo pravo mizarstvo. Šolska lesarska delavnica z modernimi lesnoobdelovalnimi stroji ga je očarala za vsa tri leta šolanja.



Učilnica, foto: Gal Žvab



Izdelava intarzije, foto: Gal Žvab

Praksa ni potekala samo v šolski lesarski delavnici, ampak dva meseca vsako leto izobraževanja tudi pri delodajalcu, lokalnem obrtniku. Del jo je opravil tudi na Portugalskem, ko se je v okviru projekta Erasmus+ odločil za opravljanje praktičnega usposabljanja v tujini – nepozabna izkušnja spoznavanja tujih krajev in mentalitete ljudi ter nove delovne izkušnje.

Gal je imel že v osnovni šoli željo, da bi imel doma svojo mizarско delavnico. Z vstopom v srednjo šolo je začel to željo tudi izpolnjevati. Domačo garažo je postopoma spremenil v manjšo mizarско delavnico. Najprej jo je opremil z ročnimi strojčki, kasneje je kupil tudi mizarški kombinirni stroj. Želja po nenehnem spoznavanju nečesa novega in modernega ga je postavila pred laserski stroj in CNC stroj. Radovedno je opazoval in se učil od profesorjev ter ob koncu šolanja pridobil tudi nacionalno poklicno kvalifikacijo operater na CNC stroju.

Poseben dogodek je bila dvakratna udeležba na Lesarijadi, tekmovanju dijakov vseh slovenskih lesarskih šol, katerega organizatorica je bila prvo leto njegovega šolanja prav kočevska šola. Gal je pokazal, da je mojster tudi v svoji drugi ljubezni, fotografiji, in je v kategoriji »Fotografija rokodelca pri delu« prepričljivo premagal vse svoje vrstnike. Na drugi Lesarijadi v Postojni pa je v panogi izdelava intarzije z rezanjem in zlaganjem furnirja v sliko zasedel tretje mesto. Skupaj s sošolci se je veselil tudi skupnega tretjega mesta med devetimi slovenskimi lesarskimi šolami.

Gal pravi, da so tri leta minila hitro in zabavno. Naučil se je veliko, saj so profesorji njegovo radovednost in zanimanje vzeli kot nagrado in mu svoje znanje podali v največjem možnem obsegu. »Skupaj smo stkali prijateljstvo in doživeli neponovljivo. Hvala vsakemu posebej – bilo je lepo z vami!«

Gal je šolanje nadaljeval na Srednji gradbeni, lesarski in vzgojiteljski šoli na Šolskem centru v Novem mestu, kjer je najprej zaključil 2-letni PTI program lesarski tehnik, danes pa je študent 2. letnika študijskega programa lesarstvo.



Struženje noge stola, foto: Gal Žvab

Zaključni izdelki mizarjev GSŠ Kočevje

Ko se bliža konec šolskega leta, se dijaki v programu Mizar na GSŠ Kočevje pripravljajo na zaključni izpit. Ena izmed dveh izpitnih enot obsega izdelek in zagovor. Z zaključnim izdelkom dijaki pokažejo svoje znanje, ki so ga tri leta pridobivali pri strokovno-teoretičnih predmetih ter na praksi v šolski lesarski delavnici in pri delodajalcu.

Po vrnitvi z dvomesečne prakse pri delodajalcu so novembra pri predmetu Snovanje izdelka začeli načrtovati svoj zaključni izdelek. Predloge so iskali na spletu, s pomočjo revij in prospektov, včasih pa je ideja prišla iz družinskega kroga, ko si je na primer mama zaželela novo kuhinjsko mizo. Izbor je bil zelo zanimiv: različne klubske mize, postelje, miza z mizno ploščo iz lesa in epoksi smole idr. Vsak dijak je poiskal najmanj tri različne ideje, ki jih je potem ovrednotil po kriterijih uporabnosti, atraktivnosti, estetskem izgledu, zahtevnosti in predvidenega stroška izdelave idr.

Najboljšim izbranim predlogom so potem določili ustrezne lesne vezi in dimenzije, sledila sta skiciranje v pravokotni projekciji in tehnični opis izdelka.

Pri predmetu Računalništvo v stroki so s pomočjo računalniškega programa ZwCAD narisali vso konstrukcijsko dokumentacijo: pravokotno projekcijo, detajle, izometrično projekcijo in kosovnice izdelka. Izračunali so še porabo lesa ali plošč.

Z vsemi načrti so odšli v šolsko lesarsko delavnico in se lotili izdelave izdelkov. Deske ali plošče so z nadmerami razrezali na posamezne sestavne dele izdelka. Na poravnalnem in debelinskem skobeljnim stroju so jih obdelali na ustrezno debelino in širino, na mizni krožni žagi pa odžagali na končno dolžino. S pomočjo miznega rezkarja in različnih vrtalnih strojev so izdelali lesne vezi. Pred sestavo so vsem delom porezkali robove in zbrusili vse površine. Na koncu je sledilo še lakiranje ali oljenje izdelka.

Na zaključnem izpitu so dijaki predstavili svoj izdelek in opisali postopek izdelave. Pogosto se zgodi, da dijaki šele takrat, ko je izdelek narejen, vidijo, kaj bi lahko naredili drugače, kot so načrtovali, da bi bil izdelek lahko še boljši, lepši ali uporabnejši.

Dijaki so po uspešno opravljenem zaključnem izpitu svoj zaključni izdelek odpeljali domov, kjer jih bo spominjal na prehojeno učno pot v Gimnaziji in srednji šoli Kočevje.



Rez v les, foto: Gal Žvab



Zaključni izdelek - mizarji, foto: Gal Žvab

Kako lesu podarjamo brezčasnost tudi z novo naložbo

Rok Barbič, Ana Bizjak

Stilles d.o.o.

t: 07 816 10 00

e: r.barbic@stilles.si,

a.bizjak@stilles.si

www.stilles.si

Stilles se uveljavlja kot dinamična storitvena družba, ki zagotavlja zasnovo, razvoj, proizvodnjo in montažo notranje opreme po naročilu. Naše poslanstvo je z individualnimi rešitvami in celovitim pristopom ustvarjati kakovostno, oblikovno dovršeno pohištvo in notranjo opremo prostorov, ki je v celoti prilagojena željam kupcev. V srednjeevropski regiji želimo postati najpomembnejši poslovno stabilen, ustvarjalen, tehnološko sodoben in okolju prijazen igralec na področju opremljanja notranjosti večjih zgradb.

Pri naših dolgoletnih izkušnjah smo bili nenehno izpostavljeni zahtevi hotelirjev in končnih kupcev po razvoju trajnejšega pohištva, zato smo se v podjetju Stilles zavezali nenehnim inovacijam. Naše razvojne dejavnosti smo usmerili v nove materiale, ki ne vsebujejo težkih kovin pri proizvodnji, recikliranje starih materialov in njihovi ponovni uporabi ter tehnološke rešitve, ki ponujajo trajnejše pohištvo in visoko estetiko.

Odgovore na ta izziv smo našli v inovativnih obdelavah.

Re:NEW površinska zaščita zagotavlja popolno zaščito različnih materialov in trendovski mat učinek. S pomočjo posebnega postopka obdelave v zadnjo plast nanosa laka dodamo dušik in tako suhe matirne delce laka dvignemo na površino pod določenim kotom ter jih utrdimo z UV žarki. Pri običajnih zaščitnih nanosih so ti delci razporejeni plosko na površino. Materiali, lakirani z Re:NEW tehnologijo, se ne razijo, so vodoodporni, vodoodbojni in na njih ni vidnih prstnih odtisov ter madežev (razlite tekočine in podobno).

Bistvena prednost opisane tehnologije je v podaljšanju življenjske dobe izdelka s tem, da morebitne praske brez težav popravimo kar z vročo krpo. Ob poškodbi se namreč suhi delci v laku prestavijo, a jih s toploto preprosto postavimo na prvotno mesto.

Re:NEW je tudi rezultat raziskav, vezanih na zahteve trga, ki zagotavlja možnost uporabe naravnih materialov v kopalnicah in sledenje trendu nizkega sijaja pri opremljanju vseh bivalnih prostorov. Zagotavlja do štirideset odstotkov večjo odpornost proti madežem in praskam, zato je zelo pomemben tudi pri zaščiti parketa. Uporabljamo ga lahko na vseh naravnih materia-

lih ali pokravnih barvah, ob doslednem upoštevanju termičnih lastnosti pa tudi na plastiki in kovini. Stilles je edini proizvajalec s tovrstno tehnologijo v Sloveniji in eden redkih proizvajalcev v Evropi, ki uspešno rešuje tudi nanose na robovih. Tehnologijo smo ponudili tudi končnim kupcem na površinah lastne pohištvene kolekcije Metropolitán, ki je namenjena opremi domov.

Premaz smo testirali v laboratoriju Biotehniške fakultete v Ljubljani, in sicer smo določali odpornost parketa, premazanega z nanotehnologijo Re:New. Izkazalo se je, da minimalna sila, ki povzroči vidno razo na površini vzorca, znaša 3N. Odpornost parketa se je s tem izkazala za zelo dobro. Vzorci parketa so se prav tako izkazali za zelo odporne proti hladnim tekočinam, acetonu, kavi, etanolu, olju in vodi. Pri vseh tekočinah na površini parketa ni bilo zaznani nobenih sprememb ne glede na čas izpostavitve.

S ciljem lesu podariti brezčasnost je bil razvit tudi premaz Liquid Metal, ki lahko skoraj vsakemu predmetu zagotovi brežživno zaprto, pravo kovinsko kožo, tako ji da videz in naravne lastnosti kovine. Nova površina ima lahko popoln videz brona, bakra, medenine nerjavečega jekla ali drugih kovin.

Največje in najbolj priljubljeno področje uporabe tega premaza je visokokakovostna notranja oprema, najpogostejše aplikacije vključujejo pohištvo in notranjo opremo, dekorativno obdelavo sten in opremo jaht. Nanašanje v tekoči obliki pa pomeni, da lahko premaz nanašamo brez težav ne glede na velikost ali osnovni material predmeta in je primeren za notranjo in zunanjo uporabo. Uporaba kovinskih tekočih materialov omogoča neovirano nanašanje tako na ravnih površinah kot na površinah organskih oblik. Ne samo z različnimi tehnikami nanašanja, temveč tudi v postopku dodelave je površino mogoče oblikovati individualno. Poleg klasičnega poliranja kovinskega ovoja so pogosto zanimive tudi specifične tehnike patiniranja. Tipične obdelave so: gladka ali strukturirana, mat brušena ali sijaj polirana, zaprte ali naravne pore, patinirana ali zarjavela ter kot intarzijski vstavek.

Hkrati na drugi strani želimo z inovacijami zagotoviti cenejše rešitve in prispevati k nižji obremenitvi naravnega okolja. S takim pristopom smo razvili tudi površinsko obdelavo lesenih



Foto: arhiv Stilles, Alenka Peterlin

komponent, ki zagotavlja videz medenine, niklja in nekaterih drugih kovin. Poleg lesa to površinsko obdelavo lahko apliciramo na široko paleto kovin ter celo na steklo in nekatere druge materiale.

V tehničnem smislu gre za kompleksno tehniko nanašanja več slojev različnih premazov v kombinaciji različnih tehnik ročne obdelave površine. Videz patinirane medenine je lahko apliciran na krivljene površine, površine organskih oblik, ki jih je iz kovinskih materialov praktično nemogoče izdelati.

V prvi vrsti smo želeli zmanjšati uporabo težkih kovin pri proizvodnji raznovrstnih interierinih komponent, kar nam je z razvojem te inovativne površinske obdelave uspelo. Vsi uporabljeni premazi temeljijo izključno na vodni osnovi. V primerjavi z uporabo prave medenine je naša rešitev bistveno prijaznejša do okolja. S to inovacijo se ponaša tudi eden izmed prestižnejših hotelov na Hrvaškem – hotel Grand Park hotel Rovinj, ki ga je zasnoval svetovno priznani italijanski studio dizajna Lissoni iz Milana. Zanj smo v letu 2019 prejeli nacionalno bronasto priznanje Gospodarske zbornice Slovenije.

Zgodbo o brezčasnosti lesa na različne načine nadaljujemo po principu krožnega gospodarstva, na način, kjer odpadni les postaja naš novi vir. Za svoje izdelke uporabljamo iverne plošče iz stoddostotno recikliranega lesa italijanskega podjetja Saviola.



Foto: arhiv Stilles, Alenka Peterlin



Foto: arhiv Stilles, Alenka Peterlin

Gre za proizvajalca, ki je kot prvi in po naših podatkih trenutno še edini na svetu pridobil certifikat FSC za proizvodnjo 100-odstotno recikliranih lesenih panelov. Za njihovo izdelavo uporabijo reciklirane palete, lesene zaboje za sadje, konstrukcijske odre, leseni odpad in odsluženo pohištvo, ki jih pridobijo v lastnih zbirnih centrih. Stilles in posredno njegovi naročniki – hotelirji na ta način prispevamo k varovanju okolja ter delujemo po principu krožnega gospodarstva.

Novo in do sedaj najpomembnejše poglavje v zgodbi o brezčasnosti lesa pa smo v septembru začeli pisati z začetkom proizvodnje križno lepljenih plošč in modularno lepljenih plošč. Končujemo namreč 8-milijonsko investicijo v napredno tehnološko linijo, katere letna kapaciteta bo več kot 8.000 m³ križno lepljenih plošč in več kot 4.000 m³ modularnih plošč. Gradnja objektov s CLT ploščami ima številne prednosti: od visoke nosilnosti konstrukcije do hitre gradnje in s tem nižje obremenitve

okolja. Pri tej gradnji dosežemo največjo možno zrakotesnost, požarno varnost in potresno varnost. Poleg tega objekt zagotavlja visoko bivalno udobje. Modularne lepljene plošče bodo prav tako proizvedene po principu krožnega gospodarstva, saj bomo v glavnini uporabili lesno biomaso, ki jo v obliki odpadka generiramo pri proizvodnji pohištva za hotele.

Pri razvoju križno lepljenih plošč se povezujemo z inštitutom Inno Renew ter dr. Brunom Dujićem, strokovnjakom za projektiranje in konstruiranje lesenih objektov. Je tudi nosilec posebnih patentov za tovrstne plošče in eden vodilnih strokovnjakov tega področja v srednjeevropskem prostoru.

Glede na proizvodni potencial v podjetju želimo in upamo, da bo Vlada RS v naši novi liniji videla priložnost in nas vključila v program obnove objektov, ki so bili pred kratkim poškodovani v poplavih.



Nove linije za CLT plošče, foto: arhiv Stilles

Kreatorji prestižnih interierjev za luksuzne jahte

Jure Tešar, Jasna Šiška
Bobič Yacht Interior d.o.o.
t: 07 393 31 08
e: jure.tesar@bobic.eu,
jasna.siska@bobic.eu
www.bobic.eu

Začetki podjetja Bobič Yacht Interior d.o.o. segajo v davno leto 1960, ko se je Jože Bobič st. odločil za velik korak in odprl mi-zarsko delavnico. Svojo ljubezen do lesa in lesenih izdelkov je prenesel na svoje sodelavce in mlajše rodove, tradicijo pa na-daljujeta njegov sin in vnuk.

Podjetje danes zaposluje približno 70 sodelavcev, večinoma strokovnjake za obdelavo lesa, glavna dejavnost pa je izdelava prestižnih interierjev za zasebne megajahte.

Osnovni material, ki ga uporabljamo, je les – od furnirjev, veza-nih plošč do masive, neredko pa uporabljamo tudi lahke kom-pozitne materiale v kombinaciji s furnirji.

Prednosti uporabe lesa je res veliko, zato les in lesene izdelke srečujemo na vsakem koraku. Z vidika našega podjetja lahko rečemo, da je les neprecenljiva dobrina, ki s svojo toploto, edin-stvenostjo in možnostjo najrazličnejših obdelav ostaja prva iz-bira najprestižnejših interierjev.



MY Symphony, foto: arhiv BYI

Svetovno priznani arhitekti in oblikovalci skrbijo, da naši sode-lavci postanejo inovatorji, kreatorji in umetniki, ki iz risb ustvar-jajo unikatne izdelke, s katerimi naročnikom uresničujemo nji-hov sanjski bivalni prostor.

Najsodobnejša programska oprema nam omogoča, da vse na-črte vizualiziramo tridimenzionalno, z modernimi CNC stroji pa načrte udejanjamo v realnosti. Sodobna oprema nam na eni strani delo olajša, na drugi pa naredi zahtevnejše, saj se v na-šem področju dela vedno išče meje izvedljivega. Pri nas izzivov ne zmanjka.

Vsega tega ne bi zmogli brez sodelavcev, ki znajo s svojim zna-njem in izkušnjami iz »kosa lesa« narediti umetnino. Tega se v podjetju dobro zavedamo, zato spodbujamo in nudimo zapo-slenim na vseh nivojih in področjih pridobivanje novih znanj in veščin ter s tem tudi njihovo osebno rast. Znanje prenašamo tudi na bodoče lesarje, naše prihodnje sodelavce, saj omogoča-mo tako obvezno delovno prakso kot tudi neobvezno počitni-ško delo dijakom oz. študentom, najboljšim pa tudi kadrovske



SY, Black Pearl, foto: arhiv BYI



Lastniška kabina, foto: arhiv BYI

štipendijo. Čeprav je mizar že leta deficitaren poklic, tudi na ta način skrbimo za pomladek in obenem kot podjetje spodbujamo dolgoročno trajnostno in krožno poslovno strategijo, hkrati pa se trudimo delovati družbeno odgovorno.

V sodelovanju z izobraževalnimi institucijami za dijake in študente lesarske stroke izvajamo vodene ogledne in predstavitev podjetja, sodelujemo na informativnih dnevih, podeljujemo kadrovske štipendije in podpiramo lokalne skupnosti.

Naša pozornost je usmerjena na zagotavljanje dobrih delovnih pogojev. Z vključevanjem in ozaveščanjem zaposlenih in ostalih deležnikov v celostne procese skrbimo za optimalno uporabo delovnih sredstev ter učinkovito gospodarjenje z materiali in energenti. Še posebej gospodarno ravnamo z lesom. Les, ta vsestranski naravni material, nas namreč spremlja skozi celo življenje. Njegova uporabnost je neizmerna, zato poskrbimo, da bo tako tudi v bodoče.



MY Bash, prostor za krmiljenje, foto: arhiv BYI



Kabina za goste, foto: arhiv BYI

Nova aktivna e-hiša in trajnostna naravnost hiš Jelovica

dr. Boštjan Ber

Jelovica hiše d.o.o.

t: 04 275 03 04

e: bostjan.ber@jelovica.si

www.jelovica.si

Povpraševanje po trajnostni gradnji v današnjem času strmo narašča – novi standard je namreč podprt s sodobnimi tehnologijami in naprednimi materiali. Bistveno vodilo v kontekstu izbire tehnologije za sodobno hišo brezčasne arhitekture, prilagojeno hitremu življenjskemu utripu sedanjega časa in umirjenemu tempu prihodnosti, je slediti trajnostni rabi naravnih virov. Preizkušene sisteme smo želeli uporabiti s poudarkom na trajnosti in nizkih stroških obratovanja in vzdrževanja. V bistvu vzdrževanja pri uporabljenih sistemih ogrevanja praktično ni.

Trajnostna lesena konstrukcija hiše v inovativni obliki

Bistvo lesene hiše je njena konstrukcija, ki zagotavlja energijsko učinkovitost. Razvoj inovativnih konstrukcijskih sistemov je zato v Jelovici prioriteta že od nekdaj. Odličnost naših konstrukcij se kaže v velikem naboru sistemov za gradnjo različnih lesenih objektov, od vrtcev, šol, športnih dvoran do individualnih hiš. Stranke lahko izberejo nizkoenergijsko, pasivno ali skoraj ničenergijsko oz. samozadostno hišo. V Jelovici uporabljamo les in izolativne materiale potrjene vrhunske kakovosti, obnovljive in človeku prijazne. Nudimo odlično zvočno, protipotesno in protipožarno zaščito. Garancija na trdnost in statično stabilnost konstrukcije, narejene v Jelovici, je 30 let.

Inovativna lesena konstrukcija hiše in fleksibilnost prostorov

V razvojnem oddelku Jelovice smo veliko časa posvetili leseni nosilni konstrukciji hiše. Z uporabo znanja s področja statike konstrukcij in lesnih zvez smo razvili izpopolnjen statični sistem trikotnih razpiral, pri katerem se vpliv strešnih elementov prenaša na poveznik, ki je hkrati stropnik. Na ta račun smo zmanjšali količino porabljenega lesa. Rezultat razvoja je, da v hiši ni jeklenih nosilnih elementov, čeprav so prostori veliki in odprti. Prav tako v mansardi ni podpornih stebrov in masivnih strešnih leg, ker je konstrukcija zaradi inovativnega statičnega sistema sama po sebi stabilna in robustna.

Delež cementa in dodatne vlage, ki jo s cementnim estrihom vnašamo v objekt, smo zmanjšali za polovico, saj v nadstropju ni klasičnega cementnega estriha med konstrukcijskimi sklopi. S temi ukrepi smo uspeli še dodatno zmanjšati ogljični odtis lesenega objekta in posledično negativni vpliv na okolje.

K številnim možnostim oblikovanja nadstropja pripomore t. i. hibridni prostor, ki nudi fleksibilnost in omogoča, da hiša raste z družino in se prilagaja novim življenjskim in bivanjskim situacijam. Hibridni prostor lahko uporabnikom služi kot garderobni prostor eni od spalnic, lahko se spremeni v dodatno kopalnico ali se odprt proti stopnišču uporabi kot igralnica ali knjižnica.



Aktivna e-hiša, interior



Aktivna e-hiša, vhod v bivalni del



Aktivna e-hiša AH 142 s potrjenim certifikatom Active house uporabnikom zagotavlja zdravo in udobno bivanje brez negativnega vpliva na podnebje in okolje, kar nas vodi k čistemu, zdravemu in varnemu okolju, v katerem živimo. Zaradi načela racionalnega načrtovanja ogrevalnega sistema in kančka inovativnosti Aktivna e-hiša AH142 ni le samozadostna, temveč tudi avtonomna.

Avtonomija in samozadostnost za lahkotnost bivanja

Aktivna e-hiša nove generacije je hibrid, saj se lahko ogreva na dva načina: s pomočjo IR grelnih panelov, ki se napajajo neposredno iz električnega omrežja, kamor pošiljamo pridelano električno energijo iz sončne elektrarne na strehi, in s kaminsko pečjo na drva.

Pomemben atribut lahkotnosti in enostavnosti bivanja v aktivni e-hiši je tehnologija ogrevanja, ki je skrajno enostavna in ne zahteva pozornosti uporabnika, saj deluje popolnoma avtonomno. S to tehnologijo je skrb za vzdrževanje odveč.

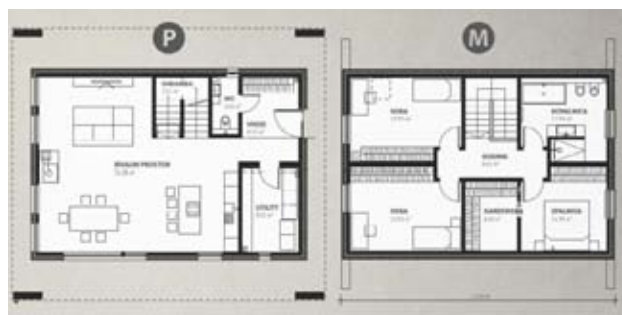
Bivalno ugodje na vsakem koraku

Velike steklene površine aktivne hiše omogočajo uporabniku stik z zunanostjo in v bivalne prostore prinašajo izdatno količino dnevne svetlobe, kar pozitivno vpliva na človeka. Vsi bivalni prostori imajo povprečni faktor dnevne svetlobe (FDS) nad 5,1 odstotka. Prostori s povprečnim FDS, večjim od 5 odstotkov, delujejo svetlo večino dneva, brez potrebe po prižiganju umetne razsvetljave.

Poudarjena strešna konstrukcija daje objektu klasični karakter in v navezi z dominantno postavljenimi vogali trdno zavzema svoj položaj v prostoru. S tem daje uporabniku občutek varnega zavetja, obenem pa omogoči funkcionalno senčenje.

Rezultat dinamične analize notranjega toplotnega ugodja so optimalne notranje temperature. Te so posledica premišljene sestave konstrukcijskega ovoja in izbora toplotnih izolacij, ki zmanjšujejo amplitudo nihanja temperature notranjih prostorov v odvisnosti od zunanje temperature. Ohranjanje prijetne mikroklimе v poletnem času dosežemo z nadzorovano uporabo senčil in nočnim prezračevanjem. Kakovost notranjega zraka je odlična, saj povprečni nivo koncentracije CO₂ ne preseže 500 ppm, kar je uravnvano z mehanskim prezračevanjem. Naravno prezračevanje je predvideno kot podpora mehanskemu, z namenom učinkovitega prezračevanja v jutranjih in večernih urah.

Element ognja, ki se izraža v kaminu, ima poleg funkcije dogrevanja objekta tudi vizualni in psihološki učinek, saj daje občutek toplote in domačnosti.



Aktivna e-hiša, tloris pritličja in mansarde

Prednosti bivanja v leseni montažni hiši

Barbara Kobale

Marles hiše Maribor d.o.o.

t: 02 429 46 05

e: barbara.kobale@marles.com

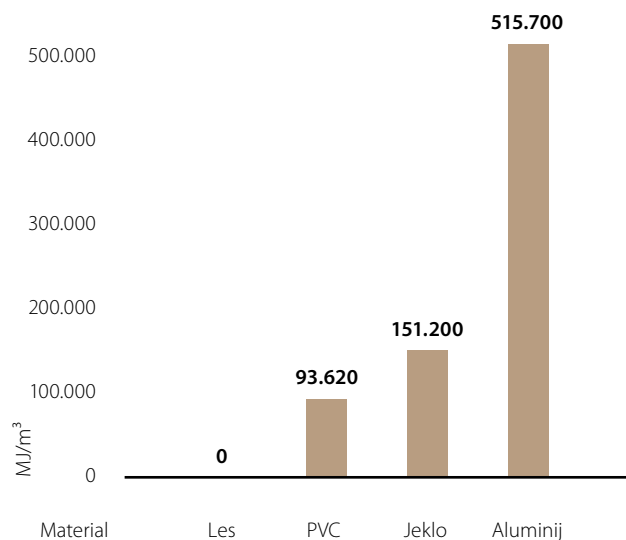
www.marles.com

Bivanje v leseni montažni hiši ima številne prednosti, ki jih je dobro upoštevati pri odločanju o izbiri vrste bivalnega prostora.

Okolju prijazna

Les je obnovljiv naravni vir, ki ima manjši ogljični odtis v primerjavi z drugimi gradbenimi materiali, kot so beton, jeklo in opeka. Gradnja lesene montažne hiše običajno povzroči manj emisij toplogrednih plinov. Les je od vseh gradbenih materialov energetsko najmanj obremenjujoč. Nastaja s pomočjo sonca, pri čemer se iz zraka veže ogljikov dioksid in tvori lesno maso. Gradbeništvo je eden največjih porabnikov energije, saj se za proizvodnjo cementa, železa in izolacijskega materiala sprosti izjemno velika količina ogljikovega dioksida.

Graf kaže, koliko energije je potrebne, da proizvedemo en m³ izdelka iz aluminija, jekla, PVC in lesa. Daleč energijsko najbolj potratni so izdelki iz aluminija in jekla, najvarčnejši pa izdelki iz lesa. Žagan les je tudi edini material, ki absorbira oz. skladišči CO₂.



In kakšne so emisije CO₂ v kg pri proizvodnji ene tone različnega gradbenega materiala z upoštevanjem skladiščenega CO₂?

Hitra gradnja

Montažne lesene hiše se izdelujejo v kontroliranem okolju proizvodne hale, kar omogoča hitrejšo gradnjo na gradbišču. V kontroliranem okolju proizvodnje se vgradi stavbno pohištvo, okenske police, senčila, predpriprava inštalacij, fasadna izolacija itd. To lahko prihrani čas in denar ter zmanjša vpliv vremenskih vplivov na gradnjo. Montažna hiša je zmontirana in zunaj končana v treh tednih, končana na ključ (pri vgradnji suhih estrihov) pa v manj kot dveh mesecih. Zidana hiša je končana najhitreje v šestih mesecih.

Montažna gradnja omogoča minimalni vnos vlage v konstrukcijo

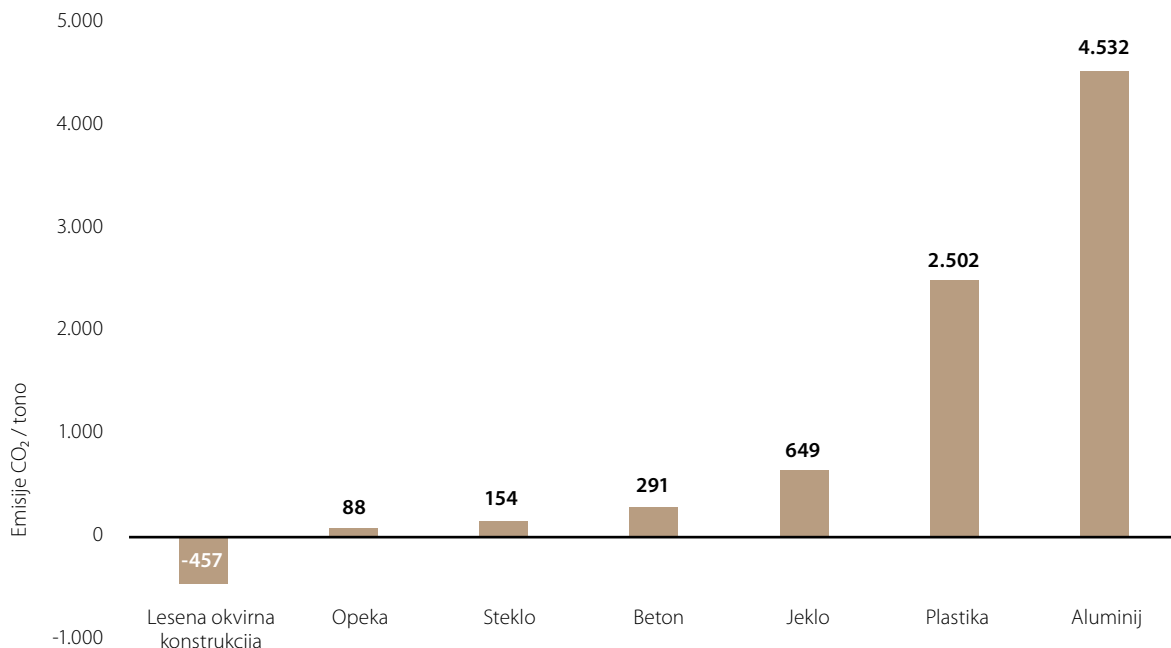
To je zaradi mokrih ometov, ki so prisotni pri obdelavi sten v notranjosti. 20 odstotkov mešanice za omet predstavlja vlaga, ki se v času sušenja sprosti v objektu.

Dobra toplotna izolacija

Les je naravno izolativen material, kar pomeni, da so lesene montažne hiše običajno dobro izolirane. To omogoča boljšo energetsko učinkovitost, nižje stroške ogrevanja in hlajenja ter udobnejše bivalno okolje. Razmerje toplotne prevodnosti med lesom in zidom iz opeke ter armiranim betonom znaša 1 : 6 : 11.

Nizka poraba energije

Zaradi dobre izolacije in naravnih lastnosti lesa so montažne lesene hiše lahko energetsko učinkovitejše od tradicionalnih gradenj, kar privede do nižjih stroškov za energijo na dolgi rok. Primerjati moramo masivno gradnjo z enako toplotno učinkovitostjo kot pri montažni gradnji. V tem primeru pridobimo pri montažni gradnji 10 odstotkov več uporabne površine kot pri masivni gradnji. To pomeni pri 90 m² tlorisne uporabne površine 9 m².



Emisije CO₂ v kg pri proizvodnji ene tone različnega gradbenega materiala z upoštevanjem skladiščenega CO₂, vir: General Technical Report FPL-GTR-190, 2008

Uporaba naravnih, okolju prijaznih materialov

V volumnu Marlesove hiše je kar 64 odstotkov materialov, ki jih je možno ponovno uporabiti oz. reciklirati, sem sodijo: les, kamena volna, mavčno vlaknene plošče in OSB plošče.

Več bivalnega prostora

Ob enaki toplotni zaščiti ponuja lesena montažna hiša v primerjavi s klasično gradnjo več bivalnega prostora, ker so stene zaradi lesene konstrukcije tanjše. Praviloma dobimo 10 odstotkov več bivalne površine kot pri masivni hiši (glej točko 5).

Manjša teža

Montažna hiša je 6-krat lažja kot enaka hiša, grajena v masivni izvedbi, zato je idealna za nadgradnje obstoječih objektov, grajenje na mokriščih, ima manjše temelje, kar pomeni prihranek pri stroških gradbenih del (vir: Marles hiše).

Odlična potresna varnost

Les je poleg kamna in opeke eden najstarejših gradbenih materialov. V zgodovini lahko najdemo mnogo primerov lesene gradnje, ki so uspešno prestale potresne obremenitve. Tudi v Sloveniji poznamo primere, ko so Marlesove montažne hiše z leseno okvirno konstrukcijo, ki jih je bilo po potresu leta 1976 postavljenih na območju Posočja več kot sto, potres na tem območju leta 1998 prestale brez poškodb, kar je rezultat dejstva, da v Marles hišah potresno varnost preverjamo z računskimi metodami in praktičnimi preizkusi v laboratorijih. Tako lahko zatrdimo, da so naši objekti res potresno varni. Ne nazadnje smo s svojimi objekti obsežno sodelovali tudi v okviru projekta popotresne obnove Posočja.

S pravilno zasnovo lesene okvirne konstrukcije in skrbnim načrtovanjem ter poznavanjem odziva lesenih nosilnih elementov na vodoravno obtežbo v Marles montažnih hišah izdelamo potresno odporne in s tem varne lesene objekte.

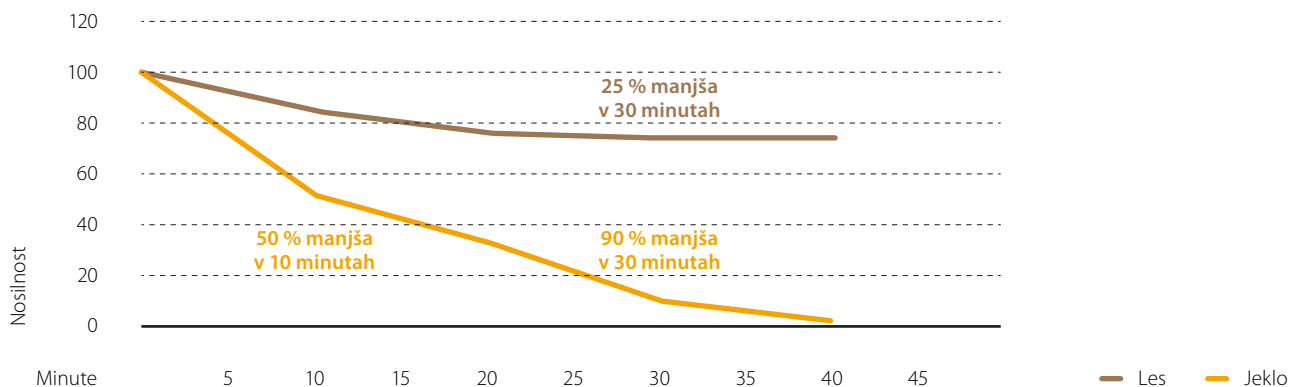
Karakteristike in splošne ocene obnašanja lesenih konstrukcij med potresom ne moremo posploševati na vse vrste lesenih lahkih konstrukcij, saj se montažni objekti medsebojno močno razlikujejo že v osnovi stenskega elementa zaradi uporabe različnih materialov in veznih sredstev.

Osnovni podatek, potreben za izračun celotne konstrukcije, je eksperimentalno obnašanje stika med obložno ploščo in lesenim okvirjem pri ciklično spreminjajoči se obtežbi. Na osnovi ujemanja eksperimentalnih in računskih rezultatov osnovne stenske enote v leseni konstrukciji z zanesljivostjo napovemo dinamični odziv različnih konstrukcij pri potresni obtežbi in s tem tudi zagotovimo celovito potresno varnost naših objektov.

Požarna varnost

Les je kot organska snov gorljiv material. Pogosto pa se ne upošteva dejstva, da ima pravilno dimenzionirana lesena konstrukcija bistveno večjo požarno odpornost, kot jo izdelkom iz lesa običajno pripisujemo. Pri tem lahko lesena konstrukcija preseže tudi požarno odpornost jekla in armiranega betona. Sposobnost lesa za prevajanje toplote je namreč zelo majhna, saj jo prevaja 300- do 400-krat počasneje kot jeklo. Požarno nezaščitenemu jeklu se začne manjšati nosilnost pri temperaturi okoli 230 °C, pri 500 °C se prepolovi, pri 750 °C pa je samo še 10 odstotkov trdnosti.

Pri lesu v primeru požara poznamo tipično oceno oglenitve, ki je 0,6 mm na minuto, kar upoštevamo pri dimenzioniranju lesenih konstrukcij. Elementi iz lesa torej zогlenijo počasi, od



Primerjava izgube trdnosti jeklene konstrukcije v primerjavi z leseno konstrukcijo

površine proti notranjosti, kar onemogoča dostop kisika do lesa. V nezoglenem preseku torej ohranjajo elementi polno nosilnost in med gorenjem ne spreminjajo oblike, zaradi česar ne povzročajo pritiska oz. prenosa obtežbe na druge konstrukcijske elemente, kar je večinoma vzrok za porušitev konstrukcije. Poleg tega so Marlesove lesene konstrukcije izolirane z negorljivo kameno volno, konstrukcija je z obeh strani obdana z negorljivimi mavčnimi ploščami ali ognjeodpornimi lesnimi ploščami, kar dodatno preprečuje dostop ognja do lesene konstrukcije objekta. V Marles hiši je torej varno živeti, saj se kljub vnetljivosti lesa v primeru požara obnaša varno in predvidljivo.

Za vse glavne konstrukcijske gradbene elemente Marlesovih objektov smo v požarnem laboratoriju na Dunaju dokazali požarne lastnosti s preizkusi, za kar nam je OIB (Österreichisches Institut für Bautechnik)¹ podelil certifikate, s katerimi dokazujemo ustrezno požarno varnost naših objektov. Ob tem želimo poudariti, da so vsi testirani elementi presegali normative in vnaprej predvidene časovne okvire požarne odpornosti.

Prilagodljivost in modularnost

Montažne hiše so običajno zasnovane na modularen način, kar omogoča večjo prilagodljivost pri načrtovanju in spreminjanju tlorisa hiše. To je koristno, če želite prilagoditi hišo vašim potrebam ali pa jo razširiti v prihodnosti.

Zdravstvene prednosti

Največja prednost lesenih zgradb je zdravo bivalno okolje. Les pozitivno vpliva na počutje človeka - nižji srčni utrip, boljša koncentracija in boljši spanec. Les je elektrostatik hkrati pa dobro uravnava vlago. V prostoru zato ni možnosti za razvoj plesni, manj je prahu in v zraku manj bakterij. (vir Lesoteka). Les ne oddaja škodljivih snovi in prispeva k bolj zdravemu bivalnemu okolju.

Manjši vpliv na gradbišču

Gradnja montažnih hiš običajno povzroči manj gneče, hrupa in odpadkov na gradbišču v primerjavi s tradicionalnimi gradbenimi metodami.

Trajnost in dolga življenjska doba

Lesene montažne hiše, zgrajene z ustrezno skrbjo in vzdrževanjem, lahko trajajo dolga leta. Les ima tudi sposobnost obnove, kar lahko podaljša življenjsko dobo hiše.

Najstarejša hiša v Evropi je lesena. Zgrajena je bila leta 1170 in stoji v zahodnem Telemarku na Norveškem. Lesene hiše, ki jih pogosto vidimo v regiji, so prav tako sestavljene iz lesenega ogrodja in so pogosto stare več kot 400 let. Ob rednem vzdrževanju ima lahko lesena hiša zelo dolgo življenjsko dobo. Tudi pri naših hišah je to enostavno več kot 100 let.

Estetika in udobje

Lesene montažne hiše prinašajo toplino, naravno teksturo in rustikalen videz, ki ugaja mnogim ljudem. Les ima sproščujočo naravno aromo in ustvarja prijetno bivalno okolje.

Investicija v prihodnost

Zaradi vseh naštetih prednosti so lahko lesene montažne hiše privlačna dolgoročna investicija, ki prinaša koristi tako v smislu udobja kot okoljske trajnosti.

Pomembno je upoštevati tudi morebitne izzive in omejitve, kot so potreba po rednem vzdrževanju lesa, upoštevanje požarne varnosti ter prilagoditve gradbenim predpisom in standardom v vašem območju.

Viri:

Marles hiše Maribor. (b. d.). Oddelek razvoja.

Pohleven, F. (b. d.). Les – strateška dobrina Slovenije. <http://zgds.si/wp-content/uploads/2017/01/Pohleven-les-strate%C5%A1ka-dobrina-Slovenije.pdf>, 7. 4. 2022.

General Technical Report FPL–GTR–190 (2008). Wood as a Sustainable Building Material Robert H. Falk, Research General Engineer, EPA (2006). Bowyer and others.

¹ Avstrijski inštitut za gradbeno tehnologijo (OIB) je bil ustanovljen leta 1993 na podlagi "Sporazuma v skladu s členom 15a B-VG o sodelovanju v gradbeništvu", ki so ga sklenile avstrijske zvezne dežele. OIB je neprofitno združenje s sedežem na Dunaju, v katero so včlanjene vse avstrijske zvezne dežele. Je pomemben akter v evropskih in mednarodnih specializiranih organih.

Trajnost in montažna gradnja v Marlesovih objektih

Barbara Kobale

Marles hiše Maribor d.o.o.

t: 02 429 46 05

e: barbara.kobale@marles.com

www.marles.com

Montažna gradnja je pristop h gradnji, pri kateri se gradbeni elementi, kot so stene, tla in streha, predhodno izdelajo v kontroliranih proizvodnih pogojih in nato sestavijo na gradbišču. Ta pristop h gradnji ima številne prednosti glede trajnosti.

1. Manj odpadkov: Montažna gradnja omogoča boljši nadzor nad proizvodnjo in zmanjšanje količine odpadkov. Enostavno obdelovanje lesa omogoča visoko dimenzijsko natančnost z računalniško vodenimi CNC stroji. Elementi se izdelajo na podlagi natančnih načrtov, kar zmanjšuje možnost napak in odpadnih materialov.
2. Energijska učinkovitost: Montažna gradnja omogoča uporabo visokokakovostnih izolacijskih materialov, kar vodi v izboljšanje energetske učinkovitosti zgradbe. Elementi se vnaprej opremijo z izolacijskimi materiali in tesnili, kar zmanjšuje toplotne mostove in izgubo energije. Če med seboj primerjamo različne izolacijske materiale, lahko ugotovimo, da ima celulozna izolacija v primerjavi z ostalimi izredno dobre parametre, saj ima nizko toplotno prevodnost (0,033 W/mK), visoko specifično toploto ($c = 1900 \text{ J/kgK}$), glede na lahke izolacijske materiale relativno visoko maso (50 do 60 kg/m^3) ter majhno difuzijsko upornost vodni pari ($\mu = 1,1$).¹ Letna potrebna toplota za ogrevanje pasivne hiše ne presega $15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.
3. Hitra gradnja: Montažna gradnja je znana po svoji hitrosti, saj si gradbene faze sledijo neposredno ena za drugo brez prekinitev zaradi potrebnega sušenja in utrjevanja gradbenih materialov, kot je to potrebno pri klasični gradnji. Elementi se izdelajo vnaprej v nadzorovanem proizvodnem okolju in nato hitro sestavijo na gradbišču. To pomeni manjše obremenjevanje okolja na gradbišču in manjšo porabo energije za gradnjo.
4. Trajnostni gradbeni materiali: Montažna gradnja uporablja lesene elemente, ki so obnovljivi in imajo manjši vpliv na okolje v primerjavi z drugimi gradbenimi materiali, kot je beton ali jeklo. Les je naraven, odporen na različne vplive, in tudi prispeva k večji trajnosti gradnje.

V izdelkih iz lesa je CO_2 vezan v celotnem življenjskem ciklu izdelka.

V volumnu Marlesovega objekta je približno 64 odstotkov materialov, ki jih je možno reciklirati.

V Marlesu smo naredili tudi primerjavo ogljičnega odtisa različnih konstrukcijskih sistemov Marles hiš in klasične gradnje. Nekateri Marlesovi konstrukcijski sistemi imajo celo negativen ogljični odtis (Dom24h, MEGA PLUS KV 14-DOH, MEGA Z OPAŽEM H-1, MEGA Z OPAŽEM H-2 in Modul). Ugotovili smo, da ima klasična zidana stena s porotonom bistveno višji ogljični odtis od vseh Marlesovih konstrukcijskih sistemov kar za 2,65-krat od Marlesovega sistema z najvišjim ogljičnim odtisom.²

Marles hiše ustrezajo visokim standardom tehnične, energetske, okoljevarstvene in poslovne odličnosti, kar na podlagi permanentnih testiranj potrjujejo mednarodno priznani inštituti, kot so Holzforschung iz Avstrije, FMPA Otto Graf iz Nemčije in drugi.

5. Prilagodljivost: Montažna gradnja omogoča enostavno prilagajanje in spremembe v zgradbi. Elementi se zlahka prilagajajo različnim potrebam, kar pomeni, da je gradnja bolj prilagodljiva in ima daljšo življenjsko dobo. To zmanjšuje potrebo po popravilih, prenovah ali celo rušenju in ponovni gradnji.

Vse te prednosti prispevajo k večji trajnosti montažne gradnje. Zmanjšanje odpadkov, večja energetska učinkovitost, uporaba trajnostnih gradbenih materialov in prilagodljivost gradnje so ključni elementi, ki omogočajo okolju prijazno in dolgotrajno gradnjo. Poleg tega je montažna gradnja tudi bolj odzivna na okoljske spremembe in zahteve, kar omogoča bolj trajnostno življenje v zgradbi.

Med cilje trajnostnega razvoja v Sloveniji sodijo večja predelava in raba avtohtonega lesa, predvsem pa zamenjava okolju neprijaznih materialov, kakršni so aluminij, jeklo in plastika z lesom. Podjetje Marles hiše Maribor te cilje zasleduje že desetletja.

¹ Škvorc, Miro, Prednosti uporabe ekoloških gradbenih materialov pri gradnji lesenih hiš.

² Marles, Oddelek razvoja, 2022.

Smo pionirji v uporabi lesa za gradnjo sodobnih lesenih hiš, kar je posledica sožitja lesa in človeka. Delamo po preizkušeni klasični gradbeni tehniki za uporabo lesa in modernih postopkih industrijske izdelave. Pri gradnji Marles hiš upoštevamo najstrožje tehnične predpise in standarde in smo med vodilni evropski proizvajalci lesenih hiš vrhunske kakovosti, ki so narejene za več generacij ter ustrezajo vsem okoljskim in estetskim standardom.

V Marles hišah se zavedamo svoje odgovornosti do ljudi, okolja in družbe. Družbeno odgovorna in trajnostna politika je del naše vizije biti vodilni ponudnik rešitev na področju gradnje sodobnih lesenih objektov v Evropi.

V podjetju smo opredelili pomembne teme, ki predstavljajo najpomembnejše gospodarske, okoljske in socialne vplive podjetja. Pri tem smo sledili globalnim standardom trajnostnega poročanja GRI (Global Reporting Initiative). Matrika pomembnosti je priložnost za usmerjanje strategije in izboljšanje trajnostnega poročanja, boljše razumevanje tveganj v prihodnosti, boljše razumevanje pogledov različnih deležnikov in zadovoljevanje njihovih pričakovanj ter ugotavljanje trendov in priložnosti. Pomembna področja, ki smo jih v podjetju definirali, so grafično prikazana v matriki pomembnosti in povezana z globalnimi cilji trajnostnega razvoja.

Viri:

Trajnostno poročilo Marles hiše Maribor. (2022). Marles hiše Maribor d.o.o. Škvorc, M. (2017). Prednosti uporabe ekoloških gradbenih materialov pri gradnji lesenih hiš. https://1301.nccdn.net/4_4/000/000/36c/c74/Prednosti-eko-materialov-pri-gradnji-lesenh-his.pdf
Marles. (2022). Oddelek razvoja.

GRI 201
Gospodarska
uspešnost



GRI 419
Socioekonomska
skladnost



GRI 307
Okoljska skladnost



GRI 418
Zasebnost strank



GRI 416
Zdravje in varnost
strank



GRI 417
Trženje
in označevanje



GRI 207
Davek



Globalni cilji za trajnostni razvoj

Les me fascinira

Marko Furlanič

Les Unikum d.o.o.

t: 041 771 265

e: lesunikum@gmail.com

www.

Z lesom se ukvarjam že skoraj dve desetletji, saj me fascinira že od otroštva. Od začetka je bil to hobi, ki je prerasel v posel, danes sem lastnik podjetja Les Unikum d.o.o. Doma sem si ustvaril manjšo delavnico, a je kmalu postala premajhna. Želel sem ustvarjati unikatne izdelke. Takšne, ki so resnično nekaj posebnega in jih v klasičnih mizarjskih delavnicah ne najdemo. Vedel sem, da se s priučenimi mizarji ne morem kosati, toda kot samouk se lahko spoprimem z vsakim izzivom. Ne sprejemam trditve, da se nečesa ne da narediti. Menim, da se da izdelati vsak izdelek, če delaš z dušo in srcem. S prakso sem pridobil tudi certifikat mizar-restavratorski sodelavec. Restavratorsko delo me ponese do drugačnega pogleda na izdelke.

Med mojimi izdelki boste našli eksotične lesne vrste in domače, slovenske. Največ delam z orehom in hrastom, pogosto tudi z oljko. Oljka je precej redka in delikatna vrsta lesa, sploh če sušenje ni pravilno. Lesno sorto pogosto določim že na začetku, naj-

večkrat ob prihodu v bivalni prostor, ko vidim, katera vrsta lesa bi se najbolje skladala s preostalimi elementi. Pri tem upoštevam tudi željo stranke. Pogosto si želijo nekaj unikatnega, a ne vedo kaj, zato jim pri tem pomagam in jih usmerjam. Ko začutim, kakšne so njihove želje, izdelek narišem in ga predstavim.

Izdelujem unikatna masivna pohištva, kot so jedilne in klubske mize, stopnišča, razne okrasne pregrade, knjižne omare, na splošno notranji interier, vse do manjših izdelkov iz masivnega lesa, kot so na primer pladnji za postrežbo hrane. Pri izdelovanju nimam predsodkov, lahko je moderno, izdelano klasično pohištvo, tudi imitacija izdelka s staro patino.

Les prinese prostoru toplino in umirjenost, pa naj gre za navadne poličke ali unikatne izdelke, kar je njegova dodatna lastnost, zaradi katere me ustvarjanje z njim vedno znova navduši.



Primer gradnje InnoRenew CoE v Izoli

mag. Eva Prelovšek Niemelä

InnoRenew CoE

t: 040 282 944

e: eva.prelovsek@innorenew.eu

www.innorenew.eu/en

Leseni objekt raziskovalnega inštituta InnoRenew CoE v Izoli smo razvili kot interdisciplinarni projekt, pri čemer sta bila uporabljena dva osnovna gradbena materiala: les in beton. Izvedba garaže in laboratorijev v pritličju je zahtevala velike količine betona, gradbišče je počasi napredovalo in v osmih mesecih zrastle do višine, od koder smo predvideli montažo lesenega dela objekta. Leseni del objekta je po drugi strani zahteval skrbno pripravo, izdelavo delavniških risb v 3D modelu, pregledovanje kosovnice križno lepljenih plošč, tako s strani izvajalcev kot arhitektov. Daljše in nekoliko napornejše delo, ki smo ga projektanti vložili v pripravo načrtov, se je obrestovalo na gradbišču. Pošiljke lesenih delov so prihajale po točno določenem scenariju, ki ga je predvidel izvajalec. Brez kakršnekoli improvizacije so stene, ki so bile na gradbišče dobavljene v točnih dimenzijah, zlagali in stavbo z neverjetno hitrostjo. V zgolj petih tednih so postavili in pokrili tri etaže objekta v velikosti okoli 3.000 m² tlorisne površine. To je bil edini del v času gradnje, ko je terminski plan gradbišča prehitel. Vzporedno z gradnjo sten je potekala montaža oken, strešne plošče so nemudoma zapirali s parno zaporo. Vse stike med ploščami so sproti zalepili z lepilnimi trakovi za preprečevanje vdora vode v čelno rezani les.

Kljub vsej skrbnosti pri zapiranju objekta in preprečevanju vdora vode v notranjost je ob močnejšem deževju voda vseeno prihajala v objekt. Od vsega začetka smo se zavedali, da moramo spremljati vlažnost lesa in načrtovati njegovo izsuševanje pred izvedbo zaključnih slojev, ki bi preprečila izsuševanje lesa. Med gradnjo smo tako tedensko merili vsebnost vlage v lesu na kar 300 točkah. Objekt smo prav tako pregledovali s termo kamero, ki nam je pokazala mesta zamakanja na spojih lesenih plošč.

Po dokončanju objekt še vedno spremljamo s senzorji, ki smo jih vgradili v različne sloje fasade, v zunanje balkone, na streho, v sanitarije in kuhinje v notranjosti. Prav tako merimo kvaliteto zraka in relativno vlažnost v notranjosti. Na ta način želimo vedeti, da v objekt ne zamaka iz zunanosti, se v njem ne razliva voda v notranjosti iz inštalacij ter v njem ne nastaja dalj časa trajajoča relativna zračna vlažnost. Vse to bi lahko v nekaj letih povzročilo nepopravljivo škodo. Voda in dolgotrajno navlaževanje lesa pripeljeta do nastanka plesni, nevarnosti razvoja gobe in odmiranja lesa (Tomšič, 2022). Detajli stavbe, kot so prezračevane fasade in paroprepustne strešne sestave morajo biti oblikovane na način, da se morebitno navlaževanje



Foto: Eva Prelovšek Niemelä



Foto: Eva Prelovšek Niemelä

čim hitreje izsuši. Glede na do sedaj raziskane modele tveganja nastanka plesni kratkotrajna visoka relativna zračna vlažnost ne povzroča nevarnosti. Na primer, 95-odstotna relativna zračna vlažnost dve uri vsak dan ni nevarna, če se vmes relativna vlažnost zmanjša (Viitanen, 2000). Po drugi strani pa je za nastanek gobe in odmiranja lesa potrebna visoka vsebnost vlage v samem lesu, to je nad 30 odstotkov v daljšem časovnem obdobju. Tako relativno zračno vlažnost kot tudi vsebnost vlage je treba meriti in spremljati ves čas obratovanja stavbe, da zagotovimo trajno obstojnost konstrukcije in zdravo bivanjsko okolje.

Vse nevarnosti, ki nastanejo, ko je les v kratkotrajnem stiku z vodo, so obvladljive in uporabnikom prijazne, saj se tehnologija avtomatskega monitoringa ves čas izboljšuje. Investitor, ki se odloči za gradnjo lesene stavbe, se zaveže, da jo bo spremljal in bo vsako puščanje vode takoj popravil. Ker bo puščanje zaradi senzorjev takoj razvidno, se s tem prepreči tudi nastanek nadaljnje škode na drugih materialih in inštalacijah. Na betonskih stavbah takšnega spremljanja vlage nismo bili vajeni, zato nad tovrstno vsebino morda nismo navdušeni. Zavedati pa se moramo, da odlašanje popravila v primeru zamakanja tudi pri betonskih stavbah dolgoročno ni ugodno, saj škoda s časom postaja veliko večji in širši problem. Primere nastanka plesni in t. i. bolnih stavb poznamo prav tako v betonski gradnji, še več, termin Sick Building Syndrome se je razvil na podlagi izkušenj iz betonskih večnadstropnih stavb (Passarelli, 2009).

Glede na trenutno politiko, ki za javne naročnike zahteva uporabo Uredbe o zelenem javnem naročanju, je pomembno, da razumemo zakonsko obvezo po 30-odstotnem deležu lesa in lesnih tvoriv v novogradnjah kot našo skupno odločitev, da zmanjšamo kolektivno odvisnost gradbeništva od betona. Z uporabo lesa v konstrukciji objektov to uresničimo na najboljši možni način, saj pri morebitni razgradnji objekta po pretečenem času njegove uporabe ta les lahko ponovno uporabimo za drug namen. Pri odločitvi, da les v stavbi uporabimo zgolj kot izolacijo, smo bistveno zmanjšali možnost ponovne uporabe po končanem življenjskem ciklu stavbe.

Ker v gradbeništvu betona ne moremo povsem nadomestiti, velja razmisliti tudi, kako povzročeni negativni ogljični odtis betona izboljšati v okolici objektov. V Izoli smo za ta namen posadili 3.000 hrastov, ki bodo v času svoje rasti 200 let skladiščili CO₂ in s tem nevtralizirali negativni učinek stavbe za okolje. S tem smo zaokrožili našo zgodbo boja proti podnebni krizi.



Foto: Miran Kambič



Foto: Miran Kambič

Viri:

- Boucsein, B., (2010). Graue Architektur; Bauen im Westdeutschland der Nachkriegszeit, König, 186
- Forster, K., (2022) Dreiecksgeschichten. Zement als billige Ware, kritischer Baustoff und harmlos wirkender Klimakiller. Beyond Concrete, 35- 56.
- Tomšič, M., (2022) Vlaga in materiali za gradbene konstrukcije. Gradbeni inštitut ZRMK, d.o.o., Center za bivalno okolje, gradbeno fiziko in energijo. https://gi-zrmk.si/media/uploads/public/document/40-vlaga_in_materiali_za_gradbene_konstrukcije_sl.pdf
- Passarelli, G., R., (2009). Sick building syndrome: An overview to raise awareness. Journal of Building Appraisal, 5, 55–66
<https://doi.org/10.1057/jba.2009.20>
- Viitanen, H., Hanhijärvi, A., Hukka, A., and Koskela, K. (2000). Modelling Mould Growth and Decay Damages, Healthy Buildings 2000, 2, 341–346.

Prvi slovenski vrtec iz slovenskega lesa

dr. Vlasta Krmelj

Občina Selnica ob Dravi

t: 02 673 02 01

e: zupanja@selnica.si

www.selnica.si

Boštjan Kralj

Lumar IG d.o.o.

t: 02 421 67 66

e: bostjan.kralj@lumar.si

www.lumar.si

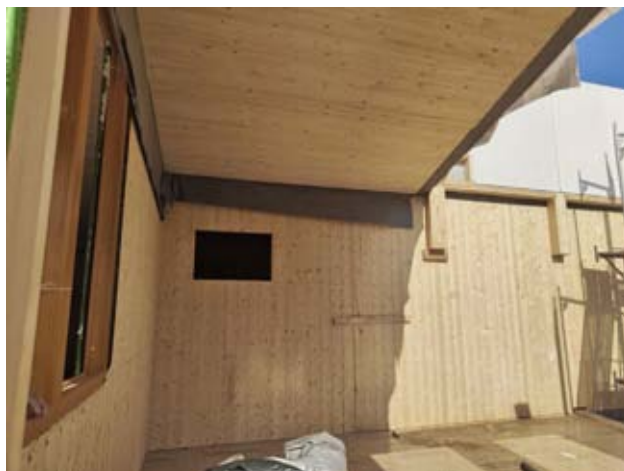
Občina Selnica ob Dravi odločno stopa na pot podnebne nevtralnosti. Sodeluje z različnimi organizacijami in izvaja projekte, ki se osredotočajo na zmanjšanje ogljičnega odtisa, zato bo novi vrtec v Selnici ob Dravi iz lesa, ki ustvarja prijetno in zdravo bivanjsko okolje.

Vrtec bo prva javna stavba v Sloveniji, izdelana iz lesa, zraslega, posušenega in obdelanega v Sloveniji. Gradnja ga podjetji GIC GRADNJE in Lumar. Pri tem objektu so bila že pri načrtovanju upoštevana merila trajnostne gradnje. Grajen je s slovenskim patentiranim konstrukcijskim sistemom iQwood. Razprostiral se bo na 3.000 m² bivalne površine, v dveh etažah in delno podkletenem objektu bo urejenih deset oddelkov s terasami. V vrtec bo vgrajenega 660 m³ lesa, ki skladišči okoli 660 t CO₂. Z lesenim pasivnim objektom bomo visoko energetsko, snovno in finančno učinkoviti v celotnem življenjskem ciklu objekta in s porabo energije pod 15 kWh/m²a.

Streha vrtca bo ravna in pripravljena za postavitve sončne elektrarne. V notranjosti stavbe bomo uporabili naravne materiale, na primer glino za omete. Objekt bo ogrevan s toplotno črpalko, prezračevanje bo naravno. Ob vrtcu bodo urejena t. i. sonaravna otroška igrišča in zasajena drevesa. Še nekaj po-

datkov o gradnji in njenih prednostih: Vrtec je konstrukcijsko zasnovan po sistemu iQwood, s patentirano, masivno, stabilno in varno leseno konstrukcijo, narejeno izključno iz masivnega alpskega lesa, brez lepil, kemikalij in kovin. Sestavljena je iz križno zloženih lesenih plošč, trdno in trajno spojenih z masivnimi lesenimi mozniki. Mozniki na zunanji strani niso vidni. Sistem se prilagaja arhitekturi in omogoča široke razpore brez stebrov in odprto zasnovo z veliko steklenih površin, kar vrtec potrebuje. Debelina zunanje stene je 12 cm, notranje 9 cm. Izvedba zunanje izolacije omogoča prilagodljivost zasnovi. Izvedba senčil je izven konstrukcije. Utori za inštalacije so izdelani vnaprej v proizvodnji, kar močno olajša montažo. Zaradi zunanje izolacije je vsa konstrukcija izvedena na topli strani stene, zato ni tveganja pojava kondenza, ki bi ogrozil trdnost ali trajnost konstrukcije. Vrtec je grajen z masivno konstrukcijo, zato je trajnost stavbe ob pravilnem vzdrževanju in v normalnem stanju praktično neomejena. Konstrukcija je požarno varna, saj v primeru požara stena ne gori, ampak zelo počasi karbonizira. Na ta način ustvarja naravno samozaščitno plast pred ognjem in ves čas ohranja statično trdnost.

Vrtec bo zaključen spomladi 2024.





Vrtec Selnica, arhitektura Andrej Šmid



Vrtec Selnica ob Dravi, Lumar



Perspektivna raba lesa – med drugim tudi v elektroniki

Kemijski inštitut

Hajdrihova 19, 1001 Ljubljana

t: 01 4760 200

e: glavna.pisarna@ki.si

www.ki.si

Les je vsestranski in široko uporabljen biogeni material, raba lesa kot surovine v različnih panogah in kontekstih je tako rekoč brezmejna. A pomembno je, da les uporabljamo odgovorno, in da pri tem, ko ga izbiramo kot material za najrazličnejše namene, upoštevamo tudi vpliv na okolje. Med raziskovalnimi projekti, ki jih izvaja Kemijski inštitut, se mnogi vrtijo prav okoli 'zelenih' uporabe lesa ali lesnih odpadkov. Nekaj projektov, ki poleg raziskovalnih prinašajo tudi pomembne gospodarske, družbene in okoljske učinke, predstavljamo v nadaljevanju.

Projekt **ESTELLA** predlaga inovativno rešitev za možnost recikliranja sicer nerekiclabilnih materialov – termoreaktivnih kompozitov. Termoset polimerni kompoziti so material, ki se pogosto uporablja v gradbeništvu, aeronavtiki in avtomobilizmu. Vendar pa njihova kemična struktura ne omogoča njihovega recikliranja, zato končajo v sežigalnicah ali na odlagališčih. Poleg tega so sestavljeni iz epoksidnih smol, ki vsebujejo bisfenol A, zdravju in okolju škodljivo kemikalijo. Rešitev nam ponuja narava. Biomasa, kot so lesna polena, pšenična slama ali koruzni odpad, lahko uporabimo kot surovino za pridobivanje dveh biopolimerov, lignina in celuloze. Lignin lahko ustvari kovalentno prilagodljivo mrežo (CAN), preprosto povedano, sistem vezi, ki jih je mogoče odpreti in zapreti s pomočjo toplote ali UV svetlobe. Ta CAN, ki je prisoten v ligninu, pa v kombinaciji s celulozo omogoča proizvodnjo reciklabilnih kompozitov. Poleg tega uporaba lignina omogoča nadomestitev bisfenola A. Izdelava visokokakovostnih kompozitov na osnovi lesa, ki jih je mogoče reciklirati, predvideva proizvodnjo okenskih okvirjev in ploščadi za skuterje, ki bo hitra in stroškovno učinkovita. Projektno skupino na Kemijskem inštitutu koordinira dr. Filipa Alexandra Andre Vicente, projekt financira EU.

Projekt **HyPELignum** raziskuje možnosti uporabe lesenih materialov v hibridni tiskani elektroniki. Osredotoča se na celostni pristop k proizvodnji elektronike z neto ničelnimi emisijami ogljika. Trenutno elektronske naprave negativno vplivajo na okolje zaradi vsebnosti redkih kovin, energetsko potratnih proizvodnih procesov, ter kupov elektronskih odpadkov, ki se ob koncu življenjske dobe kopičijo na odlagališčih. Ključnega pomena je zato ponovni razmislek o proizvodnji elektronike v smeri zmanjšanja porabe energije in emisij toplogrednih plinov, ter zamenjave fosilnih virov z okolju prijaznejšimi bioge-

nimi ali obnovljivimi viri. Razmisliti je treba tudi o vpeljavi načel krožnega gospodarstva, ki daje prednost recikliranju pred odlaganjem. Da bi to dosegli, želi HyPELignum pokazati, da je elektroniko mogoče izdelati z lesenimi materiali in materiali, pridobljenimi iz lesa. Materiali kot so vezan les, križno lepljeni leseni paneli in vlaknene plošče, se lahko uporabljajo kot platforme za elektronske naprave. Poleg tega so lesni odpadki in kmetijski ostanki uporabni kot surovine za pridobivanje biokemikalij, te pa lahko nadalje uporabimo za razvoj materialov na biološki osnovi, kot so zaviralci ognja, črnila, lepila in premazi. Materiale, pridobljene iz lesa, je mogoče tudi modificirati, da dobimo tako imenovana kovalentna prilagodljiva omrežja (CAN), ki omogočajo ločevanje in posledično olajšajo recikliranje takih materialov. Projekt HyPELignum z vsem tem aktivno prispeva k uveljavitvi definicije zelene in krožne elektronike. Projektno skupino na Kemijskem inštitutu koordinira dr. Giorgio Tofani, projekt financira EU.



Projekt HyPELignum raziskuje možnosti uporabe lesenih materialov v hibridni tiskani elektroniki.

Projekt **Green-Loop** se posveča novim rešitvam za materiale na biološki osnovi, ki vodijo do novih proizvodnih sistemov, izboljšav energetske učinkovitosti in trajnostnih vrednostnih verig. Glavni cilj projekta je načrtovati in optimizirati tri inovativne materiale in komponente na biološki osnovi za industrijske sektorje kot so gradbeništvo, embalaža, hrana in pijača ter naprave in orodja. Green-Loop tako predvideva razvoj treh inovativnih biomaterialov za tri vrste izdelkov. Pri prvem biomaterialu gre za proizvodnjo večnamenskih gumijastih plošč za zmanjšanje izgube vibro-akustičnega prenosa in protipožarnih lastnosti v



Raziskave biomase

gradbenem sektorju. Izdelek bo izdelan iz termoplastik in elastomerov, ki jih je mogoče reciklirati. Surovini na biološki osnovi bosta lignin in naravni kavčuk. Drugi so ležaji iz lesnih kompozitov za stroje za brizganje plastike, tretji pa bioplastični zamaški za steklenice olj in sadnih sokov, ki bodo izdelani iz 100% biorazgradljivih materialov. Vrednostna veriga vsakega izdelka bo optimizirana od vira surovin do konca življenjske dobe izdelkov, kar je v skladu s krožnim poslovnim razmišljanjem. Vse proizvodne linije pa bodo naknadno opremljene tako, da se bodo prilagodile uporabi novih izboljšanih bioloških spojin z uporabo umetne inteligence. Izboljšanje proizvodnih procesov bo temeljilo na ultrazvoku ali mikrovalovih. Projektno skupino na Kemijskem inštitutu koordinirata Tina Ročnik Kozmelj in dr. Edita Jasiukaityte Grojzdek, projekt financira EU.

Perspektiven je tudi raziskovalni projekt z naslovom **Razvoj procesov valorizacije lignina kot vira aromatskih gradnikov za proizvodnjo bio-osnovanih polimerov**. Lignin je na-

ravni polimer in obnovljiva surovina, ki jo najdemo med stenami celic lesenih rastlin. Lignin je tudi stranski proizvod v papirni industriji in se pretvarja v smole na osnovi lignina. Na voljo je v velikih količinah brez dodatne razgradnje. Projekt je usmerjen v razvoj, sistematično raziskovanje in kot pokazatelj, da lahko s primerno izbiro surovine in s prilagojeno izolacijo lignina, morebitnim frakcioniranjem in depolimerizacijo dobimo mešanico bio-aromatičnih spojin z dobro opredeljenimi kemijskimi lastnostmi. Te nato lahko preizkusimo v končnih fenolformaldehidnih in epoksi smolah ali polikarbonatnih formulacijah kot funkcionalni nadomestek za človeku in okolju nevarni kemikaliji fenol in bisfenol A. S svojo monolignolno strukturo je lignin obetaven naraven vir aromatskih spojin, ki lahko nadomesti fosilne vire in je tako najboljša okolju prijazna alternativa ter obnovljiva surovina, ki prispeva k varovanju podnebja ter je lahko velika rešitev pri zniževanju ogljičnega odtisa. Projektno skupino na Kemijskem inštitutu koordinira dr. Miha Grilc, projekt financira ARIS.



Kočevski festival lesa 2023

Festival lesa, organizacija
dogodkov in trženje, z.o.o., So.P.

t: 031 300 976

e: festival.lesa@gmail.com

www.festival-lesa.si

Osrednji dogodek letošnjega Festivala lesa v Kočevju je bila razglasitev zmagovalne kreacije mednarodnega natečaja Prastol za leto 2023. Na natečaj je prispelo 92 prijav iz 34 držav. Prijave je ocenila strokovna mednarodna žirija in podelila tri glavne nagrade.

Zmagovalno mesto je zasedel stol Harmony avtorja Leonharda Paulija iz Avstrije. Tipologija prvonagrajenega stola izhaja iz arhetipa sedenja na »odrezanem deblu«. Osnova stola je moderna silhueta drevesnega debla, oblikovana s sodobno CNC tehnologijo.

Drugo mesto je prejel stol Forland, njegov avtor je George Bosnas iz Grčije. Pri oblikovanju se je ustvarjalec osredotočil na okoljske vidike in problem trajnostnega oblikovanja. V tem odnosu do naravnega okolja in vedno bolj aktualnih okoljskih problemov je stol Forland kreacija, ki problematizira ekološke odpadke in pojav biorazgradljivosti.

Tretjenagrajeni stol Slice chair je oblikoval Gopalkrishna Pai Kane iz Indije. Stol ima edinstven učinek na gledalca zaradi zasuk našega dojetja arhetipa.

Strokovna žirija se je odločila podeliti nagrado posebna omemba stolu Zwieselchair avtorjev Marise Graab in Floriana Knöblza iz Nemčije. Stol izstopa po svoji prvinski obliki in izdelavi, ki je v dobesednem pomenu najbližje ideji prastola.

Festival lesa je tudi prijavil na Triennale rokodelstva dva izdelka, med katerima je bil izdelek Kočevska krošnja oblikovalca Anžeta Rudija Vrhovška in rokodelca Janka Marinča uvrščen med deset najboljših izdelkov sodobnega rokodelstva v tem letu in je prejel znak odličnosti Made in Slovenia.





Zaživi s toplino lesa!

Hiša
Lumar INDIVIDUAL – iQwood

iQwood

LESENA KONSTRUKCIJA ZA NAJBOLJŠE LESENE HIŠE LUMAR

iQwood je patentirana, masivna, izjemno stabilna in varna lesena konstrukcija, narejena izključno iz masivnega alpskega lesa, brez lepil, kemikalij in kovin. Zato je iQwood primeren za stene in strehe najlepših masivnih lesenih hiš.

www.lumar.si



Lumar®

Živi najboljše!



V današnjem času je trajnost tema, ki se omenja znova in znova. Tudi na področju lesa, ki je material sedanjosti in prihodnosti, se pojavlja kar nekaj izzivov. Zagotovo so standardi tisti, ki na tem področju pripomorejo k njihovemu razreševanju.

Na Slovenskem inštitutu za standardizacijo (SIST) deluje **tehnični odbor SIST/TC LLZ Les, lesni izdelki in zaščita lesa.**

V letu 2023 smo z metodo ponatisa izdali standarda serije SIST EN 351, Trajnost lesa in lesnih proizvodov – Masivni les, zaščiten z biocidnimi proizvodi. Prvi del standarda določa razvrščanje biocidnih proizvodov glede na penetracijo in navzem, drugi del standarda pa je navodilo za vzorčenje za analizo lesa, zaščitenega z biocidnimi proizvodi.

Reševanje problematike s področja trajnosti lesa in lesnih proizvodov zajemajo še nekateri drugi standardi, **eden pomembnejših je zagotovo tudi SIST EN 460:2023, Trajnost lesa in lesnih proizvodov – Navodilo za učinkovitost.** Ta dokument predstavlja pomemben korak v smeri ocenjevanja življenjske dobe lesnega izdelka, saj vključuje informacije o dejavnikih, ki lahko vplivajo na življenjsko dobo lesa ali lesnih proizvodov ob upoštevanju biološke razgradnje.

STANDARDI NUDIJO:

- ZANESLJIVOST
- VARNOST
- KONKURENČNOST



LAZURNI PREMAZI AQUAVITA

Sistem AQUAVITA je optimalna izbira za profesionalno zaščito zunanega stavbnega in vrtnega pohištva.

Prednosti izdelkov AQUAVITA:

- Izdelani na vodni osnovi in na osnovi okolju prijaznih komponent.
- Odporni na UV žarke in druge atmosferske vplive.
- Les obogatijo in hkrati preventivno ščitijo pred lesnimi škodljivci (glive, insekti) in vremenskimi vplivi.
- Na voljo je široka paleta izdelkov, ki omogoča zaščito vseh vrst lesa tako v transparentni kot pokrivni izvedbi.

AQUAVITA

www.kansaihelios-woodcoatings.com

**KANSAI
HELIOS**


STILLES

POSTAJAMO PRVI PROIZVAJALEC KRIŽNO LEPLJENIH (CLT) PANELOV V SLOVENIJI.

Gradnja s CLT konstrukcijo združuje številne prednosti lesa z najnovejšimi tehnološkimi dosežki, kot so:

- visoka nosilnost konstrukcije,
- konstrukcija je 3x lažja od klasične betonske,
- hitra gradnja in s tem nižje obremenitve okolja; tovrsten način gradnje sprosti do 6x manj toplogrednih plinov od klasične betonske gradnje,
- dosežena visoka stopnja zrakotesnosti ter požarne in potresne varnosti,
- CLT konstrukcija uporabniku nudi zdravo in udobno bivanje.

Za več informacij se lahko obrnete na:

gsm: 041 / 335 686 ali e-mail: m.vouk@stilles.si - Marko Vouk

STILLES D.O.O., Savska cesta 13, SI-8290 Sevnica

Strokovne publikacije zbirke Zelene Slovenije

Strokovne monografije:

IPPC v Sloveniji

Obnovljivi viri energije
(OVE) v Sloveniji

Odpadki v Sloveniji*

Upravljanje voda
v Sloveniji*

Zrak v Sloveniji

URE - energetika
in okolje

Sodobni postopki čiščenja
odpadnih vod

Izrazi na področju voda

Priročniki:

Prehod
v zeleno gospodarstvo

Razvoj embalaže v krožnem
gospodarstvu

Prehod v trajnostno gradnjo
in življenjski cikel stavbe

Človek v pametni in krožni
stavbi

Trajnostna raba lesa

Izzivi in rešitve za ponovni
vzpon pohištvene industrije

Vodnik po trajnosti
v podjetju

Les, material sedanjosti in
prihodnosti – prednosti in
izzivi



Naročila: Fit media d.o.o.
Kidričeva 25, 3000 Celje
e: info@fitmedia.si
t: 03 42 66 700

* Razprodano

Ustvarjajte svoj **trajnostni profil** z Zelenim omrežjem Slovenije

Zeleno omrežje Slovenije vam odpira pot za povezovanje in komuniciranje o okoljskih in trajnostnih projektih, rešitvah, inovacijah in dosežkih. Preko članstva v Zelenem omrežju Slovenije komunicirajte svoje trajnostne oziroma ESG dosežke in tako ustvarjajte svoj trajnostni profil na spletnem portalu Zelena Slovenija. Hkrati redno prejimate specializirano revijo za trajnostni razvoj ESG in ste deležni vrste ugodnosti, ki jih ponujajo posamezni paketi.

Pridružite se več kot 430 podjetjem in drugim organizacijam ter ustvarjajte svoj trajnostni profil.



Paketi

Paket z novicami

vsebuje redno prejemanje revije ESG (10 števil letno), objava 6 strokovnih novic v reviji ESG in na spletnem portalu www.zelenaslovenija.si, popust na seminarje in posvete Zelene Slovenije, objava logotipa na spletni strani www.zelenaslovenija.si med člani Zelenega omrežja in v reviji ESG.

Paket z intervjujem

vsebuje ugodnosti paketa z novicami in enostranski vsebinski intervju s predstavnikom podjetja oziroma organizacije ali strokovni članek.

Paket s seminarjem

vsebuje ugodnosti paketa z intervjujem in spletno pasico ali video predstavitev na spletnem portalu www.zelenaslovenija.si za dobo 14 dni, 1-kratna brezplačna udeležba na seminarju ali izobraževanju Akademije Zelena Slovenija.

Trajnostni paket

vsebuje ugodnosti paketa s seminarjem in spletno pasico in enournu delavnico za zaposlene v okviru Akademije Zelena Slovenija.

Postanite član

<https://www.zelenaslovenija.si/zeleno-omrežje/postanite-clan/>



Pokličite ali pišite

t: 03 42 66 700
e: info@zelenaslovenija.si
www.zelenaslovenija.si



Priročnik
**Les, material
sedanjosti in
prihodnosti -
prednosti in
izzivi**

Izdala:	Fit media d. o. o.
Zanjo:	mag. Vanesa Čanji
Urednik:	Jože Volfand, Fit media d. o. o.
Uredniški odbor:	dr. Boštjan Ber, Jelovica hiše d.o.o., Nika Bratovič, Marles hiše Maribor d.o.o., dr. Bruno Dujič, CBD d.o.o., dr. Jožica Gričar, Gozdarski inštitut Slovenije, Marko Hren, Ministrstvo za kohezijo in regionalni razvoj, dr. Boštjan Lesar, Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani, Jože Mori, Zavod za gozdove Slovenije, dr. Tomaž Pazlar, Zavod za gradbeništvo Slovenije, mag. Eva Prelovšek Niemelä, InnoRenew CoE, Darko Sajko, MGTŠ, Direktorat za lesarstvo, Sandra Stermšek, SPIRIT Slovenija, javna agencija, Mitja Špes, MGTŠ, Direktorat za lesarstvo, Jure Tešar, Bobič Yacht Interior d.o.o., dr. Aleš Ugovšek, M Sora d.o.o., Jože Volfand, Fit media d.o.o.
Avtorji prispevkov:	dr. Boris Azinovič, Rok Barbič, dr. Boštjan Ber, Anja Bizjak, mag. Andrej Breznikar, mag. Vanesa Čanji, dr. Bruno Dujič, Marko Furlanič, Ivan Grašič, dr. Dominika Gornik Bučar, dr. Jožica Gričar, dr. Polona Hafner, dr. Miha Humar, doc. dr. Matej Jošt, Friderik Knez, Barbara Kobale, dr. Luka Krajnc, Boštjan Kralj, Luka Kramarič, Liza Križnar, dr. Vlasta Krmelj, dr. Jože Kropivšek, dr. Gal Kušar, dr. Meta Kržan, Igor Leban, dr. Boštjan Lesar, dr. Dean Lipovac, dr. Boštjan Mali, doc. dr. Katja Malovrh Rebec, Janko Marinč, Igor Milavec, Luka Naumovski, mag., dr. Tomaž Pazlar, dr. Franc Pohleven, dr. Aleš Poljanec, dr. Miroslav Premrov, mag. Eva Prelovšek Niemelä, dr. Peter Prislán, dr. Rok Prislán, Robert Potokar, Katarina Remic, dr. Mitja Skudnik, dr. Aleš Straže, Špela Ščap, Jasna Šiška, Boris Štrakl, Barbara Šubic, dr. Črtomir Tavzes, Jure Tešar, Nina Tome, dr. Goran Turk, dr. Aleš Ugovšek, Jože Volfand, Polona Zupančič
Lektura:	Tea Finžgar Plavčak
Oblikovanje:	Fit media d. o. o.
Fotografije:	arhivi podjetij in institucij, www.shutterstock.com
Tisk:	Florjančič tisk d. o. o.
Naklada:	450 izvodov Celje, november 2023

Fit media je priročnik Les, material sedanjosti in prihodnosti – prednosti in izzivi izdala v sodelovanju z Ministrstvom za gospodarstvo, turizem in šport RS, javno agencijo SPIRIT Slovenija, GZS - Združenjem lesne in pohištvene industrije, podjetji, strokovnimi in izobraževalnimi institucijami v Sloveniji.



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA GOSPODARSTVO,
TURIZEM IN ŠPORT



Združenje lesne in
pohištvene industrije

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

674(035)

LES, material sedanjosti in prihodnosti - prednosti in izzivi : priročnik / [urednik Jože Volfand ; avtorji prispevkov Boris Azinovič ... [et al.] ; fotografije arhivi podjetij in institucij, www.shutterstock.com]. - Celje : Fit media, 2023

ISBN 978-961-6283-64-9
COBISS.SI-ID 170961923

fit media

www.fitmedia.si

