



Matevž Vrhovec ^{a,b}*, Nataša Knez ^b, Manja Kitek Kuzman ^a, Boštjan Lesar ^a

Požarne lastnosti ponovno uporabljenega starega lesa

^a Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo

^b Zavod za gradbeništvo Slovenije

Ključne besede:

požarne lastnosti
odziv na ogenj
konusni kalorimeter
star les
ponovna uporaba
degradacija

Povzetek

S ponovno uporabo lesu podaljšamo življenjsko dobo, ponovna uporaba materiala pa predstavlja tudi trajnostno rešitev. Primerno oblikovan star les lahko pomeni unikaten estetski element v prostoru. Kadar je les uporabljen kot stenska, stropna ali talna obloga, nas zanimajo požarne lastnosti lesa in kako se lastnosti lesa skozi leta izpostavljenosti vremenskim vplivom spreminjajo. Vzorce različno starega lesa smo testirali s konusnim kalorimetrom, da bi ugotovili spreminjanje odziva na ogenj s časom.

Keywords:

fire properties
reaction to fire
cone calorimetry
weathered wood
reuse
degradation

Abstract

By reusing wood, its service life can be extended, while its application as wall, ceiling, or floor cladding introduces a distinctive and unique aesthetic quality to interior spaces. Consequently, our research focused on how the properties of wood evolve over years of exposure to weathering. The samples were examined using a cone calorimeter in order to assess changes in their fire response characteristics.

Strokovni članek

1 Uvod

Les je vsestransko uporaben material, ki nas spremlja na vsakem koraku vsakdanjega življenja. Njegova uporaba predstavlja trajnostno rešitev v boju proti podnebnim spremembam. Drevo med rastjo v procesu fotosinteze iz ozračja veže ogljikov dioksid (CO₂) in ga skladišči v svojem lesu, zato pravimo, da les deluje kot ponor ogljika. Ob sežigu se ta ogljik sicer sprosti nazaj v ozračje, vendar imajo leseni izdelki pomembno prednost – mogoče jih je večkrat uporabiti oziroma reciklirati. Ko les izgubi svojo prvotno funkcijo, bodisi estetsko bodisi mehansko, to še ne pomeni konca njegove uporabne vrednosti.

V zadnjih letih opažamo naraščanje uporabe starega oziroma odsluženega lesa kot unikatnega estetskega elementa pri oblikovanju notranjih prostorov. Tak les lahko predelamo v pohištvo in v stenske, stropne in talne obloge ali različne druge izdelke. Ker pa je les gorljiv material, se postavlja vprašanje, kako se njegove požarne lastnosti spreminjajo s staranjem.

Staranje lesa opredelimo kot nepovratno kemijsko, fizikalno in mehansko spremembo. Poznamo naravno staranje (v naravi, izpostavljeno vremenskim pogojem) in umetno staranje v laboratorijih, s čimer simuliramo zunanjo izpostavitvev [1].

2 Material

V raziskavi smo uporabili les smreke in macesna, saj sodita med najpogostejše izbire za zunanje obloge v Sloveniji. Za vsako izmed lesnih vrst smo pripravili vzorce, ki so bili različno dolgo izpostavljeni zunanjim vremenskim pogojem. Starostne skupine vzorcev so obsegale 0, 10 in 40 let, pri smreki pa smo dodatno vključili še vzorce stare 80 in 100 let. Pri recentnem (novem) lesu smo preizkusili tri različne načine obdelave površine – skobljanje, brušenje in krtačenje, da bi ovrednotili vpliv hrapavosti površine na rezultate preskusov.

* Korespondenčni avtor [✉ matevz.vrhovec@zag.si](mailto:matevz.vrhovec@zag.si)

Vzorci za preskus smo izžagali iz desk, pridobljenih iz obstoječega objekta. Večina vzorcev je imela debelino med 15 in 17 mm. Vzorci macesna, izpostavljeni 10 let, so bili debeline 28 mm, saj so bili sestavljeni iz treh letvic fasade. Pred izvedbo preskusov smo vse vzorce kondicionirali pri temperaturi 23 ± 2 °C in relativni zračni vlažnosti 50 ± 5 %. Pri vzorcih smreke, ki je bila izpostavljena 100 let, smo opazili tudi luknje in rove, ki so jih povzročili insekti.



Slika 1: Pristnost insektov v vzorcih smreke, ki so bili izpostavljeni 100 let (foto: arhiv Matevž Vrhovec)

3 Testiranje odziva na ogenj s konusnim kalorimetrom

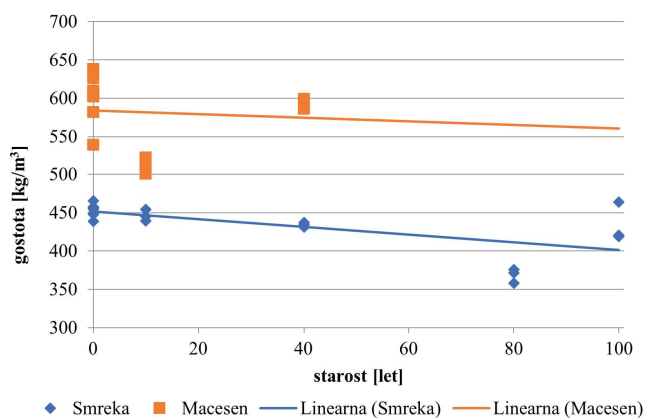
Preskuse smo izvedli v skladu s standardom SIST ISO 5660-1:2018 [2]. Za vsako lesno vrsto in starostno skupino smo pripravili po tri vzorce dimenzij 100 × 100 mm. Na konusnem kalorimetru smo vzorce izpostavili toplotnemu toku z intenziteto 50 kW/m^2 za 1200 s oziroma do trenutka, ko je vzorec sam ugasnil (*angl.* flame out).



Slika 2: Vzorec v držalu že zavito v aluminijasto folijo in pripravljen za testiranje (zgoraj) vzorec po testiranju (spodaj) (foto: arhiv Matevž Vrhovec)

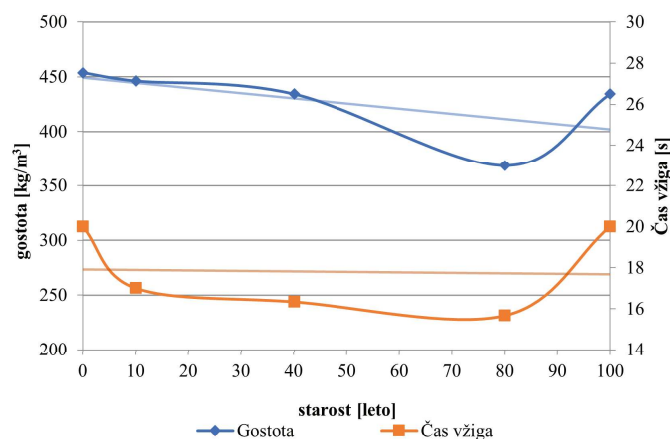
Ugotovitve

Gostota z daljšim obdobjem izpostavitve zunanjim pogojem pada. Macesen ima višjo gostoto (med 540 kg/m^3 in 650 kg/m^3) kot smreka (med 430 kg/m^3 in 480 kg/m^3), kar je v skladu s podatki iz literature [3]. Tudi skozi leta izpostavljenosti gostota macesna pada počasneje kot gostota smreke. Macesen, ki smo ga uporabili v raziskavi, je imel po štiridesetih letih izpostavitve zunanjim pogojem gostoto 590 kg/m^3 (SD = $5,95 \text{ kg/m}^3$), smreka okoli 430 kg/m^3 (SD = $7,44 \text{ kg/m}^3$) (slika 2). Smreka, ki je bila izpostavljena 100 let, nekoliko izstopa iz trenda, saj ima višjo gostoto kot 20 let mlajša smreka (izpostavljena 80 let). Vzrok za to je predvsem v variabilnosti lesa. Očitno so za 100 let staro oblogo takrat izbrali kakovostnejši oziroma gostejši les. Gostota pa se je med raziskavo pokazala kot eden najpomembnejših faktorjev, od katerega so odvisne požarne lastnosti.



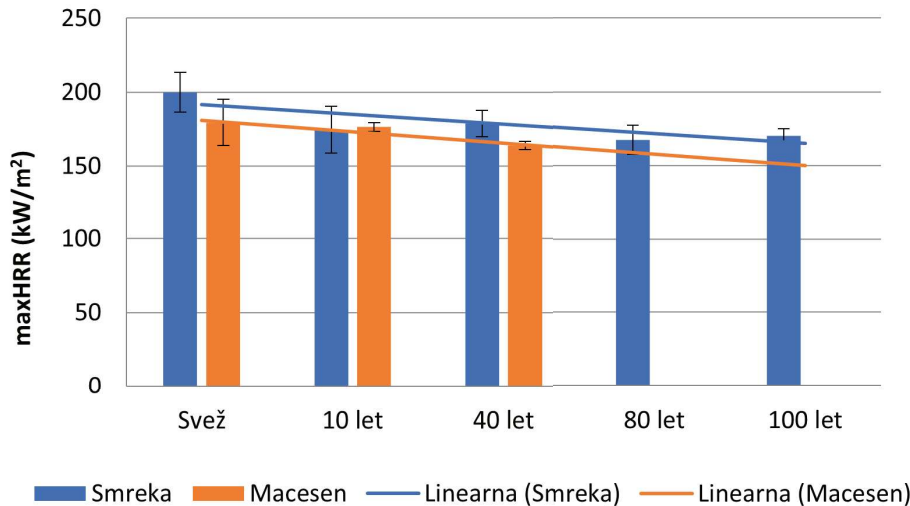
Slika 3: Nizanje gostote vzorcev skozi leta izpostavitve

Tako gostota kot čas vžiga z leti padata (slika 4). Recenten les smreke ima čas vžiga pri testu s konusnim kalorimetrom 20 sekund (SD = $3,79 \text{ s}$), recenten les macesna pa 28 sekund (SD = $4,20 \text{ s}$). Smrekovina, ki je bila izpostavljena 80 let, se je vžigala po približno 16 sekundah (SD = $1,63 \text{ s}$). Ugotovljeni trend ne velja za smreko, ki je bila zunanjim pogojem izpostavljena 100 let in je imela gostoto podobno mlajšemu lesu. Vzorci te smreke so se vžigali v času okoli 20 sekund (SD = $1,41 \text{ s}$), podobno kot recenten les.



Slika 4: Gostota in čas vžiga na konusnem kalorimetru za smrekovino in njuna odvisnost od časa izpostavitve

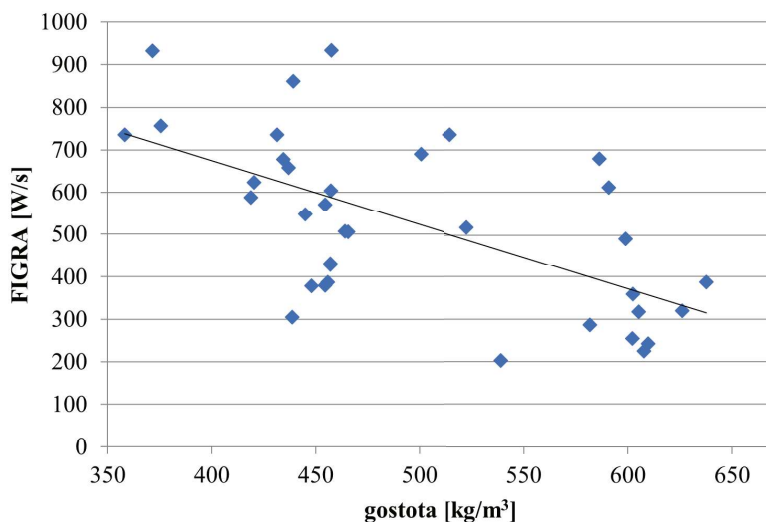
Z leti izpostavitve zunanjim pogojem se niža tudi maksimalna sproščena energija (max HRR – Heat Release Rate). Najvišja je pri recentnem lesu smrekovine. Tudi v splošnem ima smrekovina višjo maksimalno sproščeno energijo (slika 5). Recenten les smreke dosega vrednosti 200 kW/m^2 (SD = $13,3 \text{ kW/m}^2$), recenten les macesna pa vrednosti okrog 180 kW/m^2 (SD = $15,7 \text{ kW/m}^2$). Če primerjamo vzorce, ki so bili izpostavljeni 40 let, je smreka dosegla vrednosti 179 kW/m^2 (SD = $8,9 \text{ kW/m}^2$) macesen pa 164 kW/m^2 (SD = $2,6 \text{ kW/m}^2$).



Slika 5: Maksimalna sproščena energija (HRR) za les smreke in macesna glede na čas izpostavitve

Rezultati kažejo na obratno povezavo med gostoto lesa in hitrostjo razvoja požara (FIGRA – fire growth rate index – indeks stopnje rasti požara). Z višanjem gostote lesa se vrednosti FIGRA znižujejo, kar pomeni, da se požar po gostejšem lesu širi počasneje. Regresijska analiza ($R^2 = 0,3734$) nakazuje, da gostota pojasni približno 37 % variabilnosti v FIGRA, kar potrjuje njen pomemben, a ne izključni vpliv na požarno obnašanje lesa (slika 6).

Nižje vrednosti FIGRA pri gostejšem lesu lahko pojasnimo z dejstvom, da se tak les počasneje segreva in v začetnih fazah gorenja sprošča energijo počasneje kot les z nižjo gostoto. Poleg tega ima gostejši les praviloma manjše lumne celice in večjo vsebnost lignina [4], kar upočasnjuje širjenje plamena po površini. Kljub temu je razpršenost rezultatov pokazala, da na hitrost razvoja požara vplivajo tudi drugi dejavniki, kot so vlažnost, anatomsko zgradbo, kemična sestava in površinska obdelava.



Slika 6: Spreminjanje parametra FIGRA v korelaciji z gostoto združeni vsi vzorci

3 Zaključek

Les je trajnosten material, ki deluje kot ponor ogljika in omogoča večkratno uporabo ali recikliranje. V raziskavi smo proučevali vpliv staranja na požarne lastnosti smreke in macesna, saj se v Sloveniji oba pogosto uporabljata za zunanje obloge. Vzorce različnih starosti (od novega do 100 let) smo testirali s konusnim kalorimetrom po standardu SIST ISO 5660-1:2018. Rezultati

kažejo, da z večjo starostjo lesa gostota in čas vžiga upadata, prav tako maksimalna sproščena energija (HRR). Macesen ohranja višjo gostoto in počasnejši upad lastnosti v primerjavi s smreko. Gostota se je izkazala kot pomemben dejavnik požarnega obnašanja: gostejši les se počasneje segreva, sprošča manj energije in zavira širjenje plamena, kar potrjujejo nižje vrednosti indeksa stopnje rasti požara (FIGRA). Kljub temu gostota ne pojasni vseh razlik, saj na rezultate vplivajo tudi vlaga, zgradba in obdelava površine. Ugotovitve potrjujejo, da staranje minimalno zmanjšuje požarno odpornost lesa, a vpliv ni enoznačen.



Slika 7: Preskušanje lesenih vzorcev s konusnim kalorimetrom (foto: arhiv Matevž Vrhovce)

Literatura

- [1] Kránitz K., Sonderegger W., Bues C. T. Niemz P. 2015. Effects of aging on wood: a literature review. Wood Science and Technology, 50: 7–22.
- [2] SIST ISO 5660-1:2018. Preskus odziva na ogenj – Sproščanje toplote, nastajanje dima in stopnja izgube mase – 1. del: Hitrost sproščanja toplote (metoda konusnega kalorimetra) in nastajanje dima (dinamično merjenje).
- [3] Wagenführ R. 1996. Holzatlas. 4. izd. Leipzig, Fachbuchverlag.
- [4] Ansell M. P. 2015. Wood microstructure – A cellular composite. Wood Composites, 3–26.