

ANTIPIRENINIAIS TIRPALAIS IMPREGNUOTOS MEDIENOS UŽSILIEPSNOJIMO PRIKLAUSOMYBĖ NUO MEDIENOS TANKIO

ZbigneŖ Karpovič

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

El. paštas zbigis@gmail.com

Anotacija. Daugelyje šalių mediena yra plačiai naudojama statybai, o kai kada ji yra pagrindinis statybinių konstrukcijų elementas. Pastato konstrukciniams elementams, apdailai naudojama mediena ir jos produktai privalo atitikti priešgaisrinės saugos reikalavimus. Straipsnyje aptariami veiksniai, kurie turi įtaką medienos užsiliepsnojimui: antipirenių tirpalų įtaka degimo fazei, medienos tankis ir drėgnumas. Taip pat nagrinėjama antipireniniais tirpalais impregnuotos medienos užsiliepsnojimo priklausomybė nuo medienos tankio. Tyrimai atlikti pagal LST ISO 5657:1999 standarto „Reagavimo į ugnį bandymai – statybinių gaminių užsidegimas veikiant juos šilumine spinduliuote“ reikalavimus. Impregnuotos medienos užsiliepsnojimo priklausomybė nuo medienos tankio vertinama pagal laiką iki bandinio užsiliepsnojimo.

Reikšminiai žodžiai: medienos tankis, medienos drėgnumas, impregnavimas, antipireninis tirpalas, užsiliepsnojimas.

Įvadas

Mediena ir jos produktai dažnai naudojami pastatų konstrukcijoms ir apdailai (Stevens *et al.* 2006), o kai kuriose šalyse mediena yra pagrindinis statybinių konstrukcijų elementas (Grexa 2000).

Medienos apsauga nuo ugnies poveikio yra labai aktuali (Gu *et al.* 2007). Ši teiginį patvirtina ir R. Stevens (2006). Jis pabrėžia, kad mediena, jos produktai privalo atitikti vis griežtėjančius ir tobulėjančius priešgaisrinės saugos reikalavimus.

Yra nemažai impregnavimo būdų ir cheminių junginių, naudojamų impregnuoti. Jie ilgina medienos laiką iki užsiliepsnojimo. Tačiau laikui iki užsiliepsnojimo įtaką turi ir medienos struktūra, drėgnumas ir kiti dalykai.

Tiriant antipireniniais tirpalais impregnuotą medieną, buvo tirtas ir Lietuvoje sertifikuotų antipirenių tirpalų efektyvumas (Karpovič 2009), atliekami antipirenių apsauginių savybių lyginimo darbai (Karpovič 2008). Pastebėta, kad impregnuotos medienos laikui iki užsiliepsnojimo gali daryti įtaką medienos tankis.

Literatūros šaltiniuose, nagrinėjančiuose medienos sandarą (Stevens *et al.* 2006; Wazny *et al.* 2001; Jagtoyen *et al.* 1998; Glinjer 1995; Szczuka *et al.* 1990; Czajnik *et al.* 1958), taip pat medienos impregnavimą antipireniniais tirpalais (Koo *et al.* 2001; Grexa 2000; Drysdale 1998; Su *et al.* 1997; Subyakto *et al.* 1998; Rhys 1980; Vandersall 1971), informacijos apie medienos tankio įtaką medienos užsiliepsnojimui neaptikta.

Darbo tikslas: iširti antipireniniais tirpalais impregnuotos medienos užsiliepsnojimo priklausomybę nuo medienos tankio.

Bendrosios žinios, tyrimo objektas

Šilumos srautu veikiamoje medienoje vyksta terminis skilimas – pirolizė, kurios rezultatas – lakių, mažos molekulinės masės produktų išsiskyrimas (Nassar *et al.* 1999). Lakūs produktai reaguoja su aplinkos ore esančiu deguonimi – vyksta oksidacijos reakcija, vadinama degimu (Shafizadheh *et al.* 1979). Medienos degimas susideda iš trijų pagrindinių pakopų: kaitimo, pirolizės, smilkimo ir (arba) užsiliepsnojimo (Di Blasi *et al.* 2008). Antipireniniai tirpalai kelia degimo fazei inicijuoti reikalingą aktyvacijos energiją (Nassar 1990; Tang 1967), kartu ilgina iki medienos užsiliepsnojimo laiką.

Mediena – poringoji medžiaga, kurios ląstelių sienelės ir vidus yra pripildytas oro arba vandens (Wazny *et al.* 2001). Medienos charakteristikas galima pristatyti analizuojant jos makroskopinę, mikroskopinę, cheminę sandarą, fizikines savybes. Pagrindinės fizikinės medienos savybės yra tankis, drėgnumas, sugeriamumas ir kita. Šios ypatybės, veikiamos aplinkos veiksnių, ilgainiui gali kisti.

Medienos tankį veikia medienos poringumas, drėgnumas, medžio rūšis, metinių žiedų plotis, amžius, augimo sąlygos. Tos pačios medienos tankis gali skirtis 10–20 %. Daugelio rūšių tankiausia mediena yra kamieno apačioje. Kylant į viršų tankis mažėja (apie 1,5 % kiekvienam aukščio metrui).

Medienos tankiui taip pat turi įtaką drėgmė, dėl to šis dydis dažniausiai pateikiamas esant 12–15 % drėgnumui. Tokio drėgnumo mediena, atsižvelgiant į tankį, skirstoma į mažo tankio – $\rho \leq 550 \text{ kg/m}^3$, vidutinio

tankio – $\rho = 550\text{--}700 \text{ kg/m}^3$ ir didelio tankio $\rho > 700 \text{ kg/m}^3$. Vidutinis 1 m^3 skirtingų medienos rūšių tankis pateiktas 1 lentelėje. Pastebėta, kad spygliuočių medienos, turinčios siaurus metinius žiedus, o lapuočių medienos, turinčios plačius metinius žiedus, tankis yra didžiausias.

1 lentelė. Medienos rūšių vidutinis tankis (kg/m^3) (Wazny *et al.* 2001)

Table 1. Mean density of different kinds of timber (kg/m^3) (Wazny *et al.* 2001)

Medienos rūšis	Medienos tankis (kg/m^3)	
	sausas (15 %)	nupjauta
Kukmedis	750–940	
Akacija	810	
Ažuolas	740–760	1020–1030
Uosis	750	924
Skroblas	740	988
Bukas	710	968
Guoba	680	
Klevas	660	
Beržas	650	878
Maumedis	590	833
Alksnis	530	
Pušis	520	863
Liepa	500	
Eglė	470	827
Balteglė	450	794
Tuopa	450	
Kedras	440	

Antipireniniais tirpalais impregnuotos medienos užsiliepsnojimo priklausomybės nuo medienos tankio tyrimuose naudota pušies ir eglės mediena. Prieš padengiant bandinius antipireniniais tirpalais, nustatytas jų drėgnumas ir tankis.

Medienos drėgnumas nustatomas dviem būdais (Wazny *et al.* 2001). Pirmas – skaičiuojamasis būdas,

antras – naudojamosi elektriniu drėgmės matuokliu. Tyrimuose bandinių drėgnumas nustatomas elektroniniu matuokliu, o tankis – bandinius matuojant ir sveriant. Įvertinus pušies ir eglės medienos bandinių tankį, bandiniai padengti Lietuvoje sertifikuotais antipireniniais tirpalais *Flamasepas-2* ir *BAK-1*.

Tyrimų metodika, rezultatai

Tyrimai atlikti Priešgaisrinės apsaugos ir gelbėjimo departamento prie Vidaus reikalų ministerijos Gaisrinųjų tyrimų centro laboratorijoje. Tyrimų įranga ir bandymo eiga atitinka LST ISO 5657:1999 standarto „Reagavimo į ugnį bandymai – statybinių gaminių užsidegimas veikiant juos šilumine spinduliuote“ reikalavimus. Bandymas buvo nutraukiamas, jei, praėjus 900 sekundžių nuo bandymo pradžios, bandinys neužsiliepsnodavo.

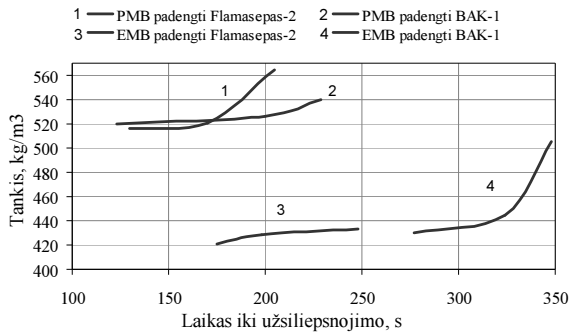
Tyrimai atlikti veikiant bandinius 30, 35, 40, 45, 50 kW/m^2 šilumos srautais. Medienos užsiliepsnojimo priklausomybė nuo medienos tankio vertinama pagal laiką iki bandinio užsiliepsnojimo. Tyrimuose naudotos pušies medienos bandinių vidutinis tankis – 538 kg/m^3 , tankio skirtumas siekė 8 %, eglės medienos bandinių vidutinis tankis – 446 kg/m^3 , tankio skirtumas siekė 10 %. Vidutinis bandinių drėgnumas – 15 %.

Tyrimų rezultatai esant 30, 35 kW/m^2 šilumos srautui, pateikti 2 lentelėje. Impregnuoti pušies ir eglės medienos bandiniai, paveikti 30, 35 kW/m^2 šilumos srautu, praėjus bandymui skirtam laikui, neužsiliepsnojo. Impregnuotų pušies ir eglės medienos bandinių, paveiktų 40, 45, 50 kW/m^2 šilumos srautu, vidutinis laikas iki užsiliepsnojimo, atsižvelgiant į medienos tankį ir antipireninį tirpalą, pateiktas 1, 2 ir 3 paveiksluose.

2 lentelė. Pušies ir eglės medienos bandinių tyrimo rezultatai esant 30, 35 kW/m^2 šilumos srautui

Table 2. Pine and fir timber specimen results with given heat flow of 30, 35 kW/m^2

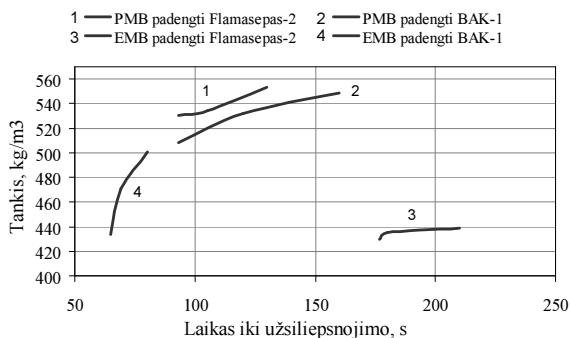
Šilumos srautas, kW/m^2	Pušis				Eglė			
	Flamasepas-2		BAK-1		Flamasepas-2		BAK-1	
	vidutinis bandinio tankis, kg/m^3	bandymo laikas, s	vidutinis bandinio tankis, kg/m^3	bandymo laikas, s	vidutinis bandinio tankis, kg/m^3	bandymo laikas, s	vidutinis bandinio tankis, kg/m^3	bandymo laikas, s
30	529,1	>900	526,3	>900	422,1	>900	430,3	>900
	535,2	>900	541,3	>900	427,3	>900	442,7	>900
	566	>900	550,5	>900	441,5	>900	476,3	>900
35	547,5	>900	509,1	>900	424,7	>900	447,1	>900
	554,9	>900	529,7	>900	429,2	>900	453,9	>900
	563,3	>900	550,7	>900	432	>900	456	>900



1 pav. Pušies ir eglės medienos bandinių, paveiktų 40 kW/m² šilumos srautu, vidutinio laiko iki užsiliepsnojimo priklausomybė nuo medienos tankio ir antipireninio tirpalo (pušies medienos bandiniai – PMB, eglės medienos bandiniai – EMB)

Fig. 1. Dependence of pine and fir timber specimen affected with heat flow of 40 kW/m² density and fire retardant type (pine timber specimens – PMB, fir timber specimens – EMB) on the mean duration before combustion

Paveikus pušies ir eglės bandinius 40 kW/m² šilumos srautu, nustatyta, kad pušies medienos bandinių, padengtų antipireninium tirpalu *Flamasepas-2*, tankiui padidėjus 49 kg/m³, laikas iki užsiliepsnojimo pailgėja 75 s, pušies medienos bandinių, padengtų antipireninium tirpalu *BAK-1*, tankiui padidėjus 20 kg/m³, laikas iki užsiliepsnojimo pailgėja 106 s, eglės medienos bandinių, padengtų antipireninium tirpalu *Flamasepas-2*, tankiui padidėjus 13 kg/m³, laikas iki užsiliepsnojimo pailgėja 73 s, eglės medienos bandinių, padengtų antipireninium tirpalu *BAK-1*, tankiui padidėjus 75 kg/m³, laikas iki užsiliepsnojimo pailgėja 71 s.

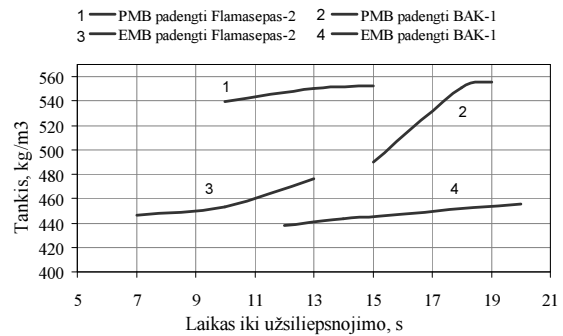


2 pav. Pušies ir eglės medienos bandinių, paveiktų 45 kW/m² šilumos srautu, vidutinio laiko iki užsiliepsnojimo priklausomybė nuo medienos tankio ir antipireninio tirpalo (pušies medienos bandiniai – PMB, eglės medienos bandiniai – EMB)

Fig. 2. Dependence of pine and fir timber specimen affected with heat flow of 45 kW/m² density and fire retardant type (pine timber specimens – PMB, fir timber specimens – EMB) on the mean duration before combustion

Paveikus pušies ir eglės bandinius 45 kW/m² šilumos srautu, nustatyta, kad: pušies medienos bandinių, padengtų antipireninium tirpalu *Flamasepas-2*, tankiui padidėjus 23 kg/m³, užsiliepsnojimo laikas pailgėja 37 s,

pušies medienos bandinių, padengtų antipireninium tirpalu *BAK-1*, tankiui padidėjus 41 kg/m³, užsiliepsnojimo laikas pailgėja 67 s, eglės medienos bandinių, padengtų antipireninium tirpalu *Flamasepas-2*, tankiui padidėjus 9 kg/m³, užsiliepsnojimo laikas pailgėja 33 s, eglės medienos bandinių, padengtų antipireninium tirpalu *BAK-1*, tankiui padidėjus 67 kg/m³, užsiliepsnojimo laikas pailgėja 15 s.



3 pav. Pušies ir eglės medienos bandinių, paveiktų 50 kW/m² šilumos srautu, vidutinio laiko iki užsiliepsnojimo priklausomybė nuo medienos tankio ir antipireninio tirpalo (pušies medienos bandiniai – PMB, eglės medienos bandiniai – EMB)

Fig. 3. Dependence of pine and fir timber specimen affected with heat flow of 50 kW/m² density and fire retardant type (pine timber specimens – PMB, fir timber specimens – EMB) on the mean duration before combustion

Paveikus pušies ir eglės bandinius 50 kW/m² šilumos srautu, nustatyta, kad pušies medienos bandinių, padengtų antipireninium tirpalu *Flamasepas-2*, tankiui padidėjus 13 kg/m³, laikas iki užsiliepsnojimo pailgėja 5 s, pušies medienos bandinių, padengtų antipireninium tirpalu *BAK-1*, tankiui padidėjus 65 kg/m³, laikas iki užsiliepsnojimo pailgėja 4 s, eglės medienos bandinių, padengtų antipireninium tirpalu *Flamasepas-2*, tankiui padidėjus 30 kg/m³, laikas iki užsiliepsnojimo pailgėja 6 s, eglės medienos bandinių, padengtų antipireninium tirpalu *BAK-1*, tankiui padidėjus 18 kg/m³, laikas iki užsiliepsnojimo pailgėja 8 s.

Išvados

1. Antipireniniais tirpalais impregnuotos medienos tankio įtakos užsiliepsnojimui, kai šilumos srautas yra iki 40 kW/m², pagal naudotą bandymų metodiką nustatyti negalima. Šiuo atveju užsiliepsnojimo laikas didesnis kaip 900 s.

2. Medienos tankis daro įtaką antipireniniais tirpalais impregnuotos medienos užsiliepsnojimui, kai šilumos srautas yra nuo 40 kW/m² iki 45 kW/m²:

2.1. Didėjant pušies medienos, padengtos antipireninium tirpalu *Flamasepas-2*, tankiui, užsiliepsnojimo lai-

kas, esant 40 kW/m² šilumos srautui, gali pailgėti 1,6 karto, esant 45 kW/m² šilumos srautui – 1,4 karto;

2.2. Didėjant pušies medienos, padengtos antipireninio tirpalu *BAK-1*, tankiui, užsiliepsnojimo laikas esant 40 kW/m² šilumos srautui, gali pailgėti 1,9 karto, esant 45 kW/m² šilumos srautui – 1,7 karto;

2.3. Didėjant eglės medienos, padengtos antipireninio tirpalu *Flamasepas-2*, tankiui, užsiliepsnojimo laikas, esant 40 kW/m² šilumos srautui, gali pailgėti 1,4 karto, esant 45 kW/m² šilumos srautui – 1,2 karto;

2.4. Didėjant eglės medienos, padengtos antipireninio tirpalu *BAK-1*, tankiui, užsiliepsnojimo laikas, esant 40 kW/m² šilumos srautui, gali pailgėti 1,3 karto, esant 45 kW/m² šilumos srautui – 1,2 karto.

3. Didėjant šilumos srautui, antipireniniais tirpalais impregnuotos medienos užsiliepsnojimo laiko priklausomybė nuo medienos tankio mažėja.

4. Esant 50 kW/m² šilumos srautui, antipireniniais tirpalais impregnuota mediena užsiliepsnoja greičiau nei per 20 s, tai yra medienos tankis užsiliepsnojimui esminės įtakos neturi.

Literatūra

- Czajnik, M.; Lehnert, Z.; Lerczynski, S.; Wazny, J. 1958. *Impregnacja i odgrzybianie w budownictwie*. Warszawa: Arkady. 209 s.
- Di Blasi, C.; Branca, C.; Galgano, A. 2008. Thermal and catalytic decomposition of wood impregnated with sulfur- and phosphorus-containing ammonium salts, *Polymer Degradation and Stability* 93. Elsevier, 335–346.
- Drysdale, D. 1998. *An Introduction to Fire Dynamics*, Second Edition. England: John Wiley & Sons. 447 p.
- Glinjer, L. 1995. *Suszenie drewna w suszarkach*. Warszawa: Fundacja Rozwój SGGW. 215 s.
- Grexa, O. 2000. Flame retardant treated wood products, in *The Proceedings of Wood and Fire Safety (part one)*. Zvolen, 101–110.
- Gu, J. W.; Zhang, G. C.; Dong, S. L.; Zhang, Q. Y.; Kong, J. 2007. Study of preparation and fire-retardant mechanism analysis of intumescent flame-retardant coatings, *Surface and Coatings Technology*. Shannxi Province, China, 251.
- Jagtoyen, M.; Derbyshire, F. 1998. Activated carbons from yellow poplar and white oak by H₃PO₄ activation, *Carbon* 36. Great Britain: Elsevier science Ltd, 82–87.
- Karpovič, Z. 2009. Lietuvoje sertifikuotų antipireninių tirpalų efektyvumo tyrimas, iš *Statybinės konstrukcijos. Konferencijos, įvykusios Vilniuje 2009 m. vasario 6 d., pranešimų medžiaga*. Vilnius: Technika, 67–72.
- Karpovič, Z. 2008. Antipirenų apsauginių savybių palyginimas, iš *11-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“, įvykusios Vilniuje 2008 m. balandžio 2–4 d., pranešimų medžiaga*. Vilnius: Technika, 113–122.
- Koo, J. H.; Wootan, W.; Chow, W. K.; Au Yeung, H. W.; Venumbaka, S. 2001. *Fire and polymers. ACS symposium series*. 361 p.
- Nassar, M. M.; Fadali, O. A.; Khattab, M. A.; Ashour, E. 1999. Thermal studies on paper treated with flame-retardant, *Fire and Materials* 23:125–129.
- Nassar, M. M. 1990. Thermal decomposition of agricultural residue, in *World conference on Flammability and Flame Retardants*. Vienna, 35–44.
- Rhys, J. A. 1980. *Fire Mater* 4. 154 p.
- Shafizadheh, F.; Furneak, R. M.; Cochern, T. G.; School, J. P.; Sakai, Y. S. 1979. *Appl. Polym. Sci.* 23. 3525 p.
- Stevens, R.; Daan, S.; Bezemer, R.; Kranenbarg, A. 2006. The structure – activity relationship of fire retardant phosphorus compounds in wood, *Polymer Degradation and Stability*. Elsevier, 832–841.
- Su, W. Y.; Subyakto, H. T.; Imamura, Y.; Ishihara, S. 1997. Improvement of the fire retardancy of standboard by surface treatment with melamine and boric or phosphoric acids, *Mokuzai Gakkaishi*, 70–81.
- Subyakto, K. T.; Hata, T.; Ishihara, S.; Kawai, S.; Getto, H. 1998. Improving fire retardancy of fast growing wood by coating with fire retardant and surface densification, *Fire Mater* 22(5): 207–212.
- Szczuka, J.; Żurowski, J. 1990. *Materialoznawstwo przemysłu drzewnego*. Warszawa: Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczn. 220 s.
- Tang, W. K. 1967. Effect of inorganic salts on pyrolysis of wood, *U. S. Forest service research paper FPL 71*.
- Vandersall, H. L. 1971. *Fire Flamm* 2. 97 p.
- Wazny, J.; Karys, J. 2001. *Ochrona budynków przed korozją biologiczną*. Warszawa: Arkady. 370 s.

THE INFLUENCE OF FLAME RETARDANT TREATED TIMBER DENSITY ON COMBUSTIBILITY

Z. Karpovič

Summary

Timber is widely used as a construction material in the majority of countries. In most cases, timber is the main structural material. Timber and timber fabrics used in building structure elements have to fulfill the requirements of fire safety. This article presents factors affecting the combustibility of timber, mainly the influence of flame retardants on the combustion phase, timber density and moisture. The influence of flame retardant treated timber density on combustibility is analyzed in this paper. Research was performed according to the requirements of the standard LST ISO 5657:1999 “Reaction to fire tests – ignitability of building products using a radiant heat source”. The influence of flame retardant treated timber density on combustibility is assessed according to duration up to the combustion of the specimen.

Keywords: timber density, timber moisture, treatment, flame retardant, combustibility.