

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Jernej STARMAN

**VPLIV IZVEDBE OKENSKIH VEZI NA
IZPOSTAVLJENOST LESENIH OKEN GLIVNEMU
RAZKROJU**

DIPLOMSKI PROJEKT

Visokošolski strokovni študij -1. stopnja

Ljubljana, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Jernej STARMAN

**VPLIV IZVEDBE OKENSKIH VEZI NA IZPOSTAVLJENOST
LESENIH OKEN GLIVNEMU RAZKROJU**

DIPLOMSKI PROJEKT

Visokošolski strokovni študij - 1. stopnja

**IMPACT OF THE IMPLEMENTATION OF THE WINDOW JOINT
ON EXPOSURE OF WOODEN WINDOWS ON FUNGAL
DEGRADATION**

B. SC. THESIS

Professional Study Programmes

Ljubljana, 2016

Diplomski projekt je zaključek Visokošolskega strokovnega študija Tehnologije lesa in vlaknatih kompozitov – 1. Delo je bilo opravljeno na Katedri za patologijo in zaščito lesa na Oddelku za lesarstvo, Biotehniške fakultete, Univerze v Ljubljani.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja diplomskega projekta imenoval prof. dr. Miho Humarja, za somentorja dr. Aleša Ugovška, za recenzenta pa doc. dr. Boštjana Lesarja

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Podpisani izjavljam, da je naloga rezultat lastnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravici shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Jernej Starman

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dv1
DK	UDK 630*83
KG	okno/lesne vezi/vlažnost lesa/temperatura
AV	STARMAN, Jernej
SA	HUMAR, Miha (mentor)/UGOVŠEK, Aleš (somentor)/LESAR, Boštjan (recenzent)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c.VIII/34
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI	2016
IN	VPLIV IZVEDBE OKENSKIH VEZI NA IZPOSTAVLJENOST LESENIH OKEN GLIVNEMU RAZKROJU
TD	Diplomski projekt (Visokošolski strokovni študij - 1. stopnja)
OP	VII, 33 str., 4 pregl., 24 sl., 27 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Okno je odprtina v steni, ki omogoča prehod svetlobe in ko je zaprto nas varuje pred zunanjimi vplivi okolja, kot so temperatura, veter in UV svetloba. Poznamo več vrst materialov, ki se uporabljajo za izdelavo sodobnih oken in to so polimeri (najpogosteje PVC), aluminij in les. V praksi se uporablja tudi različne kombinacije teh materialov, najpogosteje uporabljena med njimi je les-aluminij. Vezi, ki spajajo okvir sodobnih oken, so običajno čepne, zarezno čepne ali mozničene. V diplomskem projektu smo primerjali sodobni leseni okni izdelani s čepno in mozničeno vezjo. Spremljali smo vlažnost lesa v različnih delih okenskih profilov. Z namenom, da razširimo raziskavo smo spremljali še temperaturo notranje površine oken in barvo na različnih mestih zunanjega okenskega profila. Prednost mozničene vezi je v tem, da se element okna površinsko obdelava v celoti (tudi čela), medtem, ko so okna izdelana z čepnimi vezmi navadno površinsko obdelana, ko je okno že sestavljeno in se tako ne zaščiti čelnih delov profilov. Prednost čepne vezi je boljša statika okna in trdnost, vendar raziskave ter izkušnje proizvajalcev in uporabnikov potrjujejo, da so okna z mozničeno vezjo statično ustrezna. Ugotovili smo, da zaradi kratkotrajne izpostavitve, razlike v vlažnostih v analiziranih oknih niso velike, medtem ko so razlike v spremembi barv in temperaturi površin večje zaradi konstrukcijske izvedbe aluminijastega odkapnega profila in drugačnega barvnega tona.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND Dv1
DC UDC 630*83
CX window/wooden joints/moisture content/temperature
AU STARMAN, Jernej
AA HUMAR, Miha (supervisor)/UGOVŠEK, Aleš (co-supervisor)/LESAR, Boštjan (co-advisor)
PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c.VIII/34
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and technology
PY 2016
TY INFLUENCE OF THE DESIGN OF THE WINDOW JOINT ON THE EXPOSURE OF WOODEN WINDOWS TO FUNGAL DEGRADATION
DT B. Sc. Thesis (Professional Study Programmes)
NO VII, 33 p., 4 tab., 24 fig., 27 ref.
LA sl
Al sl/en
AB Window is an opening in a wall which allows the passage of light and if closed it protects us from environment effects such as temperature, wind and UV light. There are several types of materials used for window frames, namely: polymers (most commonly PVC), aluminium and wood. There are also combinations of different materials applied, wood-aluminium being the most common. Joints, that are used for construction of the wooden frame are usually tenon or dowel joints. In respective thesis comparison of modern wooden windows with tenon and dowel joints was performed. Wood moisture content in different parts of window elements was monitored twice per day. In order to expand the research temperature of the inner surfaces in window frames was logged as well. Additionally, colour on different parts of outside surfaces on windows was determined as well. The advantages of the dowel join is that surface coating covers all of the window surfaces, before it is assembled, which means that you also protect the axial planes of the elements. Meanwhile the windows made with tenon joints, are surface coated after being assembled, hence the axial planes are not protected. Additionally, tenon joint exhibits better statics of the window and the strength of the joint is higher. However, studies and experiences of manufacturers and users confirm that the dowel joints static is sufficient. Due to the short duration of the experiment, the differences in wooden moisture content between various windows is not significant. The differences in temperature and colour changes are more prominent because of the positioning of aluminium profile and the different brightness of the surface coatings applied on the windows.

KAZALO VSEBINE

	Str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VI
KAZALO SLIK	VII
1 UVOD	1
2 PREGLED LITERATURE	2
2.2 POVRŠINSKA OBDELAVA	2
2.3 VRSTE OKENSKIH VEZI	3
2.4 VLAŽNOST LESA	5
2.4.1 Gravimetrična metoda	5
2.4.2 Električni uporovni merilnik.....	5
2.5 NARAVNA ODPORNOST LESA	6
2.5.1 Trajnost lesa.....	7
3 MATERIALI IN METODE	9
3.1 TESTNA OKNA	9
3.2 MERJENJE VLAŽNOSTI IN TEMPERATURE	11
3.2.3 Merilna mesta temperature	14
3.3 MERJENJE BARVE	16
4 REZULTATI IN RAZPRAVA	18
4.1 VLAŽNOST LESA V OKENSKIH PROFILIH.....	18
4.2 REZULTATI MERJENJA TEMPERATURE	21
4.3 SPREMEMBE BARV ZUNANJE POVRŠINE OKEN	27
5 SKLEP	29
6 POVZETEK	30
7 VIRI	31
ZAHVALA	

KAZALO PREGLEDNIC

	Str.
Preglednica 1: Naravne odpornost nekaterih lesnih vrst. Podatki veljajo za jedrovino. (SISTEN 350-2, 1994).....	6
Preglednica 2: Razredi izpostavitve lesa (SIST EN 335/1 in 2, 2006).....	8
Preglednica 3: Merilna mesta za vlažnost na Oknu 1.....	12
Preglednica 4: Merilna mesta temperatur na oknih.....	15

KAZALO SLIK

	Str.
Slika 1: Prerez okna z mozničeno vezjo (Arhiv M SORA).....	4
Slika 2: Prikaz površinsko zaščitene čel (Arhiv M SORA)	4
Slika 3: Električni uporovni merilnik (Metode ..., 2016)	6
Slika 4: Vgrajeni okni.....	10
Slika 5: Detajl obeh oken, ki prikazuje postavitve aluminijastega profila (Arhiv M SORA)	10
Slika 6: Testni objekt z vgrajenimi okni.....	11
Slika 7: Merilna mesta za vlažnost na oknu 1	13
Slika 8: Merilno mesto vlažnosti 3 na oknu 1	14
Slika 9: Merilna mesta temperatur na okenskem okvirju	15
Slika 10: Merilno mesto za temperaturo 5.....	16
Slika 11: Prikaz CIE L*a*b koordinatnega sistema (Color Meters ..., 2016)	17
Slika 12: Oprema za merjenje barve (Color ..., 2016).....	17
Slika 13: Grafični prikaz meritve vlažnosti pri Oknu 1.....	18
Slika 14: Grafični prikaz meritve vlažnosti pri Oknu 2.....	19
Slika 15: Primerjava povprečnih vlažnosti lesa na posameznih pozicijah	20
Slika 16: Grafični prikaz vrednosti temperatur pri Oknu 1	21
Slika 17: Območja hladnih temperatur	22
Slika 18: Grafični prikaz temperaturne razlike med notranjo površino okna in 6,8 cm globoko pri Oknu 1	22
Slika 19: Grafični prikaz vrednosti temperatur pri Oknu 2	23
Slika 20: Grafični prikaz temperaturne razlike med notranjo površino okna in 6,8 cm globoko pri Oknu 2.....	24
Slika 21: Primerjava povprečnih vrednosti pri temperaturi za vsako pozicijo.....	25
Slika 22: Grafični prikaz primerjave pozicije 5 med oknoma.....	26
Slika 23: Grafični prikaz spremembe barvnih koordinat.....	27
Slika 24: Grafični prikaz primerjave ΔE med oknoma	28

1 UVOD

Okno je eden najpomembnejših delov stavbnega pohištva v našem domu. Primarne funkcije okna so razsvetlitev prostora, zaščita notranjega prostora pred zunanjimi vplivi kot so vremenski vplivi, sprememba temperature in UV svetloba in zmožnost prezračevanja prostora. Za izdelavo oken se uporablja več vrst materialov. Najpogosteje so izdelana iz PVC-ja, aluminija in lesa (Mik Celje. 2016), obstajajo pa tudi okna iz drugih materialov, kot je na primer bron (The Collection... , 2016). Les se za okna uporablja že od nekdaj, ker je naraven material, daje lep videz in je zelo trajen, če je le pravilno uporabljen, konstrukcijsko in površinsko zaščiten in vzdrževan. Aluminijasta okna imajo najslabšo toplotno izolativnost in so tudi med najdražjimi okni, vendar je njihova odpornost proti zunanjim vplivom največja. Zato se pogosto uporablja kombinacija lesa in aluminija, s čimer izkoristimo prednosti obeh materialov.

Za izdelavo lesenih oken se najpogosteje uporablja: smrekovina, macesnovina, hrastovina in eksotične vrste lesa kot je meranti (Mik Celje. 2016).

Sodobno okno je običajno zastekljeno s termoizolacijskimi stekli. Takšna stekla so sestavljena iz več vzporednih stekel, običajno iz dveh ali treh. Prostor med stekli je običajno zapolnjen s suhim nereaktivnim žlahtnim plinom kot sta argon in kripton. Z uporabo žlahtnega plina, zelo zmanjšamo toplotne izgube. Zaradi slabih lastnosti se medstekelnih prostorov z običajnim zrakom ne uporablja več (Grobovšek B. 2016).

Med stekli je med-stekelni distančnik. Ta del okna je zelo pomemben, saj so kovine, ki so sestavni del distančnika, dobri toplotni prevodniki. To predstavlja toplotni most zaradi katerega lahko pride do kondenzacije. Običajno se je uporabljal aluminij, v sodobnejših oknih se uporablja bolj toplotno izolacijske materiale (Grobovšek B. 2016).

Prečni in pokončni okenski profili so med sabo spojeni s čepno ali mozničeno vezjo. Čepna vez ima boljše mehanske lastnosti in stabilnost. Prednost mozničene vezi je, da so elementi površinsko obdelani v celoti in naknadno sestavljeni v okenski okvir, medtem, ko se pri čepni vezi najprej sestavi okenski okvir in šele potem površinsko obdelata, kar pomeni, da nekateri deli niso zaščiteni (M Sora. 2015).

Zelo pomembna je tudi postavitev aluminijastega profila na odkapni letvi. Če je aluminij v stiku z lesom, se bo temperatura prevajala preko aluminija v les. Z namenom izboljšati to pomanjkljivost je aluminij nameščen na plastična držala, kar prepreči stik z lesom.

Pomembnejše lastnosti oken so toplotna prevodnost, ki nam pove kakšna je izolativnost okna in vlažnost lesa od katere je odvisna življenjska doba okna, saj se s povečanjem vlažnosti razvijajo boljši pogoji za razvoj lesnih gliv.

V diplomskem projektu smo spremljali vpliv obeh tipov vezi na lesno vlažnost okenskih profilov, vpliv pozicije aluminijaste odkapne letve na izolativnost določenih delov okenskega profila in barvne spremembe zunanje površine okenskih profilov.

2 PREGLED LITERATURE

2.1 SMREKA (*Picea abies*)

Za sodobna okna se največkrat uporablja les smrekovine, lahko pa uporabimo tudi les hrasta, macesna ali drugih tropskih vrst. Smreka kot drevo, je ena najbolj razširjenih drevesnih vrst v Sloveniji. Glavne prednosti smreke so velika trdnost kljub nizki gostoti in njena ravna polnolesna debla (Čufar, 2008). Ker jo je veliko na zalogi je tudi cena relativno nizka. Les smreke je rumenkasto bele barve, lahko tudi rdečkasto bele barve, ki s časom potemni. Barvne razlike med beljavo in jedrovino ni, les pa vsebuje veliko smolnih kanalov, ki so diskaste oblike. Širina branik pri smreki je odvisna od rastišča. Če drevo raste v dobrih pogojih bo imelo velike branike, kar pa ni dobro pri lesu iglavcev, saj je zaželeno, da so branike čim ožje. Srednja gostota absolutno suhega lesa je 430kg/m^3 , razpon gostote je pa od 300 do 640kg/m^3 . Les smrekovine je mehak, srednje trd in žilav. Sušenje pri smreki ne dela večjih težav. Les je dimenzijsko stabilen. Les smreke je slabo odporen, saj spada v 4. razred naravne odpornosti lesa. Njegovo življenjsko dobo lahko podaljšamo s površinsko zaščito lesa in/ali impregnacijo. Uporaba smrekovine je enostavna in vsestranska saj se enostavno obdeluje brez večjih težav (Čufar, 2006). Za izdelavo oken se uporablja lepljenje, ki so dimenzijsko stabilnejši in nam omogočajo izločitev napak pri lesu (Mizarstvo Kovač, 2015).

2.2 POVRŠINSKA OBDELAVA

Površinska obdelava lesa ima dva glavna namena. Prvi namen površinske obdelave lesa je estetski. Lahko spremenimo barvo lesa, njegov videz in poudarimo teksturo lesa. Drugi namen je zaščitni. Les površinsko obdelamo zato, da ga zaščitimo pred biotskimi in abiotskimi dejavniki. S površinskimi premazi zaščitimo les pred izdatnejšim navlaževanjem s čimer izboljšamo dimenzijsko stabilnost lesa, zmanjšamo možnost okužb z glivami in propadanje lesa zaradi izpiranja. Prva stopnja površinske obdelave lesa je priprava lesne površine kar vključuje brušenje, glajenje, odstranjevanje napak in kitanje lesnega elementa. Nato sledi nanos premaza. Pod pojmom površinski premazi poznamo lake, lazure, lužila, olja, voski, lak emajli... Za površinsko zaščito oken se največkrat uporabljajo sintetični debeloslojni premazi na vodni osnovi (lazure, pokrivni premazi) in olja. Z lazurami les zaščitimo in obarvamo, ampak ne prekrijemo njegove strukture. Pomembna lastnost lazur je tudi to, da vsebujejo pigmente, ki absorbirajo sevanje UV (Helios, 2016). Učinkovitost lazur je močno odvisna od deleža suhe snovi v premazu. Okenske elemente zaščitimo z več nanosi. Prvi ali osnovni nanos les zaščiti pred insekti in glivami ter izboljša oprijemnost lazur. Sledita temeljni in končni sloj. Poznamo več načinov nanašanja, med katerimi so za zaščito oken najpogostejši potapljanje, brizganje in oblikovanje (Vranjek, 2009).

2.3 VRSTE OKENSKIH VEZI

Pri oknih se uporabljajo obodne kotne vezi, kot sta čepna ali moznična vez. Navadno so okna spojena s čepno vezjo, ki je lahko dvojna ali trojna odvisno od debeline profila. Čepna vez je zaradi svoje konstrukcije izredno močna kotna vez, to pa zato ker ima veliko površino lepljenja in s tem je okno tudi statično bolj stabilno (Jelovica. 2016).



Slika 1: Primer čepne vezi pri sestavi okvirja (<http://thecarpentryway.blogspot.com> , 2016)

Vedno pogosteje se za izdelavo oken uporablja moznična vez. Moznična vez je ena izmed najbolj razširjenih in uporabljenih vezi v mizarstvu. Moznik je valj, ki je narejen iz lesa trdih listavcev, njegova površina je lahko gladka ali pa obdelana za večjo lepilno površino. Moznik je poznan že dolgo časa, vendar se je začel pogosteje uporabljati šele zadnje čase zaradi napredka strojev za njihovo izdelavo. Mozničen spoj ima skoraj vedno dva ali več moznikov, saj z enim moznikom ne dosežemo dovolj velike trdnosti vezi. Prednost moznikov je enostavna uporaba in cenejša izvedba. Poleg tega je izvedba moznika čista, kar pomeni, da se spoja ne vidi (Dowel. 2016.).



Slika 1: Prerez okna z mozničeno vezjo (Arhiv M SORA, 2015)

Pri izdelavi oken je največja prednost mozničene vezi pred čepno ta, da se lahko element okna v celoti površinsko obdela in šele nato sestavi. Pri čepni vezi je potrebno okvir najprej sestaviti nato pa površinsko obdelati, kar pomeni, da se čel elementov ne zaščiti. To predstavlja velik problem saj je skozi čelo kapilarno navlaževanje lesa največje. V primeru poškodbe ali dotrajanosti zaščitenega stika med prečnikom in pokončnikom so čela izpostavljena navlaževanju s čimer se ustvarjajo pogoji za razkroj lesenih okenskih profilov (M Sora, 2015).



Slika 2: Prikaz površinsko zaščenih čel (Arhiv M SORA, 2015)

2.4 VLAŽNOST LESA

Lesna vlažnost je odvisna od zračne vlažnosti, sprejema vode iz tal, količine padavin ipd. (Schmidt, 2006, cit. po Brischke in sod., 2006). Vlažnost lesa spremljamo, da določimo količino vode v lesu. Pomembno je vedeti koliko je les vlažen za določitev ustreznih ukrepov za zaščito lesa. Preden les uporabimo, moramo vedeti katerim pogojem bo izpostavljen in ga posušiti na primerno vlažnost. Ko je les nekje vgrajen, je pomembno, da se ta vlažnost tudi vzdržuje.

Za merjenje vlažnosti uporabljamo več metod, najbolj uporabljene med njimi sta:

- Gravimetrična metoda
- Meritev z električnimi uporovnimi merilniki (Posavec, 2012).

2.4.1 Gravimetrična metoda

Gravimetrična metoda je enostavna ampak dolgotrajna in destruktivna metoda. Imenuje se tudi metoda tehtanja in se izvaja po standardu EN 13183-1 (2002). Iz lesa odvzamemo vzorec, ki mora biti primerno oddaljen od čela, mu izmerimo težo in ga posušimo na absolutno suho stanje. Po sušenju ga tehtamo še enkrat in izračunamo vlažnost po definicijski formuli (EN 13183-1, 2002).

2.4.2 Električni uporovni merilnik

Električna upornost se določa v skladu s standardom EN13183-2 (2016). Logaritem specifične upornosti lesa je v sorazmerju z vlažnostjo lesa. Ta metoda je zanesljiva od vlažnosti približno 7% do točke nasičenja celičnih sten v lesu. V tem območju odpornost pada linearno. Pri višjih vlažnostih od TNCS so spremembe upornosti zelo majhne, v območju pod 7% so pa upornosti zelo velike, tako da podatki izven teh območij niso zanesljivi. Pri tej metodi uporabljamo za stik z lesom elektrode, ki so različnih oblik za merjenje različnih materialov (Posavec, 2012).

Parametri, ki vplivajo na natančnost merjenja so:

- Gostota rasti, ki je zanemarljiva.
- Temperatura: Če se spremeni temperatura se spremeni tudi električna upornost.
- Enosmerni tok, pri daljši uporabi povzroča ohmsko segrevanje lesa in s tem zmanjšuje upornost.
- Površinska vlažnost elementa: Pri veliki površinski vlažnosti moramo uporabiti izolirane elektrode (Gorišek in sod., 1994).



Slika 3: Električni uporovni merilnik (Metode ..., 2016)

2.5 NARAVNA ODPORNOST LESA

Če gledamo les v naravnem stanju, govorimo o naravni odpornosti lesa. Naravna odpornost lesa je odpornost, ki jo bo les imel v zdravem naravnem stanju (Humar, 2010).

Na naravno odpornost lesa v največji meri vpliva kemijska sestava lesa. Razlog za odpornost posamezne lesne vrste so biološko aktivni ekstraktivi, ki jih najdemo v jedrovini (Lesar in sod., 2008) in sposobnost lesa da ostane suh. Beljava vseh lesnih vrstni odporna proti biološkemu razkroju lesa, zaradi pomanjkanja ekstraktivov, ki zavirajo razvoj gliv, insektov in bakterij. Ekstraktivne snovi so različne kemijske spojine in se nahajajo v stenah in lumnih celic kot sekundarni metaboliti (Čufar, 2006). Poleg kemijske sestave na naravno odpornost lesa vpliva tudi anatomska zgradba lesa (Pečenko, 1987; Humar, 2010). Tako je les smreke zaradi aspiriranih pikenj, ki preprečujejo prodiranje vode v les, bolj odporen, kot bi pričakovali le na podlagi kemijske zgradbe.

Preglednica 1: Naravne odpornost nekaterih lesnih vrst. Podatki veljajo za jedrovino. (SISTEN 350-2, 1994)

Razred odpornosti		Življenjska dobava stiku z zemljo (leta)	Drevesna vrsta
Zelo odporne	1	20+	robinja (1-2), iroko, tik
Odporne	2	15-20	kostanj, dob, tisa
Zmerno odporne	3	10-15	oreh, macesen, duglazija
Neodporne	4	5-10	smreka, jelka, brest
Zelo občutljive	5	<5	javor, breza, gaber, lipa, topol, bukev.

2.5.1 Trajnost lesa

Ko, govorimo o trajnosti lesenih oken imamo v mislih predvsem življenjsko dobo lesa. Življenjska doba lesa je čas v katerem je les še zmožen opravljati svojo funkcijo, v primeru okna, je okno še zmeraj uporabno dokler ima še zadovoljive mehanske lastnosti, tudi če je že delno razkrojeno. Trajnost lesa je odvisna od naravne odpornosti lesa in načina ali mesta uporabe. Umetno lahko vplivamo na trajnost lesa, tudi z biocidno zaščito (Pohleven, 2008). Da preprečimo razkroj lesa pri oknih, je pomembno, da stalno vzdržujemo nizko vlažnost in da vzdržujemo površinsko zaščito oken. Okno kot stavbno pohištvo je izpostavljeno zunanjim pogojem kar pomeni, da okno spada v 3. razred izpostavitve. Ali spada v 3.1 ali 3.2 je odvisno ali je okno konstrukcijsko zaščiteno ali ne (SIST EN 335/1 in 2, 2006).

Preglednica 2: Razredi izpostavitve lesa (SIST EN 335/1 in 2, 2006)

Razred izpostavitve:	Splošne razmere na mestu uporabe	Opis vlažnosti na mestu uporabe	Lesni škodljivci	Prisotnost termitov
1	Znotraj, pod streho	Suho	Lesni insekti	V primeru, da so na tem območju termiti, se ta razred označi z 1T
2	Zunaj, pod streho	Občasno vlažen	Lesni insekti, glive modrivke, plesni, glive razkrojevalke	V primeru, da so na tem območju termiti, se ta razred označi z 2T
3.1	Na prostem nad zemljo z ustrezno konstrukcijsko zaščito	Občasno vlažen	Lesni insekti, glive modrivke, plesni, glive razkrojevalke	V primeru, da so na tem območju termiti, se ta razred označi z 3.1T
3.2	Na prostem nad zemljo brez ustrezne konstrukcijske zaščite	Pogosto vlažen		V primeru, da so na tem območju termiti, se ta razred označi z 3.2T
4.1	Na prostem, v stiku s tlemi in/ali sladko vodo	Pogosto ali stalno vlažen	Lesni insekti, glive modrivke, plesni, glive razkrojevalke, glive mehke trohnobe	V primeru, da so na tem območju termiti, se ta razred označi z 4.1T
4.2	Na prostem, v stiku s tlemi (ostri pogoji) in/ali sladko vodo	Stalno vlažen		V primeru, da so na tem območju termiti, se ta razred označi z 4.2T
5	V stalnem stiku z morsko vodo.	Stalno vlažen	Glive razkrojevalke, glive mehke trohnobe, morski škodljivci	A Ladijske svedrovke, lesne mokrice
				B Ladijske svedrovke, lesne mokrice, kreozotno olje, tolerantne lesne mokrice
				C Ladijske svedrovke, lesne mokrice, na kreozotno olje, tolerantne lesne mokrice, pholade

3 MATERIALI IN METODE

3.1 TESTNA OKNA

Obe okni (Slika 4) sta komercialni okni slovenskih proizvajalcev in sta vgrajeni v izdelan testni objekt z višino 174 cm, širino 168 cm, in globino 120 cm (Slika 6). Odprtini za okna sta primerne za vgradnjo oken z dimenzijami 800×600 mm. Okni sta vgrajeni z montažo s tesnjenjem v treh ravneh, stiki so dodatno zaščiteni z bitumenskimi trakovi.

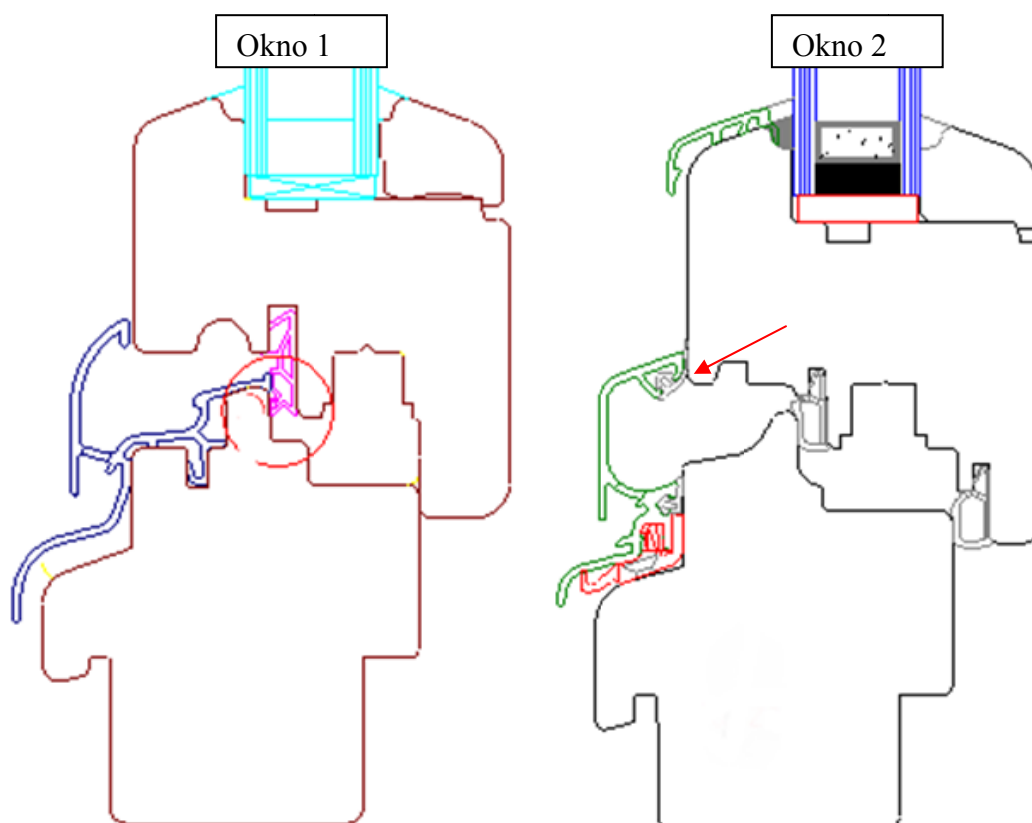
Okno 1 je enokrilno, izdelano iz smrekovih lepljencev, debelinsko zlepljenih iz treh lamel. Dimenzije okna so 800×600 mm. Obod je sestavljen s čepnimi vezmi. Zasteklitev je dvojna, s sestavo stekla 4/16Ar/4. Toplotna prehodnost stekla (U_g) je $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$. Okno je površinsko obdelano z lazuro na vodni osnovi z oranžnim odtenkom. Odkapna letev pri oknu 1 je v neposrednem stiku z lesom, kot je prikazano na Sliki 5. Celotna toplotna prehodnost okna (U_w) je $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Okno 2 je enokrilno, sestavljeno je iz smrekovih lepljencev, ki so debelinsko zlepljeni iz treh lamel. Dimenzije okna so 800×600 mm. Obod okna je sestavljen z mozničeno vezjo. Zasteklitev okna je prav tako dvojna, s sestavo stekla 4/16Ar/4. Toplotna prehodnost stekla je $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$. Okno je površinsko zaščiteno z lazuro na vodni osnovi s peščenim odtenkom. Odkapna letev pri oknu 2 ni v stiku z lesom in je na okenski okvir pritrjena preko plastičnih držal (Slika 5). Celotna toplotna prehodnost okna je $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Okni sta izpostavljeni na Terenskem polju Oddelka za lesarstvo, Biotehniške fakultete, Univerze v Ljubljani. Podnebje v Ljubljani je celinsko, kar pomeni, da ima topla poletja in mrzle zime. Padavine so enakomerno razporejene med letnimi časi. Povprečna letna višina padavin v Ljubljani v zadnjih 30 letih je 1368 mm (ARSO. 2016). Nekoliko bolj suhi sta poletje in jesen. Ljubljana je v megli kar 121 dni na leto. To pomeni da je povprečna zračna vlažnost višja kot v krajih v bližini.



Slika 4: Vgrajeni okni.



Slika 5: Detajl obeh oken, ki prikazuje postavitev aluminijastega profila (Arhiv M SORA)

3.2 MERJENJE VLAŽNOSTI IN TEMPERATURE

Vlažnost in temperaturo v oknih smo merili z uporovno metodo in opremo proizvajalca Scanntronik. Merilci, ki merijo podatke so naprave Gigamodul, podatke pa zapisuje oprema z nazivom Thermofox. Gigamoduli merijo podatke preko senzorjev, ki so nameščeni na osmih mestih na vsakem oknu. Gigamodul meri logaritem električne upornosti, iz katere se s pomočjo umeritvenih krivulj za smrekovino izračuna lesna vlažnost (Scanntronik Mugrauer GmbH, 2014). Podatki o vlažnosti lesa so bili izmerjeni vsakih 12 ur, temperaturo pa smo zabeležili vsakih 60 min. Število meritev pa je bilo na obeh oknih enako. Meritve vlažnosti so se opravljale od 1.3.2016 do 13.7.2016. Meritve temperature so se opravljale od 1.3.2016 do 13.7.2016.



Slika 6: Testni objekt z vgrajenimi okni

Vlažnost smo merili na mestih za katere smo predvidevali, da naj bi bila najbolj kritična pri uporabi oken in na katerih ima tip vezi največji vpliv. Merilna mesta na oknu 2 so zrcalna oknu 1, razen pri merjenju na poziciji 3, ki je na istem mestu.

Merilna mesta na oknu 1, so bila sledeča:

Preglednica 3: Merilna mesta za vlažnost na Oknu 1

Oznaka merilnega mesta:	Opis lokacije (gledano iz notranjosti objekta)	Število meritev
1	Vez na okvirju levo spodaj	211
2	Vez na okvirju desno spodaj	211
3	Profil – odkapna letev.	98
4	Sredina spodnjega okvirja	211
5	Poleg vezi na pokončniku okvirja, desno zgoraj.	211
6	Poleg vezi na prečniku okvirja, desno zgoraj	211
7	Vez na krilu, levo spodaj.	211
8	Vez na krilu, desno spodaj.	211



Slika 7: Merilna mesta za vlažnost na oknu 1



Slika 8: Merilno mesto vlažnosti 3 na oknu 1

3.2.3 Merilna mesta temperature

Na merilnem mestu v Ljubljani so bili skozi merilno obdobje taki pogoji:

- Povprečna temperatura marca 2016: 5,4 °C
- Povprečna temperatura aprila 2016: 12,5 °C
- Povprečna temperatura maja 2016: 15,3 °C
- Povprečna temperatura junija 2016: 19,08 °C
- Povprečna temperatura julija 2016: 22,19 °C (Vremensko društvo ZEVS, 2016)

Temperature smo merili na različnih globinah lesa v oknih. Za primerjavo smo merili tudi temperaturo na površini oken in v prostoru samem. Dodatno smo izmerili tudi temperaturo na lesu v neposredni bližini odkapne letve. Temperaturni senzorji so bili pritrjeni na površino lesa z lepilnim trakom, ki ga priporoča podjetje Scantronnik. Elektrode v les smo pritrdili z epoksidnim lepilom.

Merilna mesta za spremljanje temperature, so bila sledeča (merilna mesta na obeh oknih so primerljiva):

Preglednica 4: Merilna mesta temperatur na oknih

Oznaka merilnega mesta:	Opis merilnega mesta:
T3	Temperatura prostora.
1	Notranja površina.
2	Meritve 2,2 cm globoko v profilu.
3	Meritve 4,4 cm globoko v profilu.
4	Meritve 6,8 cm globoko v profilu (tik pod zunanjo površino).
5	Meritve na odkapni letvi



Slika 9: Merilna mesta temperatur na okenskem okvirju



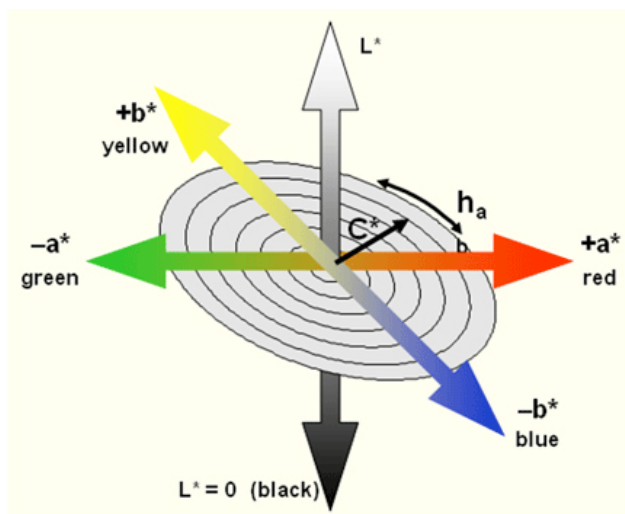
Slika 10: Merilno mesto za temperaturo 5

3.3 MERJENJE BARVE

Barvo smo merili s pomočjo opreme ErichsenEasyCO, model 566. Meri se po CIE L*a*b sistemu. Barve smo izmerili dvakrat. Prvič smo jih izmerili 5.4.2016, drugič pa bolj proti koncu testiranja 8.6.2016. Število testnih mest pri prvem merjenju je bilo 12. Pri drugem je bilo meritvenih mest 8.

CIE L*a*b sistem je koordinatni sistem barv. Oznaka "L" prikazuje svetlost barve. Če gre "L" v pozitivno smer potem se barva posvetli, če gre v negativno smer se barva potemni. Oznaka "a" prikazuje koordinatno smer barve. Če gre "a" v negativno smer postaja barva bolj zelena, če gre pa v pozitivno smer pa postaja barva bolj rdeča. Oznaka "b" prikazuje koordinatno smer barve. Če gre "b" v negativno postaja barva bolj modra, če gre pa v pozitivno smer pa postaja barva bolj rumena. S spremembo teh treh koordinat lahko izračunamo ΔE , ki predstavlja vrednost za spremembo barv. Formula za izračun je:

$$\Delta E_{ab} = \sqrt{\Delta L^2 * \Delta a^2 * \Delta b^2}.$$



Slika 11: Prikaz CIE $L^*a^*b^*$ koordinatnega sistema (Color Meters ..., 2016)



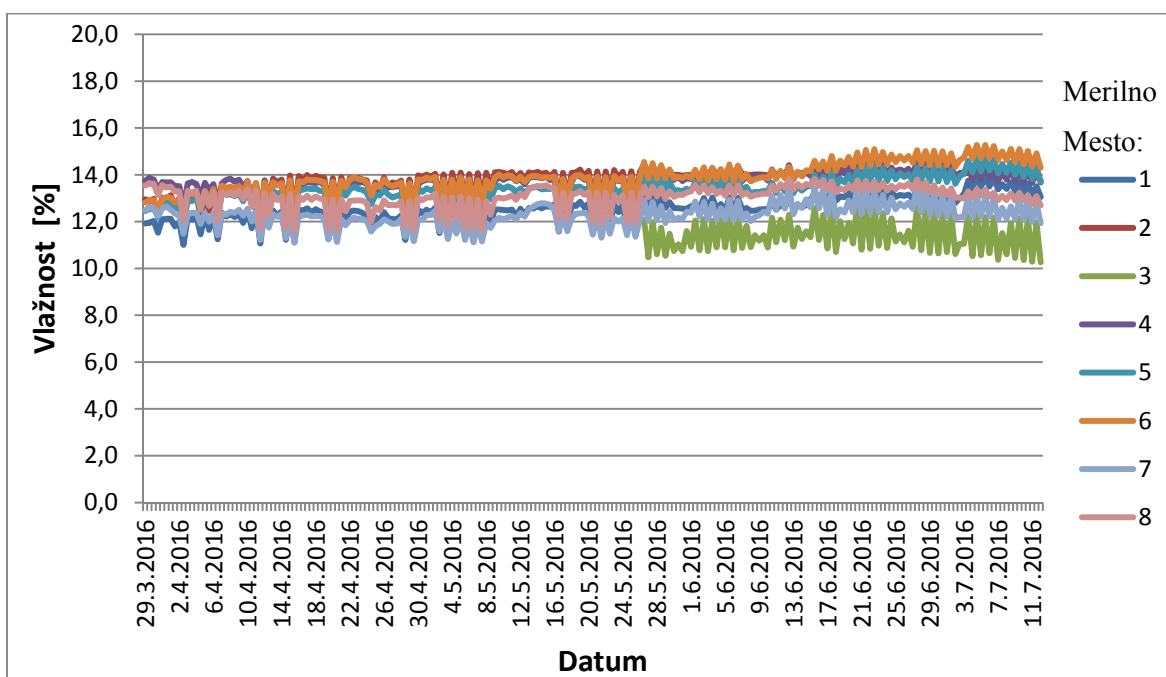
Slika 12: Oprema za merjenje barve (Color ..., 2016)

4 REZULTATI IN RAZPRAVA

4.1 VLAŽNOST LESA V OKENSKIH PROFILIH

Iz grafa na sliki 13 je razvidno, da so vlažnosti lesa v oknu 1 nihale med 10 % in 15 %. Opazno je, da vlažnost lesa na vseh pozicijah s časom izpostavitve narašča. Na začetku je bila najvišja vlažnost na poziciji 4, ki se nahaja na sredini prečnika okvirja, medtem, ko je bila najnižja vlažnost pri poziciji 3, ki je poleg odkapne letve na profilu. Vlažnost na poziciji 3 je ostala najnižja tudi do konca testiranja in se ni dvigovala. Zaradi pomankanja časa navajamo podatke le za prvih 106 dni meritev. Z meritvami bomo nadaljevali. Pričakovati je, da bodo s časom razlike bolj izrazite.

Vlažnost lesa je bila najvišja na poziciji 6 (prečnik okvirja, zgoraj desno) in poziciji 5 (pokončniku okvirja desno zgoraj). Na podlagi tega bi lahko sklepali, da je najbolj izpostavljen del zgornji del okna. Pri tem je treba upoštevati, da okno ni imelo nobenega nadstreška in da je voda lahko tekla neposredno po steni okna. Tako je preko okna teklo tudi del vode, ki je padla na streho.

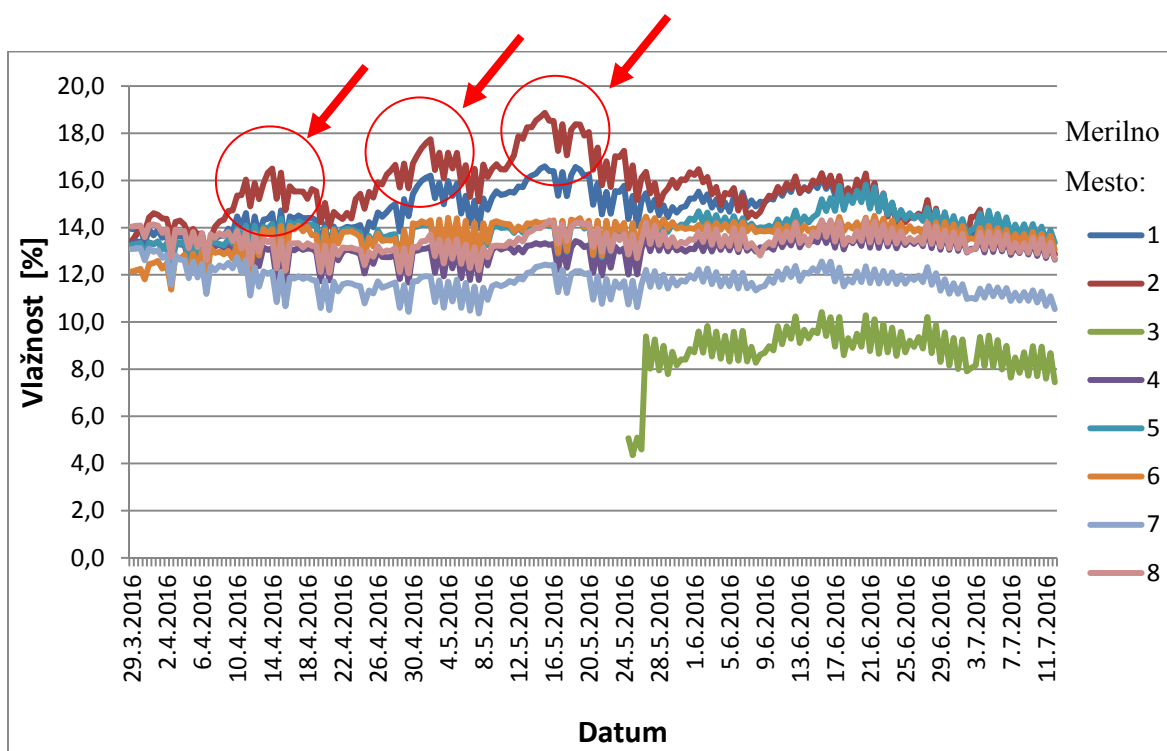


Slika 13: Grafični prikaz meritve vlažnosti pri Oknu 1

Pri oknu 2 je bil razpon lesne vlažnosti večji in sicer med 8 % in 18% (slika 14).

Največja vlažnost na začetku je bila na poziciji 8 (vez na krilu, desno spodaj), najnižja pa na poziciji 3, ki je poleg odkapne letve na profilu. V grafu je vidno, da so se v obdobjih, ki so potekali od 13. 4. 2016 do 16. 4. 2016, 30. 4. 2016 do 3. 5. 2016 in od 12. 5. 2016 do 18. 5. 2016 lesne vlažnosti zelo zvišale, največ pri poziciji 2 (pokončnik na okvirju desno spodaj).

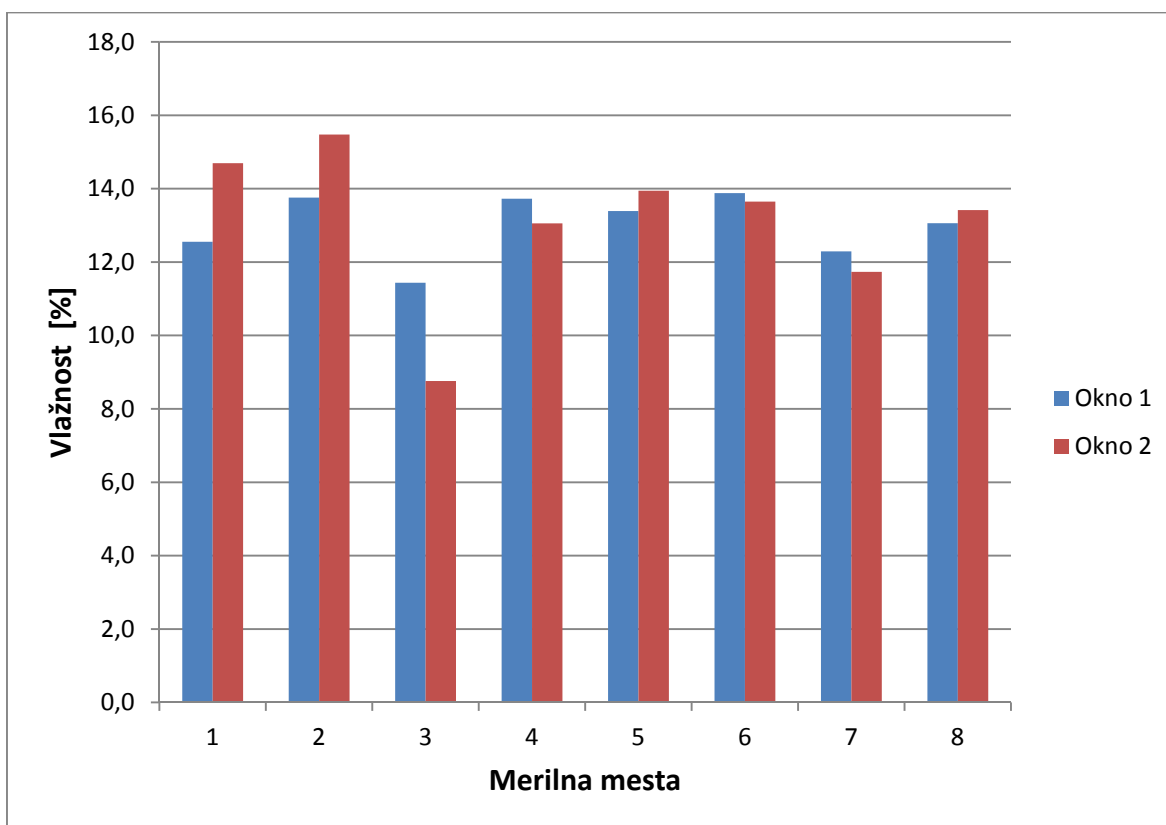
Iz vremenskih podatkov lahko zasledimo, da so bile v teh obdobjih padavine in relativna zračna vlažnost najvišje. Pri meritvi 96 je bila lesna vlažnost najvišja - 18,9 %. Meritev je bila izvedena ponoči iz 15. 5. 2016 na 16. 5. 2016 po enotedenskem deževju. To je razvidno tudi iz slike 14, saj je lesna vlažnost v tem tednu vztrajno naraščala. Tudi v drugih primerih se je vlažnost povečala zaradi povišanja padavin. V nasprotju z oknom 1, je lesna vlažnost pri oknu 2 manj stabilna in se intenzivneje odziva na padavine, ni pa zaznati dolgotrajnega navlaževanja okenskih profilov, kar je bilo opaziti pri oknu 1. Vlažnost lesa na skoraj vseh pozicijah je bila na koncu merilnega obdobja nižja kot na začetku. Opazno je tudi postopno izenačevanje vlažnosti lesa na vseh pozicijah, razen pri poziciji 7.



Slika 14: Grafični prikaz meritve vlažnosti pri Oknu 2

Povprečne vlažnosti lesa na različnih pozicijah so prikazane na sliki 15. Okno 2 je imelo na poziciji 1 in poziciji 2 višjo povprečno vlažnost lesa, medtem ko so razlike na pozicijah 4, 5, 6, 7 in 8 majhne in ne moremo govoriti o bistvenih razlikah.

Največja razlika je bila izmerjena na poziciji 3 in sicer je bila povprečna lesna vlažnost lesa pri oknu 1 11,4 % in pri oknu 2 pa 8,8 %. Razliko bi lahko pripisali vplivu aluminijaste odkapne letve, ki je pri oknu 1 v stiku z lesom, medtem ko pri oknu 2 ni. Zaradi nizke temperature, ki potuje po aluminiju v notranjost okenskega profila, lahko prihaja do lokalnega kondenziranja vlage in lokalnega navlaževanja lesa. Razlika v vlažnosti je lahko tudi posledica razlik v temperaturah na tej lokaciji, ki pomembno vpliva na zaznavanje vlažnosti lesa.

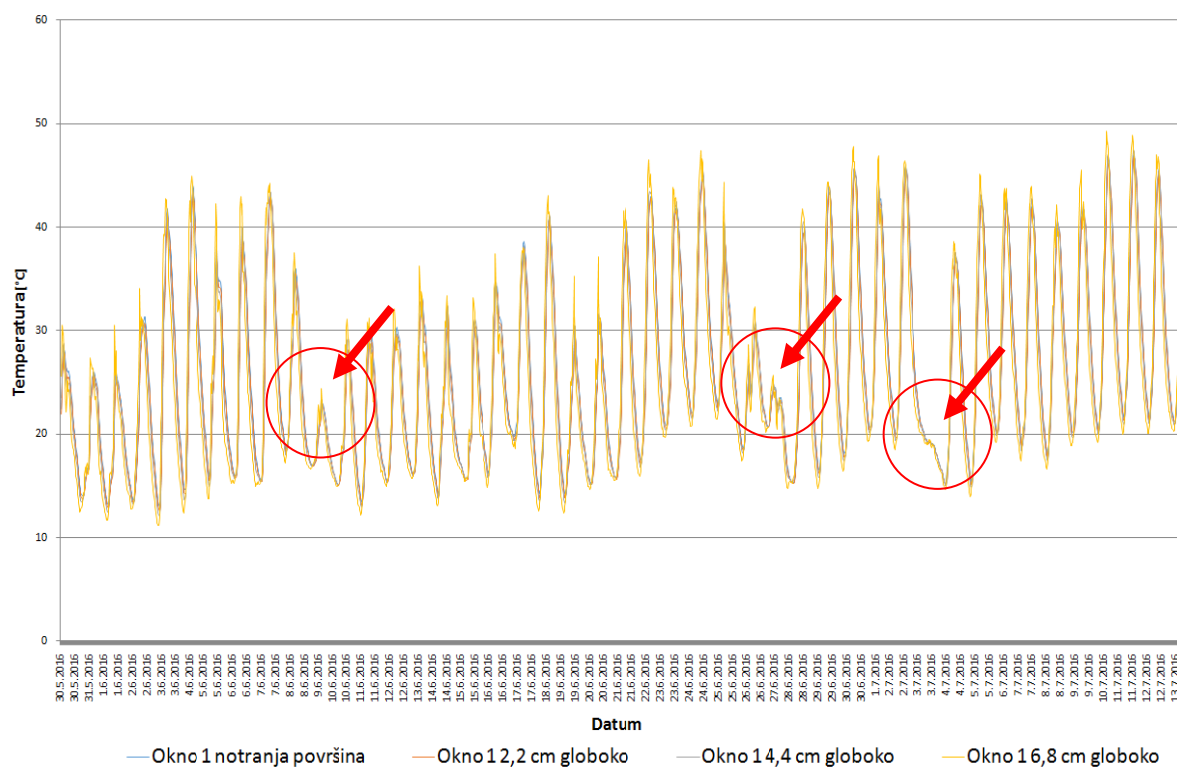


Slika 15: Primerjava povprečnih vlažnostih lesa na posameznih pozicijah

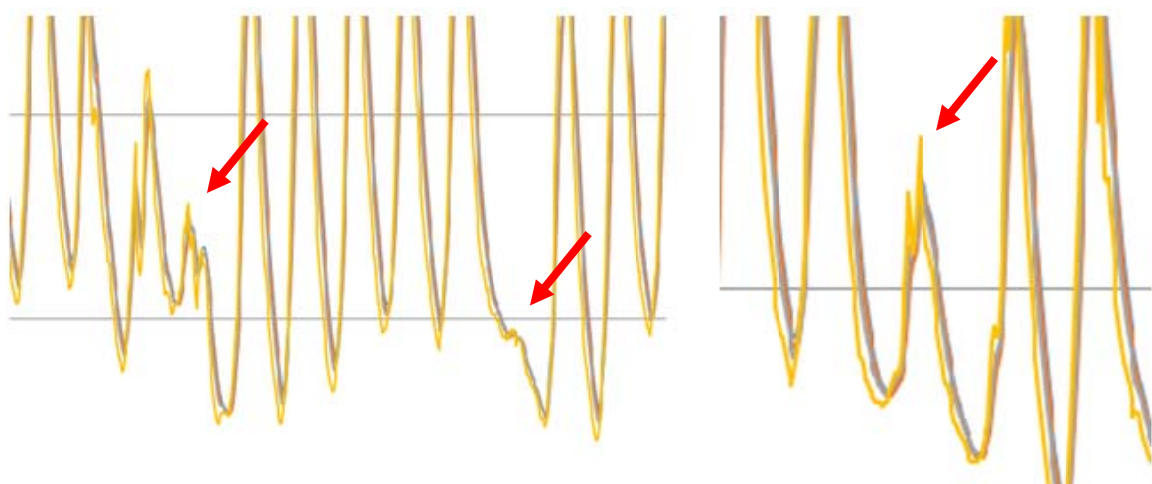
4.2 REZULTATI MERJENJA TEMPERATURE

Graf na sliki 16 prikazuje meritve temperature na oknu 1. Po pričakovanjih je bilo največje nihanje temperature zaznано najgloblje v okenskem profilu oziroma najbližje zunanji površini profila.

Nihanje na grafu pripisujemo ciklu dneva in noči. Najvišje temperature na grafu, nastanejo sredi popoldneva, ko sonce močno sije na okno. Takrat so tudi razlike med temperaturami na različnih globinah največje. Na označenih območjih vidimo znižanje temperatur, to je zaradi hladnega in deževnega časa merjenja. Območja hladnih temperatur so trajala 9. 6. 2016, 27. 6. 2016 in 3. 7. 2016. Vidimo tudi, da se temperatura na grafu postopoma zvišuje, kar lahko pripisujemo prehodu iz hladnejših na toplejše dni.



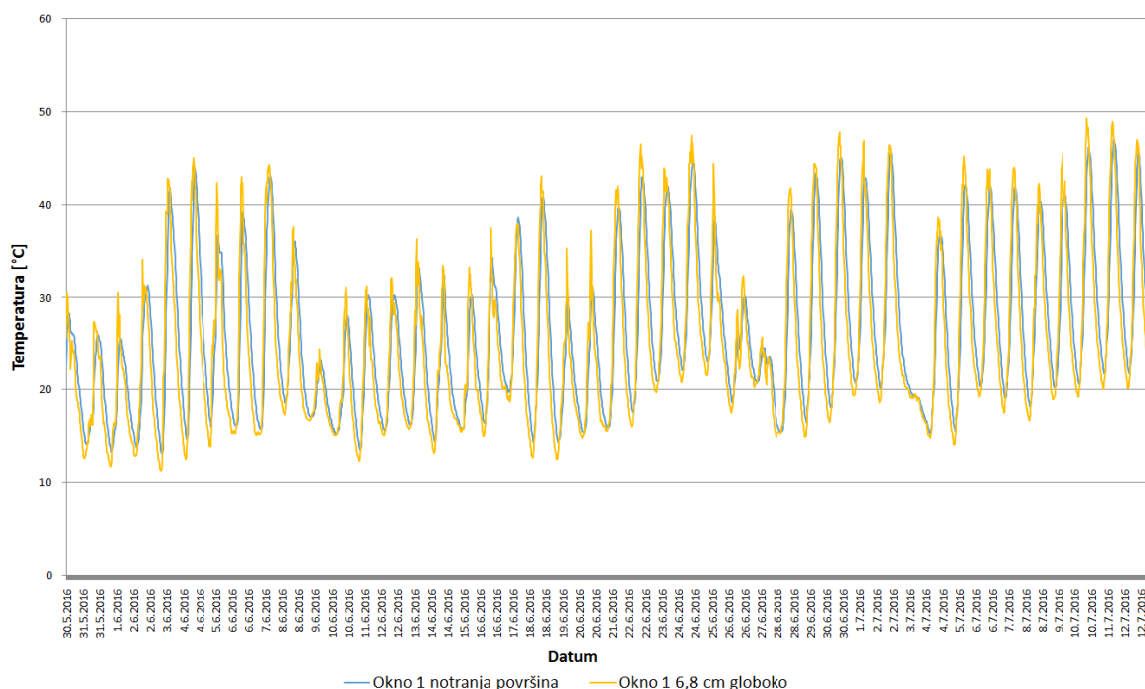
Slika 16: Grafični prikaz vrednosti temperatur pri Oknu 1



Slika 17 Območja hladnih temperatur

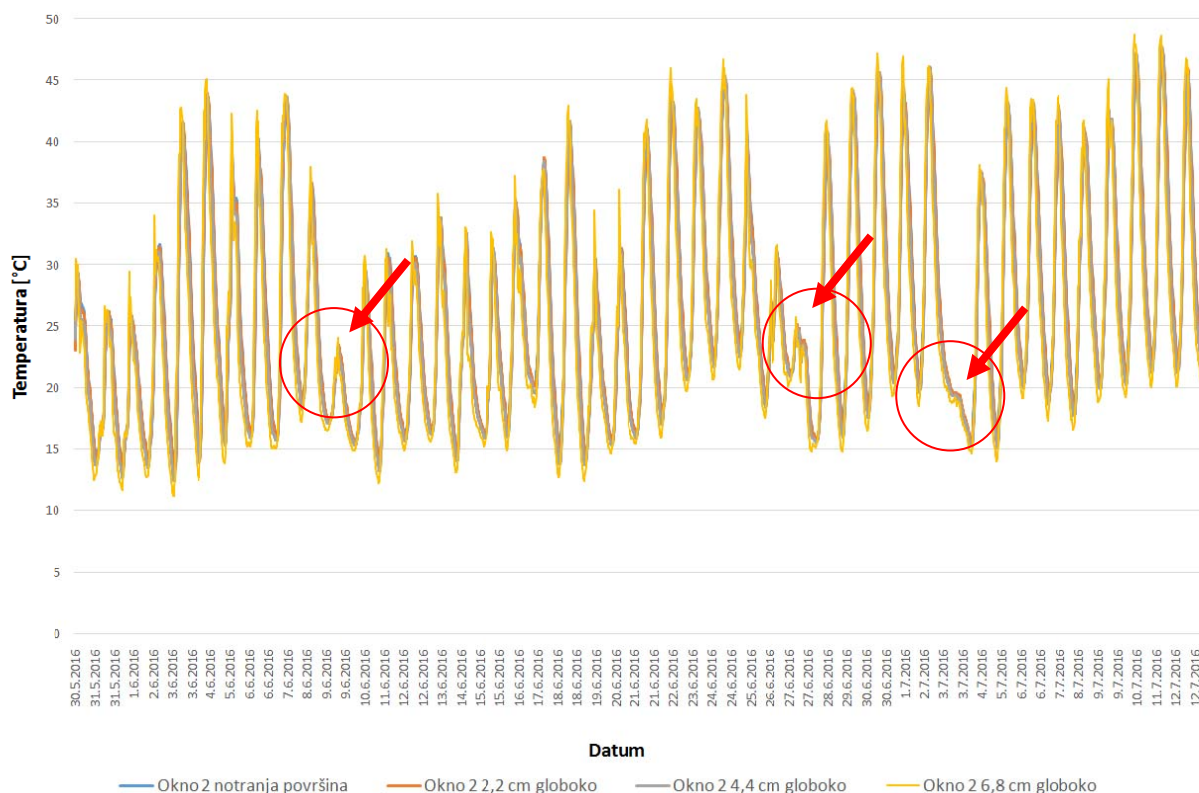
V naslednjem grafu (slika 18), vidimo razliko med delom profila, ki je najbližje zunanji površini in notranjo površino okna.

Tukaj je razlika največja, iz grafa je vidno da ima oranžna črta večjo amplitudo. Razlika je odvisna od meritve in je okoli 3 °C do 6 °C. Vidi se da je razlika med meritvami večja pri višjih temperaturah kot pri nižjih.



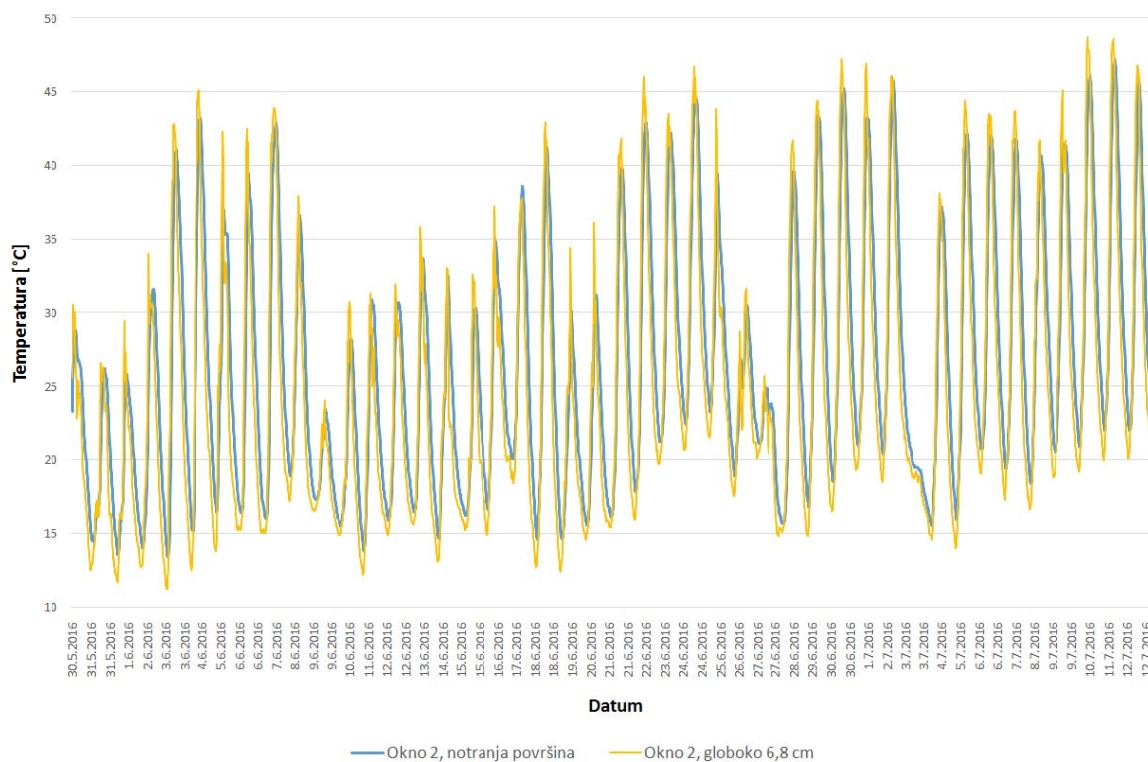
Slika 18: Grafični prikaz temperaturne razlike med notranjo površino okna in 6,8 cm globoko pri Oknu 1

Podobno kot pri oknu 1, je tudi pri oknu 2 najvišja razlika med temperaturami v najglobljem delu merjenja in na notranji površini okna (slika 19). Na območjih, ki so označena vidimo znižanje temperatur, kar je posledica hladnih in deževnih dni. Območja hladnih temperatur so trajala 9. 6. 2016, 27. 6. 2016 in 3. 7. 2016.



Slika 19: Grafični prikaz vrednosti temperatur pri Oknu 2

Na sliki 20 se vidi, razliko med najglobljim delom in notranjo površino okna 2. Razlika med najglobljim delom okna in notranjo površino je od 3 °C do 6 °C.

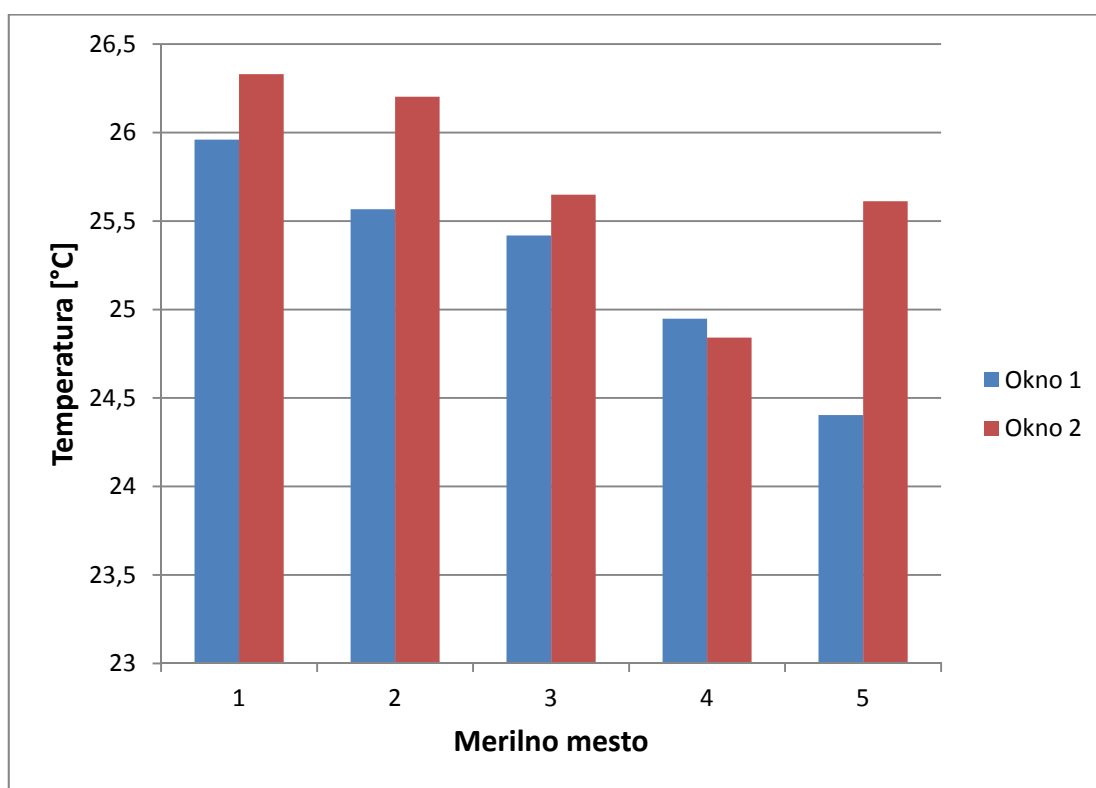


Slika 20: Grafični prikaz temperaturne razlike med notranjo površino okna in 6,8 cm globoko pri Oknu 2

Kot vidimo na sliki 21, ki prikazuje povprečne temperature pri obeh oknih na vseh pozicijah, ima okno 2 višje temperature na vseh pozicijah, kar pomeni da ima boljšo toplotno izolativnost. To je lahko posledica različne vlažnosti ali gostote lesa. Za potrditev bi bile potrebne podrobnejše analize lesa na lokacijah meritev temperature.

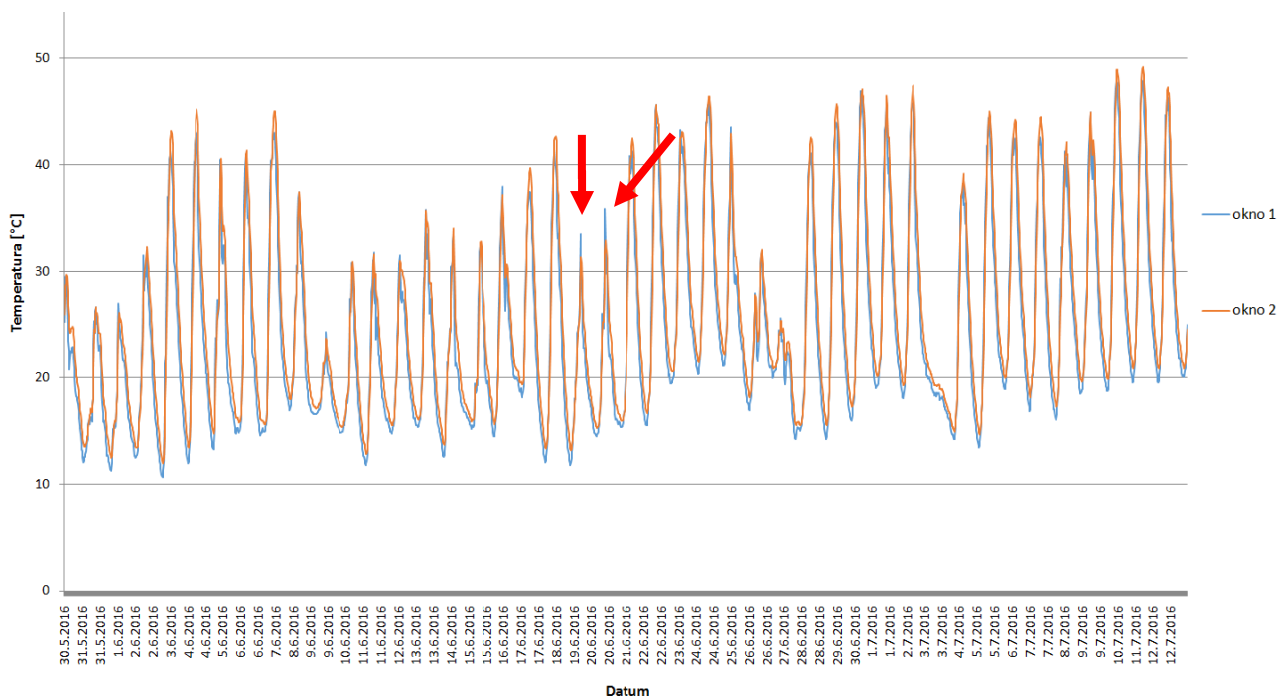
Razlika temperature pri poziciji 1 je 0,4 °C, razlika pri poziciji 2 je 0,7 °C, razlika pri poziciji 3 je 0,2 °C. Razlika pri poziciji 4 je skoraj zanemarljiva in je 0,1 °C. Pri poziciji 5 imata okni zelo primerljive temperature, saj zaradi bližine zunanje površine ni veliko lesa, ki bi predstavljal oviro za prehod temperatur. Največja razlika je na poziciji 5, ki se nahaja na lokaciji poleg odkapne letve. Razlika je 1,2 °C.

Okno 1 ima aluminijast profil odkapnika v stiku z lesom in ker je aluminij dober toplotni prevodnik, se nizka zunanja temperatura prenaša precej intenzivneje do te lokacije kot pri oknu 2, ki odkapnega profila nima tako globoko in ni v stiku z lesom.



Slika 21: Primerjava povprečnih vrednosti pri temperaturi za vsako pozicijo

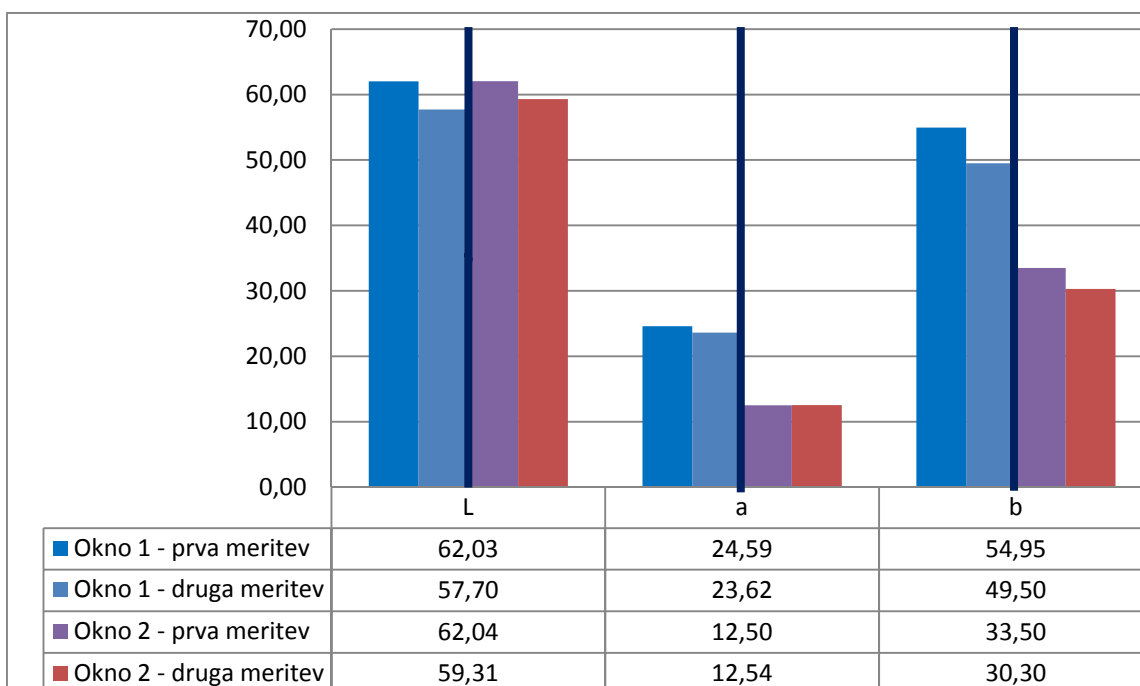
Na sliki 22 je še dodatno prikazana temperaturna razlika na poziciji 5 med obema oknom. Iz grafa je razvidno, da je pri oknu 1 temperatura vedno nižja pri nizkih zunanjih temperaturah in višja, ko aluminijast odkapni profil segreje sonce in se ta temperatura ustrezno prenaša v notranjost okenskega profila (npr. meritev 19. 6. 2016 in meritev 20. 6. 2016).



Slika 22: Grafični prikaz primerjave pozicije 5 med oknom

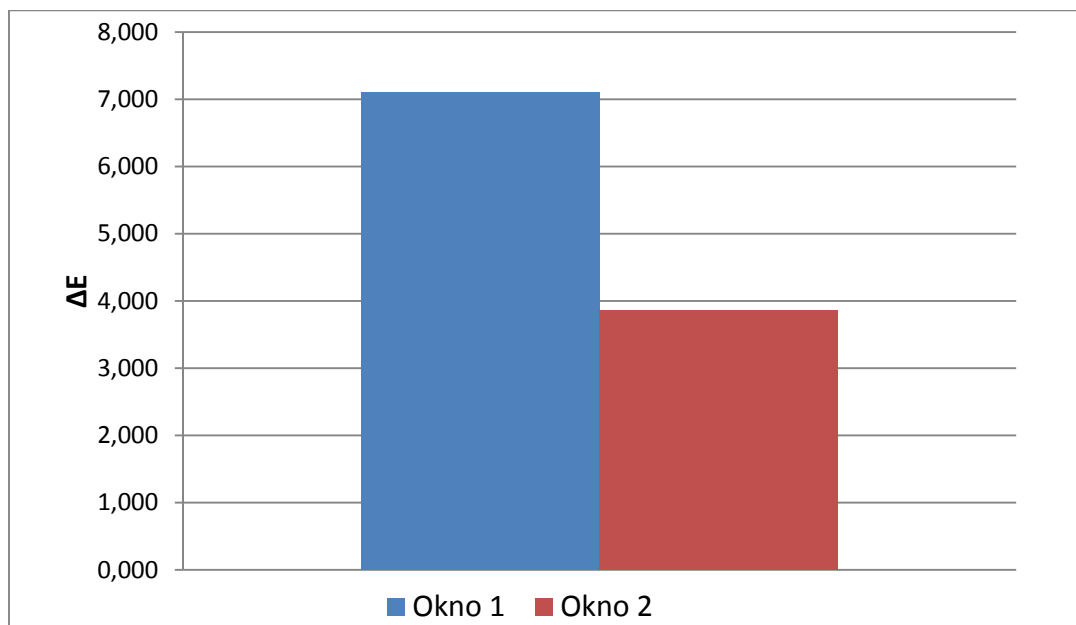
4.3 SPREMEMBE BARV ZUNANJE POVRŠINE OKEN

Na podlagi grafov na sliki 23, ki prikazuje povprečne vrednosti meritev, lahko vidimo, da se L pri oknu 1 zmanjša skoraj za 5 enot, kar pomeni, da je barva potemnila. Pri Oknu 2 se L spremeni za malo manj kot 3, iz tega vidimo da je potemnenje intenzivnejše pri Oknu 1. Pri obeh oknih se dimenzija barve "a" praktično ne spremeni, vidimo pa da je a^* manjši pri Oknu 2 kar pomeni, da je okno bolj zelenkasto oz. je okno 1 bolj rdeče (oranžen ton okna). Dimenzija barve "b" se pri Oknu 1 zmanjša za 5 kar pomeni, da je barva malenkost pomoderla, medtem ko se pri Oknu 2 zmanjša za 3. Iz teh podatkov lahko sklepamo da ΔE pri oknu 1 večja, kar pomeni, da je bila sprememba barve večja.



Slika 23: Grafični prikaz spremembe barvnih koordinat

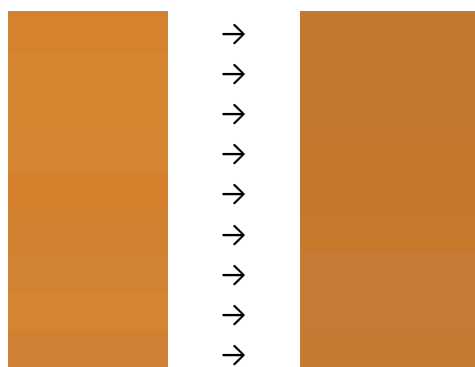
Na podlagi sprememb posameznih komponent CIE L*a*b* sistema smo izračunali ΔE (Slika 24). Opaziti je, da so barvne spremembe okna 1 intenzivnejše kot pri oknu 2, kar je lahko tudi posledica različnega odtenka barve in ne nujno kakovosti premaza.



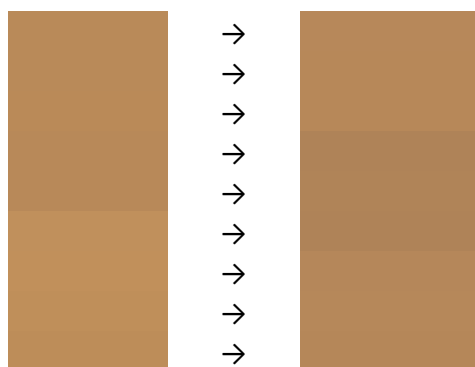
Slika 24: Grafični prikaz primerjave ΔE med oknima

Spodaj so še primerjave izmerjenih barv na različnih pozicijah na zunanji površini okenskih profilov pri obeh oknih.

Spremembe barv pri oknu 1:



Spremembe barv pri oknu 2:



5 SKLEP

Namen diplomskega projekta je bil primerjanje lastnosti med lesenima oknom z moznično in čepno vezjo. Primerjali smo spremembo vlažnosti, za razširitev raziskave pa smo merili tudi temperature in barve. Okna so bila testirana v Ljubljani, na Terenskem polju Biotehniške fakultete, Oddelka za lesarstvo.

Rezultati meritev lesne vlažnosti nam kažejo, da razlika povprečnih vlažnostih v lesu ni velika, vendar se vidi da se lesna vlažnost vseh delov na Oknu 1 postopoma zvišuje. Pri Oknu 2 je bil razpon lesne vlažnosti večji, vendar rezultati kažejo, da se lesna vlažnost na merilnih mestih postopoma izenačuje in se ne veča. Največja razlika je bilo pri merjenju lesne vlažnosti v neposredni bližini aluminijaste odkapne letve, saj ima Okno 1 aluminijasti profil v stiku z lesom, kar povzroči razlike v temperaturi v lesu in lahko prihaja do lokalnega kondenza. Druga možnost je, da zaradi spremembe temperature, ki jo povzroči aluminijast profil, lahko pride do razlik merjenja vlažnosti. Razlike v lesni vlažnosti niso velike zaradi kratke izpostavitve oken. Predvidevamo, da se bodo ob daljši izpostavitvi, začele pojavljati večje razlike.

Meritve temperatur v okenskem profilu kažejo, da so temperature pri Oknu 2 večje kot pri Oknu 1. To pomeni, da je Okno 2 bolj izolativno. Razlog za razlike je lahko razlika v gostoti ali vlažnosti lesa. Za potrditev bi bilo treba izvesti dodatne raziskave. Največje razlike se pojavijo pri poziciji 5, kjer je odkapna letev. To lahko nastane zaradi postavitve aluminijastega profila odkapnika. Pri Oknu 1 je v stiku z lesom kar pomeni, da aluminij, ki je dober prevodnik toplote, prenaša svojo temperaturo na les. Pri Oknu 2 je aluminijast profil odkapnika postavljen na plastična držala in je prevajanje temperatur manj intenzivno.

Pri merjenju barv, smo ugotovili da sta obe okni potemnili. Rezultati kažejo tudi, da je sprememba barve (ΔE) pri Oknu 1 večja, pri čemer pa je potrebno meniti, da sta se tona barve med sabo razlikovala in da sprememba zelo verjetno ni povezana s kakovostjo premaza.

Z meritvami bomo nadaljevali tudi v prihodnje. V testni objekt bomo dodatno namestili grelna telo, ki bo omogočalo spremljanje temperaturnih razlik tudi v zimskih mesecih.

6 POVZETEK

Kot vsak lesni izdelek ima tudi okno svojo življenjsko dobo. Ker hočemo, da je življenjska doba okna čim večja moramo poznati pogoje v katerih se leseno okno uporablja, lastnosti lesenega okna in lastnosti lesa samega. Dobre lastnosti lesa so, da je les naraven material, ki je obnovljiv in okolju prijazen. Les je podvržen razkroju, razkrajajo ga biotski dejavniki kot so glive, insekti in bakterije ter abiotski dejavniki kot so UV svetloba, dež in zrak. Največji razlog za propad lesenih oken so glive in UV svetloba. Lesne glive potrebujejo za svoje delovanje visoko vlažnost v lesu. V raziskavah smo poskušali ugotoviti ali pride do razlik v vlažnosti v lesenih okenskih profilih med dvema različnima lesenima vezema – čepno in moznično. Z namenom razširjenja raziskave, smo dodali zraven še merjenje sprememb temperature v okenskih profilih in spremembe barv na zunanji površini okna. Ugotovili smo, da razlike med lesnimi vlažnostmi niso velike, zaradi kratke izpostavitve oken, da pa se način navlaževanja in sušenja lesa razlikuje. Pri merjenju temperature so bile razlike večje, kar je povezano z načinom vgradnje aluminijastega odkapnika na spodnjem okenskem okvirju. Dodatne raziskave gostote in vlažnosti lesa bi bile potreben za analizo temperatur na ostalih lokacijah okenskih profilov. Razlike so bile tudi v intenziteti spremembe barv, kar pa je najverjetneje posledica razlike v odtenku barve in ne v sami kakovosti premaza.

7 VIRI

ARSO. 2016. Padavine.

http://www.arso.gov.si/vode/publikacije%20in%20poro%C4%8Dila/Vodno_bogastvo_1padavine.pdf (9.9.2016)

Brischke C., Bayerbach R. in Rapp A. O. 2006. Decay-influencing factors: A basis for service life prediction of wood and wood-based products. Wood Material Science and Engineering. 2006, 1: 91—107

Color Meters and Appearance Instruments Information . 2016

http://www.globalspec.com/learnmore/manufacturing_process_equipment/inspection_tools_instruments/color_appearance_instruments (14.8.2016)

Color Measurement Device Easy Co 566. 2016

<https://www.erichsen.de/surfacetesting/colorimetry/color-measuring-device-easyco-566> (14.8.2016)

The Collection UK. 2016. References.

<http://copperconcept.org/en/references/collection-uk> (14.8.2016)

Čufar K. 2006. Anatomija lesa. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 185 str.

Čufar K. 2008. Lastnosti izbranih lesnih vrst za gradnjo. V: Gradnja z lesom - izziv in priložnost za Slovenijo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 74 - 77

Dowel. 2016.

<https://en.wikipedia.org/wiki/Dowel> (16.8.2016)

EN 13183-1. Moisture content of a piece of sawn timber. Determination by oven dry method. 2013: 35 str.

Gorišek Ž., Geršak M., Velušček V., Čop T., Mrak C. 1994. Sušenje lesa.

Ljubljana, Lesarska založba, Zveza društev inženirjev in tehnikov lesarstva Slovenije: 235 str.

Grobovšek B. 2016. Prednosti in slabosti PVC oken.

<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT62.htm> (28.7.2016)

Helios. 2016. Zaščita lesa pred zunanjimi vplivi.

<http://www.soncne-barve.si/slo/barve-za-les/lazure/zascita-lesa> (30.7.2016)

Humar M. 2010. Patologija lesa z osnovami zaščite. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta. Študijsko gradivo – izročki.

- Jelovica. 2016. Vprašanja o lesenih oknih
<http://www.jelovica-okna.si/vprasanja-o-lesenih-oknih.html> (1.8.2016).
- Lesar B., Humar M., Oven P. 2008. Dejavniki naravne odpornosti lesa in njegova trajnost.
Les, 60, 11/12: 408 - 414
- Mik Celje. 2016. Katera okna so primerna za vaš dom
<http://www.deloindom.si/katera-okna-so-primerna-za-vas-dom> (26.7.2016)
- Metode določevanja lesa.
http://les.bf.uni-lj.si/uploads/media/3_METODE_DOLOCEVANJA_VLAZNOSTI_LESA.pdf
(31.7.2016)
- Mizarstvo Kovač d.o.o. 2016. Lepljenci.
http://www.mizarstvo-kovac.com/2011/?page_id=87 (12.8.2016)
- M Sora. 2015. Več o mozničeni vezi.
<http://www.m-sora.si/si/files/default/novice/moznicena-vez-m-sora-oken.pdf>
(11.8.2016)
- Pečenko G. 1987. Zaščita lesa v praksi. Ljubljana, Zveza društev inženirjev in
tehnikov gozdarstva in lesarstva Slovenije: 221 str.
- Pohleven F. 2008. Konstrukcijska zaščita lesa pred škodljivci. V: Gradnja z lesom – izziv
in priložnosti za Slovenijo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo:
96–100
- Posavec R. 2012. Uvajanje kontinuiranega spremljanja vlažnosti impregniranega lesa
v zunanjih pogojih. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška
fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 70 str.
- SIST EN 335/1,2. Trajnost lesa in lesnih proizvodov – Definicija uporabnosti
razredov – 1. in 2. del. 2006: 23 str.
- SIST EN 350-2. Razvrstitev lesnih vrst v odpornostne razrede. 1994: 42 str.
- Scanntronik Mugrauer GmbH. 2014. Material MoistureGigamodule.
http://www.scanntronik.de/English/Produkt_Materialfeuchte_Gigamodul_eng.php
(10.8.2016)
- Vranjek M. 2009. Površinska obdelava in zaščita lesa. Ljubljana, Maribor, Lesarska šola
Maribor, Zavod IRC: 64 str. http://www.impletum.zavod-irc.si/docs/Skriti_dokumenti/Povrsinska_obdelava_in_zascita_lesa-Vranjek.pdf
(12.8.2016)

Vremensko društvo ZEVS. 2016

<http://forum.zevs.si/index.php/board,11.0.html> (11.8.2016)

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju, prof. dr. Mihi Humarju za vodenje in pomoč pri izdelavi diplomskega projekta. Zahvaljujem se tudi somentorju dr. Alešu Ugovšku za veliko pomoč pri izdelavi diplomskega projekta in doc. dr. Boštjanu Lesarju za opravljeno recenzijo.

Hvala tudi vsem sodelavcem na Katedri z tehnologijo lesa na Oddelku za lesarstvo, ki so mi pomagali pri postavljanju in urejanju testnih oken.