



Sveučilište u Zagrebu – Šumarski fakultet
**Povećanje konkurentnosti hrvatske industrije
 drvenih podova na EU tržištu**

Sufinancirano iz Europskog fonda za
 regionalni razvoj Europske unije

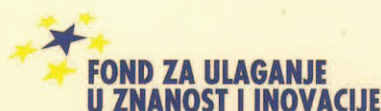
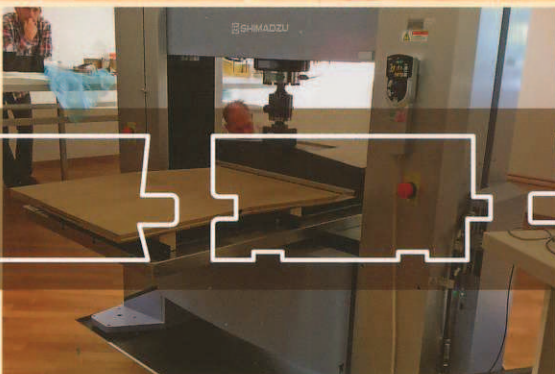
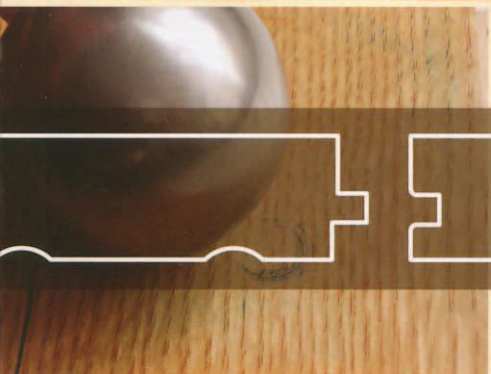
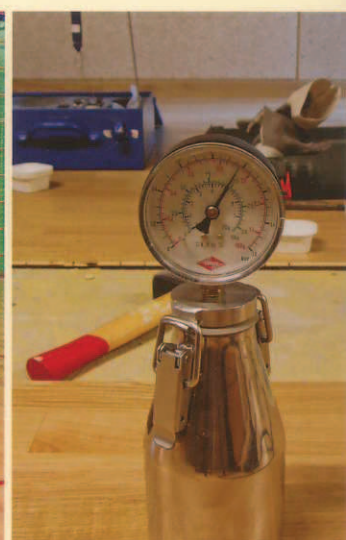
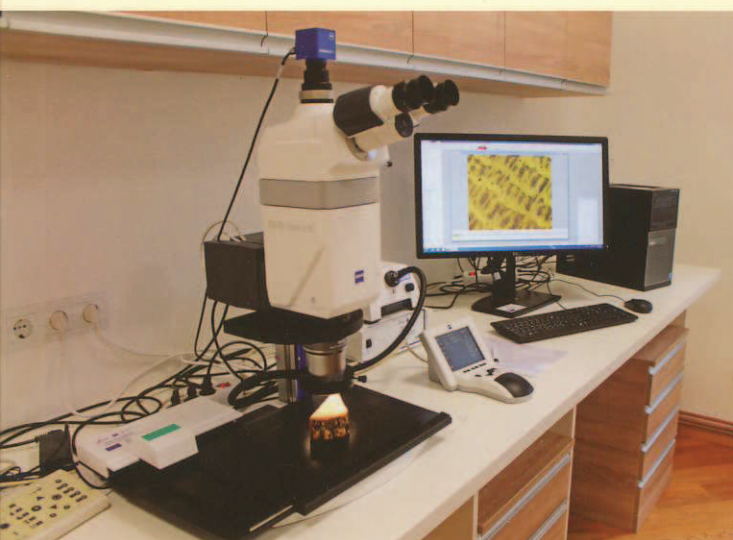


Europska unija
 "Ulaganje u budućnost"



Vještina izvedbe drvenih podova – iskustva iz prakse

Brošura br. 2/2015.



LDG –
 Stručna biblioteka

Povećanje konkurentnosti hrvatske industrije drvenih podova na EU tržištu

Sveučilište u Zagrebu - Šumarski fakultet

Projekt je sufinancirala Europska unija iz Europskog fonda za regionalni razvoj

“Ulaganje u budućnost”

Projekt vrijedan 473.579,09 eura sufinancira
Europski fond za regionalni razvoj s 81,02%.
Trajanje projekta je od 03.04.2013. do 02.10.2014.



Europska unija

Strukturni i
investicijski fondovi



Operativni program:
Konkurentna Hrvatska



Fond za ulaganje
u znanost i inovacije



Ministarstvo znanosti,
obrazovanja i sporta



Projektni partneri:
Tehničko sveučilište u Grazu



Innovawood



Biotehnički fakultet u Ljubljani



Korisnik projekta:
Sveučilište u Zagrebu – Šumarski fakultet
Laboratorij za drvo u graditeljstvu



UVODNIK - Vještina izvedbe drvenih podova - ISKUSTVA IZ PRAKSE

Ova brošura predstavlja objedinjeno izdanje zbirke slučajeva iz parketerske i podopolagačke prakse. Izdanje je potaknuto važnošću svijesti stručnjaka i izvođača o svim „začkoljicama“ fizikalnih odnosa drvnih proizvoda, drugih građevnih materijala na podu i mikroklimi u prostoru koje mogu nepredvidivo utjecati na kakvoću izvedbe poda.

Zbirku tekstova donosimo zbog očitog nedostatka stručne literature u području izvođenja drvenih

podova, te zbog velikog interesa svih uključenih profesionalaca – drvnih tehnologa, podopolagača i građevinara - za štivo ovoga područja. Osim toga, pokazalo se da prikazivanje specifičnih slučajeva iz prakse uvelike doprinosi smanjenju broja reklamacija, smanjenju broja nezadovoljnih korisnika drvenih podova te poslovne uspješnosti proizvođača podova i podopolagača.

Zbirku izdajemo u želji da doprinese povećanju povjerenja u dr-

vo - taj plemeniti i dobri prirodni građevni materijal. Nadamo se da tekstovi neće ostaviti dojam o problematičnosti primjene drva za podove, nego naprotiv – o tome da svi uključeni stručnjaci imaju znanja i vještine da preveniraju i otklone moguće tehničke probleme. Željeli bismo da korisnici, arhitekti i planeri uvide prednosti i atribute drva na podovima, kako bismo promovirali njegovu širu primjenu.

LDG tim



SADRŽAJ

- 02 Greške terasastih podova - ekspertiza sudskog vještaka**
Prof.dr.sc. Hrvoje Turkulin
- 06 Parketni pod od pregrijane bukovine**
Prof.dr.sc. Hrvoje Turkulin
- 10 Ljuštenje parketnog laka**
Prof.dr.sc. Hrvoje Turkulin, Martina Podbršček, dipl.ing.
- 14 Troslojni parket u uvjetima povećane vlage**
Prof.dr.sc. Hrvoje Turkulin
- 18 Sanacija poplavljenoga parketa**
Prof.dr.sc. Hrvoje Turkulin
- 20 Dimenzijska i oblikovna stabilnost laminata - iskustva iz prakse**
Prof.dr.sc. Hrvoje Turkulin
- 24 "Štikleci" iz prakse**
Prof.dr.sc. Hrvoje Turkulin
- 31 Pojava "pikica" na sjajnim ploham poliuretanskih lakova za parket**
Prof.dr.sc. Hrvoje Turkulin, Martina Podbršček, dipl.ing.
- 36 Hod po vodi - vanjske konstrukcije od drveta**
Prof.dr.sc. Hrvoje Turkulin

Greške terasnih podova

Ekspertiza sudskog vještaka

Prof.dr.sc. Hrvoje Turkulin

U ovom ćemo članku nastojati prikazati problem koji se javlja kod uporabe drva u vanjskim uvjetima, te analizirati razloge njegova nastanka i načine otklanjanja. Opisana situacija na zgradi uglavnom se odnosi na zatečeno stanje kod pojave grešaka. Nakon analize provedena je i sanacija prema predloženom rješenju, pa ćemo prikazati i uspješnost zahvata popravka.

Predmet analize su vanjske podne obloge – stubišta, balkoni i terase (tzv. “deking”) od drvenih dasaka velikih dimenzija, u približnoj kvadraturi od 300 m², ugrađene na apartmanskoj kući na lokaciji u primorskom podneblju Hrvatske. Radi se o apartmanskom objektu na kojem je velika površina dviju etaža (vanjskih

podova prostora ulaznog podesta u prvoj (sjevernoj) etaži, te terasa u doljnoj – vrtnoj (južnoj) etaži) izvedena vrlo trajnom i stabilnom vrstom drva lpe lapacho. Na spomenutom objektu su polovinom kalendarske godine (između polovice lipnja i srpnja) postavljene vanjske drvene obloge prve klase kvalitete, dimenzija

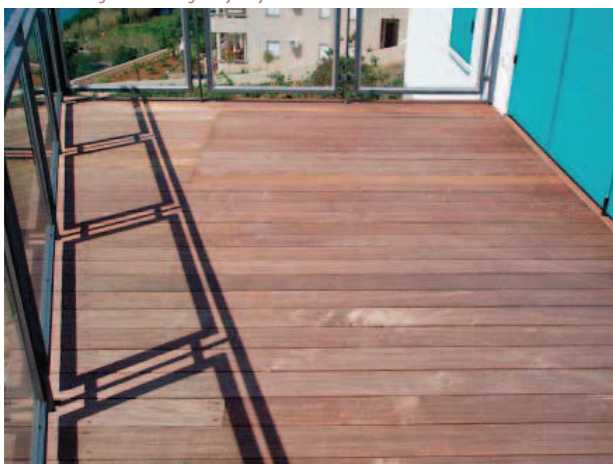
115 x 1600- 3000 x 20 mm, uglavnom polutangentne i tangentne teksture, površinski protuklizno užljebljene na licima. Obloge su izvedene usporednim polaganjem po širinama od preko 4 m. Postavljanje je izvedeno na betonsku podlogu uvijanjem poprečnih pruga brezove vodootporne furnirske ploče (slika 5) te lijepljenjem podnih dasaka građevinskim bezvodnim poliuretanskim gumenim ljepilom. Iako su po projektu reške gazne plohe trebale biti otvorene, izvođač poda ih je zapunio brtvenim kitom za palube. Predmet ove ekspertize je, dakle, analiza stanja obloga i utvrđivanje razloga deformacija – koritavljenja i izvijanja, uz mjestimično odizanje dasaka i odvajanja od podloge, koje se dogodilo tijekom prve zime u uporabi.



Slike 1a i b. Pogled na terasu (lijevo) i vrta (desno). Mjestimične duge reške nastaju bubrenjem obložne plohe po cijeloj širini poda, prekomjernim bočnim tlakom i izdizanjem pojedinih dasaka (strelice).



Slika 2 a i b: Izgled saniranog stanja objekata sa slika 1 a i b



Slika 2 b





Slika 3 a i b: Čeonu rub oplošja terase :Lijevo (slika) se vidi da se daske koritave bridovima prema gore a podgled zatvara ventilaciju podstloja. Desno se vidi uspješno sanirano stanje.

Mjerenja i nalaz

Pregled je izvršen na objektu u veljači, a pritom su načinjena i osnovna mjerenja. Zbog nepopravljivih grešaka proveli smo otvaranje poda, tako da se ova ekspertiza zasniva na površinskim mjerenjima i na mjerenju izuzetih uzoraka. Mjerenje je izvršeno elektrootpornim instrumentom za mjerenje vlage drva i građevinskih materijala, mjerenjem relativne vlažnosti i temperature zraka, temperature poda, sadržaja vode dasaka i njegovoga gradijenta (raspodjele) po debljini.

Lapacho (latinski *Tabebuia* spp.) je vrsta drva deklarirane izuzetne prirodne otpornosti, velike tvrdoće i dobre dimenzijske stabilnosti nakon što se osuši na zraku sadržaj vode (ca 15 %). Kakogod, uspo sredno postavljanje ima, čak i kod stabilnih vrsta drva, negativnosti izraženijeg rizika posljedica bubrenja i utezanja drva pri normalnim godišnjim promjenama relativne vlažnosti zraka, a naročito u vanjskim uvjetima djelomične ili potpune izloženosti kiši (slika 1 a i b), te posljedičnog ravnotežnog sadržaja vode drva. Kako je drvo isporučeno sa sadržajem vode od 10 % a ravnotežni sadržaj vode u uporabi je iznad 15 %,

bilo je za očekivati da će drvo bubriti, naročito na izravno zapljuskivanim ploham.

Podne daske su svugdje više ili manje iskoritavljene bridovima prema gore, s time da su deformacije izraženije na južnim ekspozicijama – koritavljenje je jače na katu, a bubrenje i distorzija na vrtnim terasama (slike 1, 3 i 4). U trenutku pregleda, u natkrivenom ulazu prizemlja, na površini dasaka je izmjerena temperatura od 5 °C. Svugdje je izmjeren niži sadržaj vode na površini nego na naličjima dasaka, s time da je gradijent (a time i koritavljenje uslijed neuravnoteženog bubrenja) veće na katovima (slike 1 i 3) nego na vrtnim terasama (slika 4). Na podestu ulaza gornja je strana suhlja nego na nenatkrivenim ploham, a površinski sadržaj vode iznosi 13 do 15%. Na naličju, međutim, gdje se voda skuplja a ne može izaći, sadržaj vode je skoro 30%, ta je zona prekomjerno nabubrena, pa je koritavljenje tako izraženo da ukida normalnu funkcijsku vrijednost podova (slike 7a i b). Na drvu vrtnih terasa je gradijent vlage po poprečnom presjeku manji, ali su površine vlažnije, tako da sadržaj vode površine iznosi oko 15% a naličja dasaka oko 19%. Mjestimično su daske vrtnne konstrukcije i podložna furnirska ploča bile potpuno mokre (iznad 40%, znači potpuno napojene).

Nepoštivanjem uzanci fizičke i konstrukcijske zaštite građevnog drva načinjene su dvije greške koje dovede do šteta: drvo je stavljeno u kontakt sa tlom, te je onemogućeno ravnomjerno otjecanje vode i isušivanje podkonstrukcije podova. Pri tome je stanje pogoršano zapunjavanjem reški kitom, čime je intenzivirano nakupljanje vode u podstloju i onemogućeno njeno isparavanje kroz reške.

Podovi se nisu smjeli izvoditi uvijenjem poprečnih pruga izravno u beton, jer je time onemogućeno otjecanje vode padom cijele plohe na van. Podlaganjem ovih poprečnih pruga (pločicama od vodootporne furnirske ploče, građevinske gume, metala ili trajne vrste drva kao što su lapacho, bagremovina i sl.) omogućilo bi se otjecanje vode prema van. Ovako se voda zadržava na kaskadama poprečnih pruga (slike 5) te prekomjerno vlaži naličja obložnih dasaka.

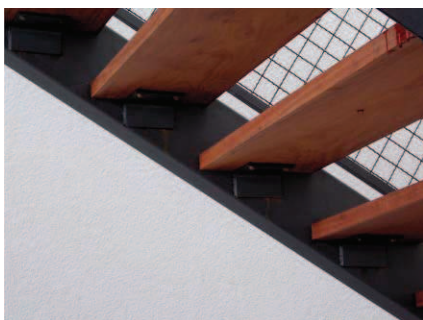
Podovi se nisu smjeli izvoditi bez ventilacijskih otvora za naličje, tj. zatvaranjem čelnih krajeva podgledom (slika 3), stavljanjem do sloja zemlje (slika 4) i sučeljavanjem dasaka s pročeljem i pragovima vrata (slika 1 a i b). Potkonstrukcija se mora ventilirati ulaskom zraka na jednoj i izlaskom na drugoj strani, tako da čak i bez strujanja uslijed djelovanja vjetera i zagrijava-

Slika 4. Detalj oplošja vrtno terase pokazuje nastavno spajanje prekratkih komada i zarazu gljivama u kontaktu s tlom (strelica).



Slika 5: Detalj otkrivene potkonstrukcije terase: pruga vodootporne furnirske ploče s nanosom gumenog ljepljiva uvijena izravno u beton (strelica) i adhezijski lom na drvu obloge (gore desno)





Slika 6: Pogled odozdo na stube, otvorene sa svih strana, koje ne iskazuju nikakve deformacije



Slika 7 a i b: Na natkrivenome podestu ulaza sadržaj vode drva u zoni pod površinom je 13 - 15 % (lijevo), a dublje, pri naličju dasaka, blizu 30 % (desno).



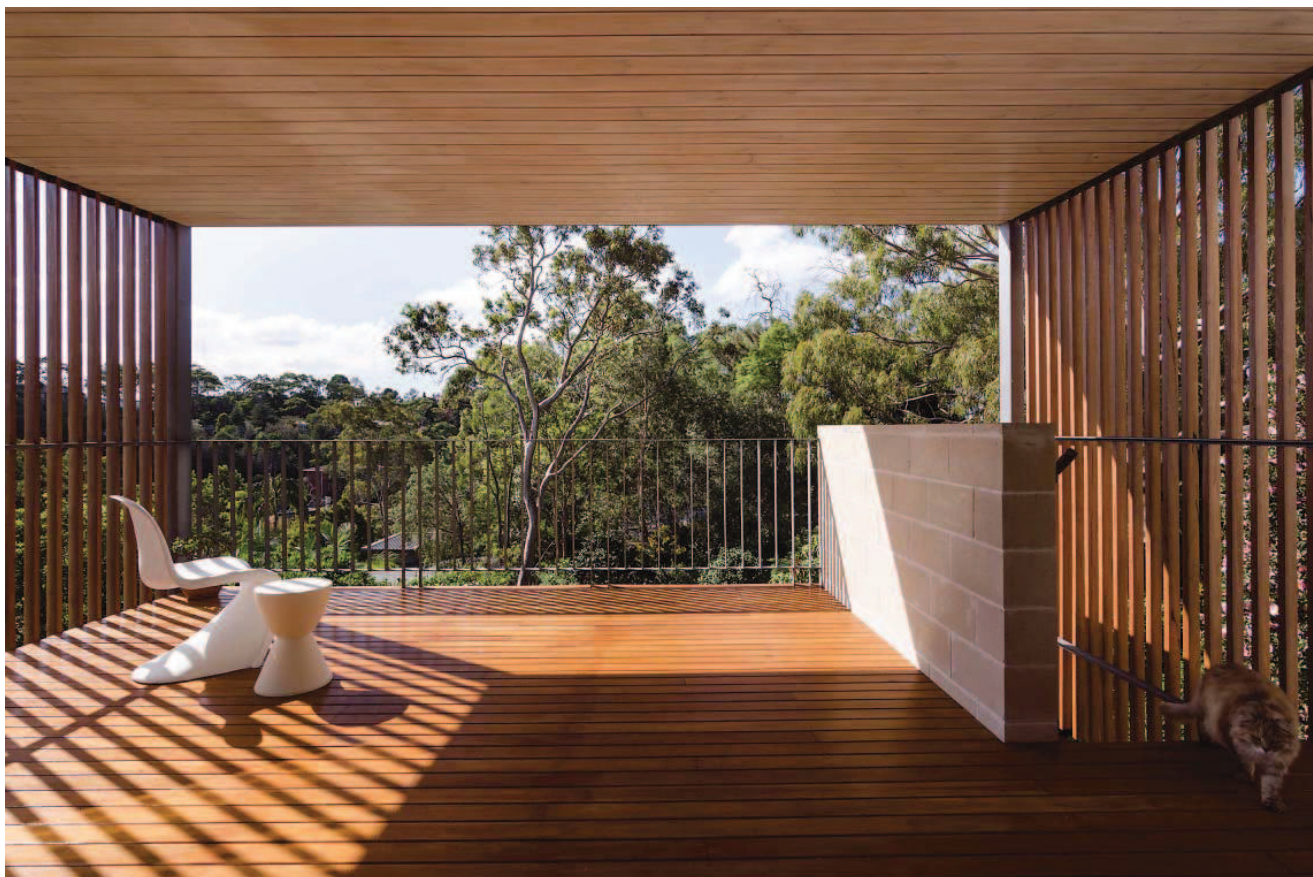
Slika 8: Na vrtnoj terasi sadržaj vode i na površini je dasaka visok, naročito na zamočenim dijelovima, što uzrokuje ekscesno bubrenje, sabijanje kita, vitoperenje i izdizanje dasaka (lijevo)

nja plohe suncem, dolazi do ravnomjernog isušivanja podsloja. Najbolji primjer je natkriveno stubište (slika 6) gdje daske od masivnog drva, skoro četverostruke širine u odnosu na podne daske, nisu ni malo iskoritavljene, jer se ravnovjesno vlaže i isušuju sa svih strana.

Na kraju, uzance pravilne gradnje drvom zabranjuju kontakt drva sa zemljom radi velikog rizika zaraze gljivama truležnicama, pogotovo ako sadržaj vode u razdobljima duljim od 2 tjedna bude veći od 20 % (što je ovdje slučaj). Čak i prirodno trajne vrste drva, kao što je lapacho, nakon jedne zimske sezone iskazuju tragove biološke infekcije, a ovdje je mjestimično očit i razvoj tijela gljiva (slika 4).

Zapunjavanje reški trajnoelastičnim kitom za palube

smatra se opravdanim u slučajevima suhe ugradbe, ugradbe uskih dasaka punoplošnim lijepljenjem ili kod dobre ventilacije podsloja. Zatvaranje reški, naime, ima funkcijsku prednost sprečavanja nakupljanja prijavštine i zemlje između dasaka, koje je nemoguće čistiti ako je pod fiksiran o tlo, kao u ovom slučaju. Ukoliko se pod izvede s dobrom ventilacijom, odobrava se kitanje reški. Kakogod, ovdje se ne preporučuje kitanje kod reparacije, a reške širine 10 mm omogućit će čišćenje podsloja mlazom vode. Naime, prirodno je strujanje ispod horizontalnih ploha podova mnogostruko slabije nego što je to, primjerice, ventilacija vertikalnih drvenih obloga na fasadama. Stoga će ostavljanje reški otvorenima doduše omogućiti prolaz tekuće vode u podsloj, ali ako ta voda može slobodno otjecati, onda će otvorenost reški bitno doprinijeti



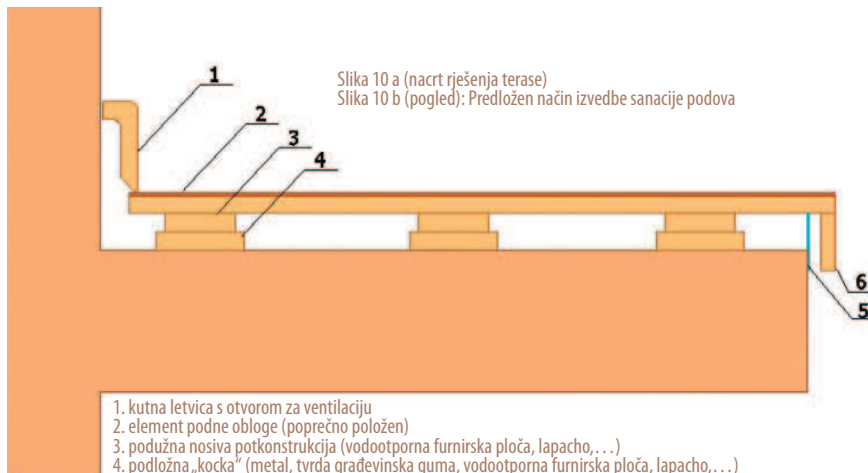


Slika 9:
Koritavost je veća na daskama koje su suhlje na površini nego na dnu (gornja tri odreska) nego na daski s vrtnje terase (doljni odrezak) koja je ravnomjerno, ali jače nabubrila

nastavnom isušivanju cijelog poda. Sigurno je da će sadržaj vode drva u pojedinim periodima godine biti povišen, ali će biti ravnomjeran po debljini pa će posljedice koritavljenja biti mnogo manje.

Stanje se saniralo prema nacrtu na slici 10. Pri tome se vodilo računa da kutna letvica, koja sprečava propadanje veće priljavštine i predmeta u rešku do zida (osim kod praga), ima otvore za ventilaciju, te da maska čela (pokrovna letva) bude odmaknuta barem 40mm. Pokrovna letva treba se montirati uvijanjem, da se može skinuti kod čišćenja podkonstrukcije. Da se spriječi gniježđenje insekata, otvor ispod te letve može se zatvoriti mrežastom plastičnom trakom.

Za plohe terasa vrtova morala bi se provesti kompletna sanacija, izdizanjem podova, izvedbom novih podova pri čemu se moralo osigurati a) dovoljan pad betonske osnove, b) mogućnost otjecanja vode niz beton podlaganjem poprečnih montažnih pruga, c) debljinu zračnog podsloja najmanje dvostruke debljine obložnih podnih dasaka, d) ventilaciju prolaskom zraka svih čelnih ploha. Pri tome uvijanje elemenata konstrukcije nekorozivnim elementima predstavlja bolje rješenje od građevinskog lijepljenja, jer to omogućuje kasnija otvaranja poda radi čišćenja, vadenja eventualno upalih manjih predmeta, te izmjene oštećenih elemenata. U tom bi slučaju kitanje reški među



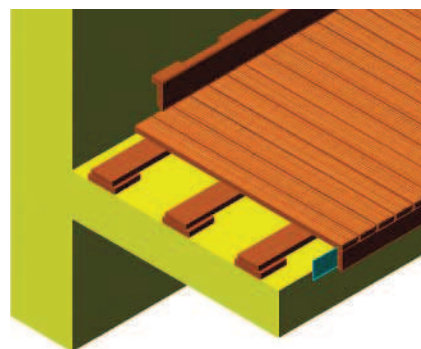
1. kutna letvica s otvorom za ventilaciju
2. element podne obloge (poprečno položen)
3. podložna nosiva potkonstrukcija (voodooporna furnirska ploča, lapacho, ...)
4. podložna „kocka“ (metal, tvrda građevinska guma, voodooporna furnirska ploča, lapacho, ...)
5. mrežica (nekorozivni materijal)
6. pokrovna čelna letvica (lapacho, ...)

daskama gaznog sloja bilo izlišno, štoviše bilo bi nepovoljno sa fizikalnog stajališta.

Zaključak

Iz mjerenja i analize podataka i uzoraka vidljivo je sljedeće:

1. da se može utvrditi da su pri polaganju vanjskih podova primijenjeni materijali odgovarajuće kakovosti za namjenu i odgovarajućeg sadržaja vode
2. da je konstrukcija podova pogrešna u smislu izostanka mogućnosti otjecanja vode iz podsloja, nedovoljne ventilacije podsloja, te stavljanja drva u izravan kontakt sa zemljom. Podopolagač je nastojao spriječiti navlaživanje podkonstrukcije kitanjem reški, ali je taj zahvat dugoročno neučinkovit i dodatno pospješuje razloge grešaka.
3. da su okolnosti u razdoblju nakon polaganja uvjetovale postupno sve veće navlaživanje, zaostajanje zapretene vode u podsloju i bubrenje daščica uz jake deformacije gaznoga sloja. Greške na podovima vrtnih terasa i balkona su nepopravljive i netolerirajuće, jer je funkcija podova potpuno ukinuta.



Stanje je uspješno sanirano sljedećim zahvatima:

- natkrivene stube, prolaze i ulaze ostavljeni su kakvima jesu, iako bi i ovdje bilo dobro izvesti novu potkonstrukciju s ventilacijom podsloja.
- Sve južne terase (vrtnje i katne) promijenjene su uz primjenu konstrukcijskih mjera predloženih u nalazu: osigurano otjecanje vode iz podkonstrukcije, osigurana ventilacija podsloja, osiguran odmak od zemlje. Provedeno je uvijanje umjesto lijepljenja elemenata i izbjegavanje zatvaranja reški kitom.



Laboratorij za drvo u graditeljstvu
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu



AKREDITACIJA LABORATORIJA HRN EN 17025

Ispitivanja:

- Drvenih podnih obloga
- Površinske obrade drvenih podova
- Ljepila za drvene podove
- Odabranih fizikalnih svojstava drva

Zagreb, Svetošimunska 25

Tel: 01 235 24 54

01 235 24 85

Fax: 01 235 25 31

e-mail: ldg@sumfak.hr

hrvoje@sumfak.hr

- Kontrola podloga i uvjeta ugradbe drvenih podova na zgradama
- Sudska vještačenja, ekspertize, stručna predavanja, seminari

Parketni pod od pregrijane bukovine

Ekspertiza sudskog vještaka

Prof.dr.sc. Hrvoje Turkulin
Ovlašteni sudski vještak drvene tehnologije

U posljednje se dvije godine na našem tržištu široko pojavljuje klasični, masivni parket od pregrijanog („termo-tretiranog“) drva. Taj materijal pokazuje brojne tehničke prednosti za izvedbu podnih obloga i atraktivan izgled, o čemu smo pisali ranije (Korak br. 1/2007). Naročito je važno da pregrijano drvo iskazuje veću stabilnost dimenzija od prirodnog drva. Naopako bi, međutim, bilo vjerovati da se pregrijani parket, zato što je stabilniji, može koristiti u rizičnim uvjetima ugradbe. O tome svjedoči i naš sljedeći primjer.

Uvod

Predmet pregleda bila je podna obloga – parket od pregrijane bukovine - ugrađen u stambenim prostorijama nove urbane vile, gdje se pojavilo koritavljenje parketa bridovima prema gore, te mjestimično odizanje dasaka i odvajanje od podloge.

U spomenutom je objektu izvedena betonska ploča te konstrukcija klasičnog podno-izolacijskog podloja (parna brana, stiropor, PE folija, cementna podna podloga ili namaz (estrih)). Nakon šest ljetnih mjeseci po izradi podloge, u rujnu i listopadu, postavljan je 21mm debeo parket vrste drva bukovine, visoke standard klase kvalitete, dimenzija 90 x 600-

1200mm, bez ikakvih grešaka, uglavnom radijalne i poluradijalne teksture. Bukovina je blago pregrijavana (na 190°C) i poprimila je medeno smeđu boju. Parket je ostavljen u uvjetima neuseljene i negrijane zgrade u kojoj su se još odvijali završni radovi, ali je u razdoblju od polaganja iskazivao greške koritavljenja. Prostor se inače ne grije, a predviđeno je podno grijanje u dnevnim boravcima te konvekcijsko-klimatizacijskim jedinicama bez ovlaživanja u sobama. Greške se nastavljaju i dalje tijekom korištenja prostora, naročito porastom temperatura u lipnju sljedeće godine, te se ispitivanjem trebalo utvrditi razlog i način otklanjanja nedostataka.

Pregled

U skoro svim prostorijama stanova, i na sredinama prostorija i uza zidove, dolazi do greške valovitog deformiranja parketne obloge poprijeko po širini dasaka, pri čemu je parket nabubrio do zapunjavanja dilatacijskih zazora, mjestimično upire o zidove (slika

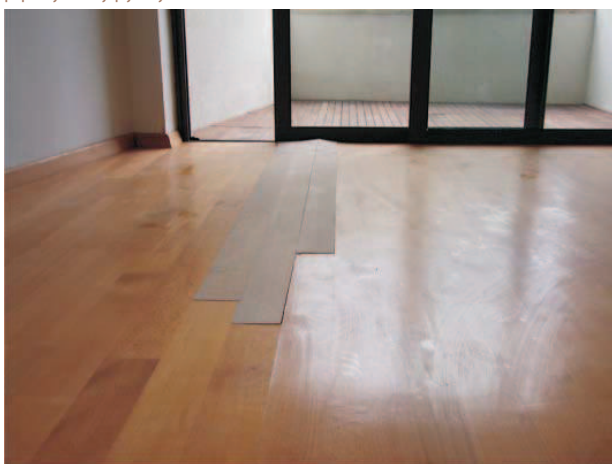
3 i 5) i odize se od podloge (gibanje pri koraku). Lijepljenje je mjestimično izvedeno s nepotpunim nalijeganjem dasaka na namazanu plohu (slika 4), pri čemu je površina adhezije premala, a daske nisu namazane cijelim naličjem. Ljepilo drži dovoljno dobro za parket, no sloj ljepila ne sadrži tragove estriha, što znači da do popuštanja veze ne dolazi zbog grešaka ljepila ili zbog slabe adhezije ljepila na daščice, nego do otvrdnjavanja ljepila pod nedovoljno priliegnutom drvenom oblogom.

U spavaćoj sobi pak lijepljenje je dobro, kohezijski lom nastaje u cementnoj podlozi, što upućuje na dobru vezu prijanjanja s masom za izravnavanje, ali i na neodgovarajuće pripremljenu cementnu podlogu, koja ima slabu gustoću i konzistenciju (slika 5).

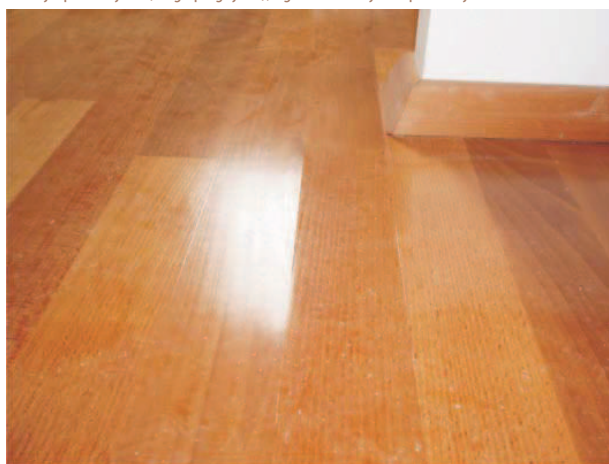
Mjerenjem originalnog, u PE ovitak zapakiranog uzorka parketa, utvrđeno je da sadržaj vode parketa iznosi između 3 i 4,6%, sa srednjom vrijednosti od 4,4%. S obzirom da pregrijano drvo postiže 3 – 4% niže ravnotežne sadržaje vode pri sobnim uvjetima od prirodnog drva, ovo odgovara srednjoj ravnotežnoj vlazi drva od oko 7,5 – 8,5%, što je odgovarajuće prema uvjetima standarda HRN EN 13226 (Klasični parket s utorom i perom), te dobro prilagođena vlažnost za stambene uvjete centralnoga grijanja.

Pri tome srednja širina dasaka iznosi $90,03 \pm 0,2$ mm što odgovara zahtjevima u Hrvatskoj prihvaćenih europskih standarda po kojima se ovaj proizvod može deklarirati: HRN EN 13226 (klasični parket ≥ 14 mm) ili HRN EN 13228 (tanke obložne podne daske ≤ 14 mm).

Slika 1. Greška koritavljenja u dnevnom boravku: Veliko izbočenje po sredini prostorije neuspješno je popravljeno ulijepljivanjem dasaka.



Slika 2. Parket vrlo malo koritavi s markacijom bridova, ali se odize u dugačkim pločama. Bukovina je srednje potamnjena (blago pregrijana), uglavnom radijalne/poluradijalne teksture.





Slika 3 a i b. Parket se raširio i zapunio dilatacijske reške, koje su i izvorno bile premale, uz koje su zidovi još vlažni. Sadržaj vode na površini (lijevo) oko 1% je viši od sredine i dna dasčica (desno).

Ovi rezultati ukazuju na to:

- da je parket bio pravilno pakiran, uskladišten i da mu se sadržaj vode i dimenzije nisu mijenjale zbog ev. navlaživanja u skladištu, što bi se vidjelo po razlikama širina čela i sredina dasaka
- da se nominalne dimenzije (90mm) i sadržaj vode (4,5%) originalno zapakiranog pregrijanog bukovog parketa mogu uzeti kao izvorne vrijednosti položenoga parketa u prostoru.

Mjerenja i nalaz

Ekspertiza se zasniva na površinskim mjerenjima i na mjerenjima vlažnosti podloge. Rezultati svih mjerenja usklađeni su bez nepredvidivih rasipanja, a prikazani su u zbirnim tablicama 1 i 2 (na sljedećoj stranici):

U trenutku pregleda na zgradi je izmjerena temperatura zraka od 23 - 23,5°C, a relativna vlažnost iznosila je oko 72 - 74%, što predstavlja uvjete povećane vlažnosti zraka za kondicioniranje parketa. Iz tablice 1 se vidi da pri uvjetima kakvi se održavaju u zgradi ravnotežni sadržaj vode pregrijanoga drva u sredina-

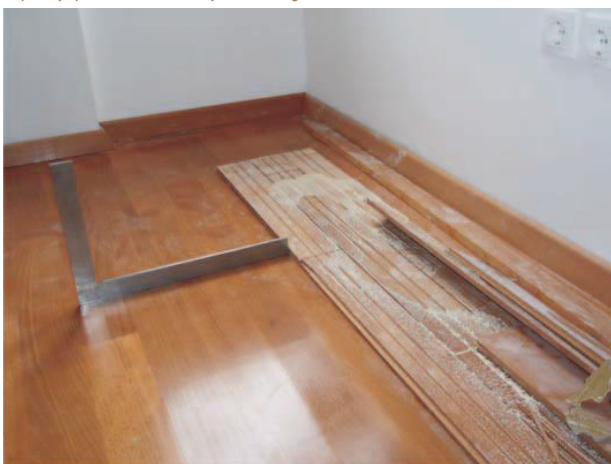
ma dasčica iznosio bi oko 9,5%, što bi odgovaralo normalnom parketu od 13,5%, a to je iznad dozvoljenog srednjeg sadržaja vode za parket koji po bivšem standardu HRN D.D5.020 iznosi 13% a po sada važećem HRN EN 13629 (Klasični parket s utorom i perom) iznosi 11%.

Treba napomenuti da se sadržaj vode pregrijanog parketa, zbog promijenjenih svojstava tako modificiranoga drva, ne može pouzdano mjeriti električnim vlagomjerom. Čak i norma za pregrijano drvo (prCEN/TS 15679 – Termički modificirano drvo) zahtijeva da mu se sadržaj vode određuje gravimetrijski, dakle razlikovnim vaganjem nakon potpunog sušenja na $103 \pm 2^\circ\text{C}$, a ne elektrootpornim vlagomjerom, koji je neprecizan u tako niskim područjima sadržaja vode, kakve pregrijano drvo postiže nakon kondicioniranja. Na zgradama se, međutim, služimo električnim vlagomjerom da utvrdimo razlike između gornjih i donjih slojeva dasčica. Srednji sadržaj vode, mjerodavno utvrđen na izuzetim dasčicama u laboratoriju (donji redak tablice 1) iznosi 6,5%. Sadržaj vode položenoga parketa, mjereno elektroot-

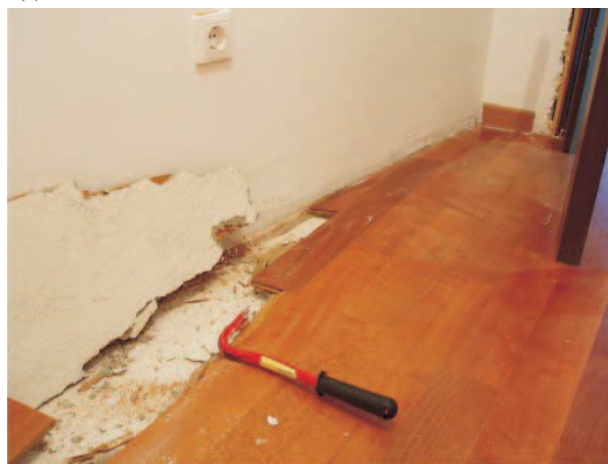
porno (prva dva retka u stupcu 4 tablice 1), redovito je niži od vrijednosti koje bi pregrijani parket ravnotežno poprimio da je duže vremena izložen klimatskim uvjetima izmjerene vlage (r.v.z. > 70 %). To znači da se parket još uvijek može navlaživati iz zraka. Sadržaj vode betonske podloge (tablica 2) još je uvijek (više mjeseci nakon polaganja) iznad vrijednosti od 3%, (gravimetrijsko mjerenje), što je iznad dozvoljene gornje granice vlage za postavljanje parketa koja je prema standardu HRN U.F2.016 (Završni radovi u građevinarstvu – ugrađivanje podnih elemenata od drva) iznosila 3%. Očito je da je podloga u trenutku polaganja bila prevlažna za polaganje parketa. Parket je stajanjem na podlozi preuzeo srednji sadržaj vode veći od 10% na naličju i nabubrio, ali je i površinski preuzeo vlagu iz okolnog zraka, jer su i vrijednosti vlage na površini više od onih s kojima je parket proizveden. Takvo je stanje održavano niskom temperaturom i relativno visokom vlagom zraka u zimskom i proljetnom razdoblju.

Difuzija (kretanje vode kroz membranu) je relativno spora zbog male paropropusnosti sloja laka, ali do-

Slika 4. Parket u manjoj sobi koritavi dubinom luka < 2mm, bez otvaranja reški. Ljepilo nanešeno lopaticom plitkog zuba tek se mjestimično slabo drži za drvo, ali se za podlogu uopće nije prihvatilo, te na naličju nema tragova zrnca betona.



Slika 5. Odignute daske u spavaćoj sobi otkrivaju slabu konzistenciju cementne podne podloge, koja se slabim kohezijskim svojstvima raslojava pod slojem mase za izravnavanje i ljepila.



Lokacija	Temp. poda	Rel.vlažnost zraka	SADRŽAJ VODE DRVA (%)	
	°C	%	IZMJEREN VLAGOMJEROM - na površini - u sredini - na dnu	OČEKIVANA SREDNJA RAVNOTEŽNA VRIJEDNOST
1	2	3	4	5
Dn. boravak	19,5	72-74% 23,5°C	7,3 8,1 10,0	Prirodna bukovina 13,5
Mala soba			7,2 8,1 11,3	Pregrijana bukovina 9,5
Laboratorijski uvjeti	22±2	50±5	6,5	Pregrijana bukovina 4,5

Tablica 1. Sadržaj vode parketa na zgradi

Tablica 2. Sadržaj vode cementne podloge

DIJELOVI PROSTORIJE	MJESTO MJERENJA	IZMJERENA PROSJEČNA VLAŽNOST CEMENTNE PODLOGE	
		GRAV (tež%)	CM(%)*
ULAZ E PRVI kat - stan I SPAVAĆA SOBA	Estrih na dubini 3-4 cm	3,5%	2,3%
	Elektrootporno mjerenje VF beskontaktno mjerenje	3,2% >3% ("vlažno")	

* gravimetrijske vrijednosti su u ovom području standardno oko 1 % više od CM vrijednosti.

voljna da izazove pojavu koritavljenja. Kako temperatura prostorije raste s godišnjim dobom, tako se i povećava difuzija kroz drvo, povećava se gradijent vlage po presjeku dasčica i one počinju koritaviti tamo gdje je podloga vlažnija (u sobama), a bubriti u širinu tamo gdje podloga podjednako vlaži drvo kao i okolišni zrak.

Mjerenje širine 10 dasčica na podu pokazuje vrijednost od 905,00mm, a širine pojedinačnih dasčica izuzetih s poda imaju srednju vrijednosti od 90,47mm, tako da je parket u prosječnom slučaju nabubrio oko 0,5mm po nominalnoj širini dasčice od 90mm. To znači da je parket proizveden s točnom vrijednosti nominalne širine, te da je bubrio nakon polaganja počevši od proizvodnoga sadržaja vode.

Odgovornost za grešku može se djelomično pripisati podopolagaču, jer je on morao dodatno kontrolirati sadržaj vode cementne podloge i odgađati polaganje parketa dok se sadržaj vode podloge ne spusti ispod 2% po CM metodi, odnosno ispod 3% po elektrootpornoj metodi. Standardi DIN18365 (Radovi izvođenja podova) i DIN 18356 (Parketerski radovi) također nalažu da preuzimatelj posla obrati posebnu pozornost na pripremljenost podloge (njezinu ravnost, odsutnost pukotina, primjerenu suhoću itd). Utvrđivanje pripremljenosti za početak ugrađivanja podnih elemenata izvodi se zapisnički uz prisutnost izvođača podloge, ugrađivača podnih elemenata i



nadzornog organa (predstavnik investitora). Kada se utvrdi ispravna pripremljenost, može se pristupiti ugradnji podnih elemenata.

Osim toga, ako je parket nabubrio ca 5 mm po širinskom metru, a sada je već zapunio reške, znači da su bile ostavljene premalene dilatacijske reške. Naime, da bi došlo do sabijanja parketa na širini prostorije od 4 metra, ispada da su reške iznosile samo 1cm uza svaki zid, a uzance struke naglašavaju da razmak do zida, čak i ako se širina reške ne izračunava, treba iznositi debljinu klasičnog masivnog parketa, tj. uobičajeno 2cm.

Odgovornost se djelomično može pripisati i investitoru, tj. njegovu nadzoru, jer nije osigurao potrebne uvjete za polaganje parketa (odgovarajuću vlažnost podloge i stambene klimatske uvjete u prostoru polaganja), tj. da zgrada nije bila pravilno grijana i klimatizirana za radove. U prostorijama moraju biti završeni svi građevinski, završni i montažni radovi, mora se omogućiti grijanje i provjetravanje, temperatura prostorije trebala bi biti najmanje 10°C i vlažnost zraka 45 do 65%. Prema uzancama struke minimalni uvjeti za vrijeme polaganja parketa LIJEPLJENJEM trebaju biti $\geq 18^\circ\text{C}$ i $\leq 65\%$ rel. vlažnosti zraka, a temperatura poda min 15°C i max. 20°C (to zahtijeva i proizvođač ljepila), što se ne može održavati bez grijanja.

Odgovornost se ne može pripisati proizvođaču parketa, jer je parket proizveden i evidentno isporučen sa standardno odgovarajućim sadržajem vode, što pokazuje mjerenje dostavljenog uzorka i rezultati mjerenja stanja na zgradi.

Kakogod, na pojavu greške utječe djelomično i činjenica da je sadržaj vode pregrijanog parketa niskih vrijednosti, što čini polaganje na kritično vlažnu podlogu, pogotovo usporednim slogom, vrlo riskantnim.

Jedino potpuno pravilno, ali skupo i nepraktično rješenje, bila je izmjena poda uz instalaciju isušivanja cementne podloge, zatim izravnavanje, predobrada podloge i ponovno polaganje.

U prostorima gdje se parket nije odigao, moglo se parket obrusiti i omogućiti isušivanje, zatim ponovno

Informacija čitateljima !

Laboratorij za drvo u graditeljstvu Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pokreće ediciju pod nazivom STRUČNA IZDANJA LDG-a. U njoj će objavljivati brošure o pojedinim tehničkim pitanjima i problemima.

Prva brošura je:

Tehnički naputak
Primjena parketa na podnom grijanju
Prof.dr.sc. Hrvoje Turkulin

Brošure će se moći nabaviti kod izdavača, te se svi zainteresirani mogu javiti na njihovu adresu radi dodatnih informacija.

pobrusiti i polakirati. Kakogod, s obzirom da je već došlo do deformacija parketa i do pojave trajnog bubrenja, javit će se naknadna greška isušivanja podne plohe i pojave reški nakon prve, i naročito nakon druge sezone centralnog grijanja. Tada će se parket stabilizirati na oko 3 - 5% sadržaja vode i utegnuti u ukupnom iznosu mnogobrojnih uskih reški do oko 0,3 - 0,4cm po metru širine poda.

Zaključak i mišljenje

Iz mjerenja i analize podataka i uzoraka vidljivo je sljedeće:

1. da se može utvrditi da je parket pri polaganju bio odgovarajuće kakvoće s obzirom na sadržaj vode i točnost dimenzija
2. da su primijenjeni odgovarajući materijali za izvedbu poda
3. da je parket položen na podlogu čija je vlažnost bila previsoka za polaganje parketa,
4. da su okolnosti nakon razdoblja polaganja uvjetovale navlaživanje daščica uz mjestimično izdizanje gaznoga sloja, te je došlo do njihovog sabijanja i koritavljenja. Stjecaj okolnosti u zimskom razdoblju izvan uporabe (niska temperatura poda i visoka relativna vlažnost zraka) doveli su do stabilizacije visokih sadržaja vode za pregrijani bukov parket, te u ljetnom razdoblju, s početkom zagrijavanja plohe i kretanja vlage, dovode do pojave koritavljenja.

Parket koji nije pravilno zalijepljen, tj. koji pod udarcima pokazuje znakove slabe veze ili odvojenosti od

podloge, trebalo je odmah izvaditi, podlogu izravnati i posušiti, te netom prije pristupanja kompletnom završetku radova ulijepiti novi parket i sve obrusiti i lakirati.

Tamo gdje je parket zalijepljen propiljene su sabijene zidne reške, nabubreni parket obrušen, kondicioniran u klimatskim uvjetima intenziviranoga grijanja i sušenja, te završno lakiran.

U tom slučaju došlo je do sušenja cijelog poda u manjoj mjeri i izjednačavanja vlažnosti po debljini daščica, što smanjuje posljedice grešaka, ali može nakon prve sezone centralnoga grijanja rezultirati pojavom novih reški.

Podopolagače koji rade s parketom od pregrijanoga drva treba upozoravati da takav materijal, iako je dimenzijski stabilniji od prirodnog drva, ne opravdava greške kod polaganja u neodgovarajućim fizikalnim uvjetima.

Korisnike objekata treba uvijek upozoravati na vlastitu obavezu održavanja i kontrole pravilne temperature i relativne vlažnosti zraka, koja treba zimi iznositi najmanje 20°C i 55-65% relativne vlažnosti zraka, kako sustav grijanja radiatorima ili konvektorima ne bi dovodio do isušivanja drva.

Izvjesno je da će greška bubrenja rezultirati naknadnom pojavom reški u klimatskim uvjetima podnog i konveksijskog grijanja, kao i isušivanjem u ljetnim mjesecima kada klimatizacijska instalacija isušuje zrak. Stoga je preporučljivo uvesti i kontrolu ovlaživanja zraka.



Laboratorij za drvo u graditeljstvu
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu



AKREDITACIJA LABORATORIJA HRN EN 17025

Ispitivanja:

- Drvenih podnih obloga
- Površinske obrade drvenih podova
- Ljepila za drvene podove
- Odabranih fizikalnih svojstava drva

- Kontrola podloga i uvjeta ugradbe drvenih podova na zgradama
- Sudska vještačenja, ekspertize, stručna predavanja, seminari

Zagreb, Svetošimunska 25

Tel: 01 235 24 54

01 235 24 85

Fax: 01 235 25 31

e-mail: ldg@sumfak.hr

hrvoje@sumfak.hr

Ljuštenje parketnog laka

Prof.dr.sc. Hrvoje Turkulin
Martina Podbršek, dipl.ing.

Zadatak laka je ostvarivanje čvrste i trajne veze prijanjanja - adhezije

Uvod

U nas se još uvijek velika većina drvenih podova u stambenim zgradama, u uredima i u sportskim objektima površinski obrađuje lakom. To je prevlaka koja tvori koherentan- tvrd i cjelovit film na površini drva te bitno utječe na estetske osobine drvene podne plohe – sjaj, punoću filma i ton boje drva.

Važnije je, međutim, da lak poglavito određuje i važne tehničke osobine plohe, kao npr. površinsku tvrdoću, otpornost na ogrebotine, trošenje i udar. Stoga lak mora s drvom ostvariti čvrstu i trajnu vezu prijanjanja – adheziju. O tome kako ostvariti dobru adheziju ne piše se mnogo, jer o njoj brinu proizvođači materijala za površinsku obradu, pa ako radimo prema uzancama struke i uputama proizvođača laka, ostvarit ćemo odličnu adheziju laka na drvo. Ovdje govorimo o greškama koje se mogu javiti zbog malih previda ili nepoznavanja postupka otvrdnjavanja laka, pri čemu mogu nastati ružne, skupe i nepopravljive štete: ljuštenje laka.

1. SLUČAJ – LJUŠTENJE ZBOG NESKLADA PREMAZA

Na dva ćemo primjera iz prakse pokazati osnovne uzroke slabe adhezije i posljedično ljuštenje laka. Prvi slučaj desio se na punodrvnom, masivnom mozaik parketu ugrađenom u reprezentativnim prostorijama jednoga poslovno-privatnog kompleksa.

U spomenutom objektu postavljen je hrastov mozaik parket koji je uvezla i instalirala jedna inozemna tvrtka, a naknadnu sanaciju je trebala načiniti druga,

domaća tvrtka. U razdoblju od približno šest mjeseci nakon polaganja došlo je do pojave nekoliko grešaka na parketnoj oblozi u vidu pojave bijelih mrlja i mjestimičnog odlupljivanja laka od podloge (slika 1), te je trebalo utvrditi razlog pojave greške i predložiti način saniranja.

Hrastov je parket postavljen u jesen polaganjem u polja pravokutnog sloga unakrsne orijentacije. Postavljanje je izvedeno na postojeću cementnu podlogu koja je hidroizolirana razmatanjem bitumenske ljepenke, preko koje su na zvučno-apsorpcijsku spužvicu uvijanjem postavljene OSB građevinske ploče, na koje je parket položen lijepljenjem dvokomponentnim silikonskim parketnim ljeplilom. Parket je toniran uljnim močilom MYLANDS Oil Stain (Medium Oak) i zaštitno obrađen vodotopivim polumat lakom za parkete BONA Traffic. Nisu dostavljeni podaci o mjerenjima uvjeta na zgradi pri lakiranju niti o ostalim detaljima postupka lakiranja (broj nanosa, tijek otvrdnjavanja itd), ali se iz opisa konstrukcije može pretpostaviti da nije bilo vlaženja iz podloge.

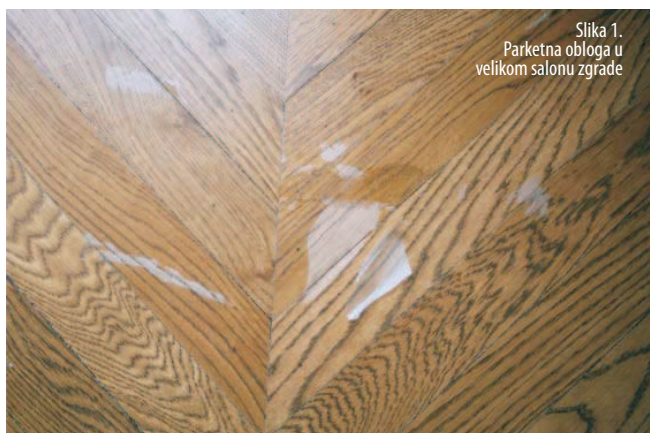
Pod je u zgradi rabljen samo sporadično, pri izvedbi završnih dekoracija prostora, tijekom cijele zime u stambenim klimatskim uvjetima centralnog grijanja.

Prema navodima korisnika objekta, početkom ožujka sljedeće godine došlo je do pojave prvih oštećenja laka u vidu bijelih mrlja, koje se na mjestima (naročito uz bridove daščica) odlupljuju i odvajaju kao slobodan film laka. Na mjestima gdje je pod bio zaštićen papirom i ljepljivom trakom pri završnim radovima, primjećeno je odlupljivanje filma na mjestima odizanja ljepljive trake (slika 2).

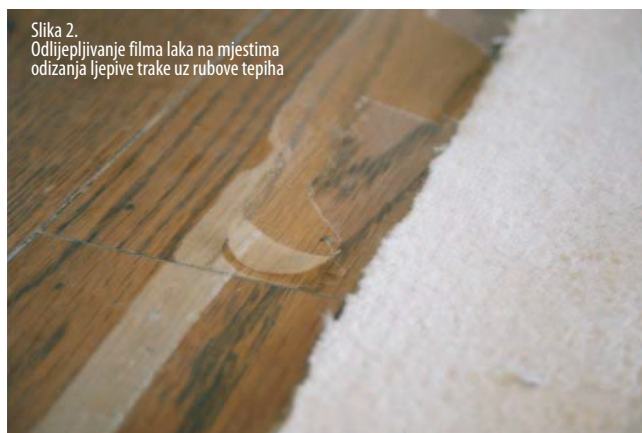
Evidentno je da je do grešaka dolazilo zbog nedovoljne adhezije laka na drvenu podlogu. Razlozi mogu biti neodgovarajuća priprema podloge, neodgovarajuća priprema laka, te star ili smrznuti lak. Vlažnost podloge ili parketa nije upitna, jer je izmjereni sadržaj vode OSB ploče na mjestu izuzimanja uzorka iznosio 9%, a parketa 9 – 11%.

Odljušteni film laka debljine je 65 – 75µm, iskazivao je ravnomjernu debljinu, elastičnost i čvrstoću, te se moglo zaključiti da je lak bio odgovarajuće kvalitete i da je nanešen u bar dva sloja male, ali odgovarajuće debljine. Lak nije bio oštećen tekućinama ili otapalima tijekom dekoracijskih radova.

Da bi se provjerila adhezija laka (kompatibilnost elemenata sustava površinske obrade) proveden je



Slika 1.
Parketna obloga u velikom salonu zgrade



Slika 2.
Odlupljivanje filma laka na mjestima odizanja ljepljive trake uz rubove tepiha

MATERIJAL ZA OBRADU		KOLIČINA NANOSA 1. SLOJA (g/m ²)	UKUPNA DEBLJINA SUHOG FILMA (µm)
1. LAK	BONA na drvu	140	100
	BONA na ulju	100	
2. LAK	BONA na drvu	160	80
	BONA na ulju	80	

Tablica 1. Podaci o obradi laboratorijskih uzoraka.

test ispitivanja prionljivosti na uzorcima s lica mjesta te na novim uzorcima obrađenim istim materijalima kao i na zgradi, ali u kontroliranim uvjetima, metodom PATTI (po američkom standardu ASTM D 4541). Za usporedbu su pripremljeni i kontrolni uzorci laka na netonirano drvo hrasta te uzorci pripremljeni s usporednim, također vodotopivim lakom (SUPRA WS Duo njemačke tvrtke LOBA). Močilo je nanešeno utrljavanjem pamučnom krpom do željenog tona boje, penetracija je minimalna. Lakovi su naneseni kistom u tri sloja sa sušenjem i međubrušenjem (granulacija 220) svaka 24 sata, prema rasporedu (tablica 1).

Iz rezultata u tablici 2 je vidljivo da sustav primijenjenog laka, iako odličan kod izravnog nanošenja na drvo, ne pokazuje prionljivost na površini obrađenoj uljnim močilom koja bi bila zadovoljavajuća. Nakon kondicioniranja, početna adhezija laka BONA smanjena je za više od 40%. Razlika između vrijednosti

Tablica 2. Rezultati mjerenja adhezije na uzorcima izuzetim iz dvorca i na kontrolnim laboratorijskim uzorcima.

VRSTA UZORKA	SREDNJA SILA PRIANJANJA (MPa)	LOMNA POVRŠINA	INDEKS
DVORANA - LAK NA MOČILU	3,1	Adhezijski lom	0,35
LAB - BONA NA DRVU	8,7	Kohezijski lom po drvu	1,00
LAB - BONA + ULJNO MOČILO	5,0	Adhezijski lom	0,57
LAB - LOBA + ULJNO MOČILO	5,7	Adhezijski lom s tragovima drva	0,65

adhezije na uljenoj podlozi izmjerena na uzorcima s lica mjesta i na onima iz laboratorija može se objasniti nanošenjem laka na močeno drvo u kraćem razdoblju sušenja nego što je primijenjeno u laboratorijskim ispitivanjima. Osim toga, napetosti u filmu, koje su se razvijale tijekom prvih 6 mjeseci uporabe zbog grijanja, sušenja i gibanja drva, nastavno su doprinosile slabljenju veze laka i drva. Usporedni lak LOBA pokazao je nešto veću vrijednost adhezije na uljem obrađenom drvu, ali još uvijek 35% nižu nego što je to bila adhezija originalnog laka na neobrađenu, sirovu drvenu površinu. Iz ovih pokazatelja je jasno vidljivo da uljno močilo nije kompatibilno s vodotopivim lakovima za parket i da je to bio uzrok greške koja se pojavljivala sporadično po cijeloj površini poda, a s vremenom uporabe se mogla samo još i proširiti.

Predloženo je da se sav parket obrusi, pokita, samo nekoliko dana kondicionira, tonira kompatibilnim močilom (vodenim močilom ili eventualno nitro močilom) te odmah ponovno polakira. S obzirom da je penetracija uljnog močila vrlo mala, brušenje ne bi bitno smanjilo debljinu parketa, niti zahtijevalo opsežne korekcijske radove. Nakon takve sanacije korisnici prostora su upozoreni da trebaju osigurati pravilne

mikroklimatske uvjete, koji i zbog zdravstvenih razloga i ugođe boravka trebaju iznositi najmanje 19°C i 55-65% relativne vlažnosti zraka.

2. SLUČAJ – LJUŠTENJE ZBOG PREKOMJERNOG STVRDNJAVANJA LAKA

Drugi slučaj dogodio se kao pojava ljuštenja slojeva površinske obrade podne obloge – klasičnog masivnog parketa ugrađenog u prostoru jedne školske dvorane za tjelesnu kulturu.

U kolovozu, za vrijeme ljetnoga odmora, izvedeno je saniranje školske dvorane za tjelesnu kulturu skidanjem prethodnoga parketa, polaganjem 16mm debelih OSB ploča (2 sloja) te lijepljenjem tzv. „dvoranskog“ jasenova parketa u dimenzijama 600x70x21mm. Za površinsku obradu je korišten sustav dvokomponentnog poliuretanskog laka, u polumat izvedbi, s deklariranim protukliznim svojstvima. Prema iskazu parketara koji je izvodio pod, sustav se sastoji od „impregnacije“ (tj. temeljnog laka) i tri sloja laka, što odgovara napucima. Izveden je i jedan sloj više nego što preporučuje proizvođač laka. Lak je nanešen u dva završna sloja, zatim su iscrtavane linije te je nanešen završni sloj laka. Istim lakom i istim načinom su površinski obrađene učionice u novom dijelu školske zgrade, s time da tamo nije bilo problema ljuštenja.

Proizvođač laka izdaje upute za uporabu u kojima se navode potrebe brušenja i usisivanja drvene podloge te nanošenje laka u tri sloja. Između prvog i drugog (završnog) sloja preporučuje se međubrušenje. Napominje se potreba održavanja odgovarajućih klimatskih uvjeta tijekom lakiranja, razdoblje sušenja od 4 do 6 sati do sljedećeg sloja, ali nema iskaza o najvećem vremenskom rasponu između pojedinih slojeva. Lak je suh nakon 24 sata, a spreman za uporabu 48 sati nakon zadnjeg nanošenja laka.

Na objektu je izvršen pregled, mjerenje adhezije te izuzimanje uzoraka za laboratorijska mjerenja. Uzorci sa zgrade izuzeti su sa mehanički neoštećenog mjesta, na područjima slobodnog odvajanja filma, bez tragova prljavštine i sredstva za čišćenje, te su kon-



Laboratorij za drvo u graditeljstvu
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu



AKREDITACIJA LABORATORIJA HRN EN 17025

Ispitivanja:

- Drvenih podnih obloga
- Površinske obrade drvenih podova
- Ljepila za drvene podove
- Odabranih fizikalnih svojstava drva

Zagreb, Svetošimunska 25

Tel: 01 235 24 54

01 235 24 85

Fax: 01 235 25 31

e-mail: ldg@sumfak.hr

hrvoje@sumfak.hr

- Kontrola podloga i uvjeta ugradbe drvenih podova na zgradama
- Sudska vještačenja, ekspertize, stručna predavanja, seminari



Slika 3. Greške ljuštenja laka u različitim oblicima. Lijevo i na smeđoj liniji vidi se odvajanje samo najgornjeg sloja debljine cca 90µm, a u sredini se odvaja kompletan film od impregniranog drva (streljica)

dicionirani tijekom 3 dana u normiziranim uvjetima ($23 \pm 2^\circ\text{C}$, $50 \pm 5\%$ rel. vlažnosti zraka). Nakon toga su na licima daščica na zgradi izvršena mjerenja površinskih svojstava križnim zarezivanjem mrežice prema važećoj normi: HRN EN 14354:2004 (Drveni podovi - određivanje adhezije i elastičnosti laka te odvajanjem ljepive trake s tragovima odvojenih čestica laka).

Mjerenje adhezije provedeno je zarezivanjem križne mrežice višestrukim klinastim sječivom i odvajanjem odvojenih segmenata ljepivom trakom. Na slici 7 je vidljivo da su praktično svi segmenti mrežice laka

odignuti, pa prema etalonu u dodatku E norme HRN EN 14354 lak dobija ocjenu 5, tj. vrlo slabu adheziju.

Odignuti su filmovi izuzeti s nekoliko mjesta na dvorani. Slika 3 prikazuje da postoje različita raslojavanja u sustavu laka. Negdje se odize samo zadnji sloj laka, kao na rubovima i na smeđoj prugi na slici 3, ili preko pruga – linija sportskih borilišta (slika 4), koje su crtane nakon drugog, a prije trećeg, završnog sloja laka. Ovakav film, mjeren mikrometrom, ima debljinu od cca $65\mu\text{m}$, gladak je na poledini i bez tragova brušenja. Na mjestima ljuštenja debljeg filma (streljica na slici 3) odvaja se sloj deo cca $110\mu\text{m}$, gladak

je na poledini, te ne pokazuje tragove brušenja, ali pokazuje mjesta propadanja filma u pore drva (slika 6). Nakon što je dvorana završena naknadno su iscrtane narančaste linije (slika 5), no i one se odvajaju od zadnjega sloja laka (slika 5). Očito je da su premazi nanešeni u odgovarajućoj količini nanosa, ali da s nekog razloga nije ostvareno odgovarajuće dugotrajno prijanjanje.

Do razlistavanja po slojevima laka može doći uslijed četiri glavna razloga:

- Ako komponente sustava nisu kompatibilne (npr. na nitro temelj se stavlja dvokomponentni lak, ili ako se na UV akrilni tvorničko naneseni lak nanosi vodeni lak za ručno nanošenje)
- Ako je među pojedinim „rukama“ laka došlo do otvrdnjavanja duljeg od vremena potpunog stvrdnjavanja, a pogotovo nakon 3-4 dana
- Ako među pojedinim nanosima laka nije provedeno odgovarajuće međubrušenje (fino brušenje ili poliranje)
- Ako je zbog starosti laka došlo do migracije komponenti na površinu laka koje umanjuju kvašenje sljedećeg sloja.

U prvom slučaju jasno se vidi odvajanje velikih ploha debeloslojnjog filma s temeljnog sloja na parketu (slika 3). Ovo svjedoči o neodgovarajućem brušenju impregnacije, što je i parketar iskazao u svom opisu posla.

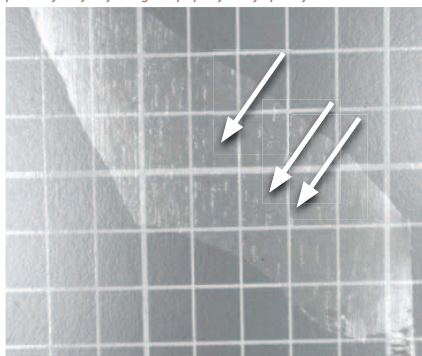


Slika 4. Odvajanje pokravnog laka s linije (streljica) kao i odvajanje linije od podložnog sloja laka



Slika 5. Odvajanje naknadno nacrtanih narančastih linija od završnog sloja laka

Slika 6. Poledina odignutog sloja laka s parketa. Glatka ploha pokazuje svjetlije tragove popunjavanja pora jasenovine



Slika 7. Ljepiva traka nakon odizanja sa zarezane mrežice



Izvjesno je da su drugi i treći slučaj glavni razlozi greške na sportskoj dvorani, jer sami naručitelji iskazuju da je do odlupljivanja dolazilo u mjestimičnim „krpama“, s time da je međubrušenje manje iskazani faktor, jer je na leđnoj strani odignutog filma laka vidljiva glatka površina a ne hrapava. Kakogod, nakon stajanja i dulje od 4 dana nakon završetka prethodnoga sloja (zbog crtanja linija i stanke za vikend) najizvjesnije je da je došlo do manjka adhezije zadnjeg sloja na prethodno nanešeni sustav. Do slabije adhezije je došlo zbog prekomjernog otvrdnjavanja filma i nemogućnosti da dvokomponentni poluretanski lak, koji ne otapa prethodni potpuno umreženi sloj, ostvari dobro prijanjanje i otvrdnjavanje.

Četvrti slučaj nije puno vjerojatan, jer se kod laka, kod kojeg odbojne tvari migriraju na površinu filma, prvo primjećuje neodgovarajuće razlijevanje i pojava kratera („narančine kore“). To bi predstavljalo teškoću za majstora podopolagača, pri čemu mu ne bi zaostajala odgovarajuća estetska i tehnička kvaliteta površine, a pojava kratera bi izazvala trenutne reklamacije (što nije bio slučaj), a ne prigovore nakon dužeg vremena u uporabi.

Starost laka vjerojatno nije razlogom greške, jer bi podopolagač odmah primijetio da se prestarjeli lak ne razlijeva dobro ili da površina zaostaje mutna. Kakogod, proizvođač laka je odgovoran što proizvod nije opremio odgovarajućim podacima. Proizvođač laka nema ispitna izvješća o protukliznom svojstvu laka

(Određivanje klizavosti drvenih podova - test njihovom prema HRN EN 13036-4, kako to zahtijeva norma za sportske podove HRN EN 1490), niti izvješća o mjerjenjima ili ispitivanjima svojstava laka prema HRN EN 13696 (Određivanje elastičnosti površine i otpornost na udar), odnosno prema HRN EN 14354 (Ispitivanje elastičnosti laka i mjerenje adhezije).

Proizvođač na originalnim metalnim kontejnerima, ne deklarira šaržu (broj partije) proizvodnje, niti datum proizvodnje, uvjete skladištenja ili rok trajanja, tako da se ne može utvrditi ispravnost stanja laka u doba isporuke i otvaranja te se ne može slijediti isporučeni materijal do arhivirane količine iz proizvodne partije. Ukoliko proizvođač laka, međutim, želi otkloniti odgovornost sa sebe u sličnim slučajevima, treba osigurati odgovarajuće dokumente koje propisuju pravni akti (Zakon o prostornom uređenju i gradnji, Pravilnik o nadzoru građevnih proizvoda, Zakon o zaštiti potrošača).

3. OSTALI MOGUĆI RAZLOZI LJUŠTENJA LAKA

Predugi vremenski razmak između nanošenja slojeva

Poliuretanski dvokomponentni temeljni i završni lakovi vrlo brzo postižu vrlo visoku površinsku tvrdoću. Temeljni lakovi otvrdnu puno prije nego završni, jer

je i kemizam njihove reakcije brži. Naime, temeljni lakovi su već za 2 do 4 sata spremni za brušenje i preklapanje sa završnim lakom.

Ponekad se može dogoditi ljuštenje, ako se temeljni lak ostavi nepremazan i do drugog dana, upravo iz razloga jer je temeljni lak već nakon 24 sata površinski prilično tvrd.

Ukoliko se na takvu površinu nanese sloj laka, a temelj se prethodno ne obrusi, ljuštenje će se zasigurno pojaviti - ako ne odmah, kada prvi sloj osuši, onda nakon desetak dana.

Taj je slučaj vrlo čest na zgradama gdje su parketari primorani polakirati jedan sloj laka ili temelja, a zatim otići s objekta, pa se vratiti da polakiraju završni sloj nakon više od 2 tjedna. U tih 2 tjedna najčešće kroz objekt prođe „vojska“ keramičara i stolara koji osim što hodaju po parketu, koriste razne silikonske kitove za lijepljenje pločica i uglavljanje dovratnika, a taj materijal, nažalost, vrlo često završi na parketu.

Kada parketar dođe na objekt, on prvo počisti, usiše površinu i onda počinje sa međuslojnim brušenjem. Tim postupkom on nahrpavi površinu, ali isto tako raznese ostatke silikona po cijeloj površini parketa. Kada se počne s lakiranjem ponekad se odmah primijeti utjecaj silikona, a to izgleda kao „bježanje“ laka s površine, poput ulja na vodi. Ako se to ne dogodi prisutni silikon će zajedno s pretvrdom površinom laka nakon mjesec ili dva izazvati ljuštenje.

Naknadno lakiranje gotovog parketa

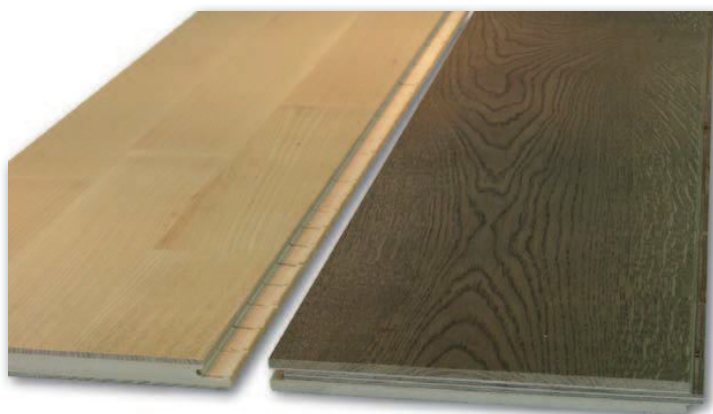
Gotovi parketi koji su najčešće obrađeni sa 6 do 7 slojeva UV-otvrdnjavajućeg akrilnog laka, odlikuju se izuzetnom tvrdoćom. Neki put korisnici požele da se visoki sjaj postigne dodatnim lakiranjem klasičnim PU lakovima; u tom se slučaju gotovi parket mora obavezno površinski obrusiti. Čak i tada postoji rizik da se, prilikom brušenja, po cijeloj površini raznese vosak kojim se postiže tvrdoća UV lakova; tada je industrijski lak gotovo nemoguće polakirati jer mu se površina ponaša kao staklo.

Receptura laka s previše silikona

Receptura laka za parkete sadrži silikonske aditive koji uglavnom služe za postizanje što boljeg razlijevanja i otpinjivanja. Silikonski aditivi se grupiraju na površinu filma, jer upravo tako snizuju površinsku napetost i daju savršeno razlijevanje. Prevelika količina aditiva može prouzročiti da suhi film laka bude presklizak, što onemogućuje nanošenje još jednog sloja laka na takvu površinu.

Ovo je rijedak slučaj o čemu parketari ne bi trebali voditi računa već proizvođači lakova, a oni dobro provjeravaju tehničke i tehnološke osobine materijala prije završnog puštanja u promet te bi trebali davati i sve potrebne upute za rad.





Troslojni parket u uvjetima povećane vlage

Prof.dr.sc. Hrvoje Turkulin

Slika 1. Dvije vrste troslojnog parketa: lijevo je "tip 4" složene naljepnice, sa srednjicom od četinjača i "klik" spojem, a desno je "tip 1" sa srednjicom od šperploče

Troslojni industrijski lakirani parket ima veću dimenzijsku stabilnost od mnogih vrsta podnih obloga – od svih vrsta masivnog parketa i od običnog laminata. Može li, međutim, takav parket, ako je postavljen na neodgovarajuću podlogu, izdržati naprezanja od bubrenja? Ekspertiza parketnoga poda jedne sportske dvorane izvedenog lijepljenjem troslojnog parketa pokazuje da opreza nikada ne može biti dovoljno.

Troslojni parketi

Troslojni je parket proizvod vrhunske kvalitete za završne radove u graditeljstvu. Dvije osnovne inačice su parket sa srednjicom od poprečno postavljenih lamelica, najčešće od drva četinjača, te parket sa srednjicom od drvene ploče (npr. MDF vlaknate). U manjem obimu se javljaju parketi sa srednjicom od iste vrste drva (npr. hrast-hrast-hrast), sa srednjicom od panel ploče ili furnirske ploče (slika 1). Parket sa srednjicom od iverice pokušaj je proizvodnje jeftinijeg parketa, ali mu se pero, izrađeno u sloju iverice, lako iskrcava kod manipulacije i postavljanja, a iverica je i neotporna na debljinsko bubrenje. Parket sa srednjicom od četinjača omogućuje da relativno skup, ekskluzivni obložni sloj od plemenite vrste drva, bude tanak, a parket stabilan. Norma koja određuje svojstva i ispitivanja troslojnoga parketa je HRN EN 13489 (2008): Višeslojni parketni elementi (Multi-layer parquet elements). Prema toj normi gazni obložni sloj mora biti debeo minimalno 2,5mm, a njegov sadržaj vode, mjeren gravimetrijskom metodom, mora iznositi 5–9%. Gazni sloj je rijetko deblji od 4mm, a može se sastojati od cjelovite lamele (ili „naljepnice“), kada se po HRN EN 13489 naziva tip 4, ili može biti načinjen od duljinski i širinski spojenih manjih lamela (najčešće u tri pruge), kojima se imitira slika klasičnoga parketa manjih dimenzija (tip 1). Parket se postavlja praktično isključivo uzdužnim polaganjem („u brodski pod“).

Glavna odlika troslojnih podnih obloga je njihova velika oblikovna i dimenzijska stabilnost. Ona proističe iz činjenice da su slojevi troslojnoga parketa međusobno ukrižani. S obzirom da drvo u dužinu skoro uopće ne bubri ili uteže, a po širini se dimenzije mijenjaju mnogo jače, onda uzdužno utezanje gornjeg i dolj-

njeg sloja ograničava bubrenje poprijeko postavljenih lamelica srednjeg sloja. U istom smislu srednji sloj, svojim malim uzdužnim promjenama poprijeko na širinu parketne daske, umanjuje bočno bubrenje i utezanje gaznoga sloja i pojavu karakterističnih bočnih reški parketa.

Troslojni se parket najčešće postavlja plivajućim načinom, pri čemu se podna obloga izvodi kao cjelovita membrana. Ovakav pod ima povoljna akustičko-izolacijska svojstva. Postavljanje na akustički ublažujuću podlogu (npr. na tanki sloj spužvice ili pluta) sprečava prenošenje zvuka na nosivu konstrukciju i u donju prostoriju. Plivajuće polaganje može, doduše, prouzročiti veći odjek u predajnoj prostoriji, ali je to manje izražen nedostatak nego npr. kod laminata, jer srednji i donji sloj od četinjača bolje reagiraju na udarni zvuk nego srednjica od tvrde vlaknate. Ako je troslojni parket načinjen s utorom i perom po sustavu „klik“ kopčanja, onda je postavljanje osobito jednostavno i brzo, bez opasnosti da ljepilo iz utora i pera probije na površinu. Kod industrijski lakiranog troslojnog parketa na taj način izostaje lijepljenje, brušenje, lakiranje, dugo trajanje postavljanja, pa čak i neophodnost potpune evakuacije prostora za vrijeme izvedbe poda.

Ekspertiza u sportskoj dvorani

Predmet pregleda je podna obloga – troslojni gotovi parket – ugrađen u prostorima ophoda prvoga kata i gledališne galerije jedne velike sportske dvorane. Prostoriji mjerenja su orijentirani kružno oko igrališta, na kojem je od istoga parketa načinjeno sportsko borilište (plošno-elastični sportski pod). S obzirom na veliki promet javnoga karaktera na galeriji i gledalištu, smatralo se da pod treba osigurati s obzirom na pojačana mehanička opterećenja, pa je predviđeno

da se parket zalijepi na cementni namaz, čime bi se osigurala stabilnost velikih ploha kod prometa većeg broja gledatelja. Nakon nekoliko mjeseci u uporabi, međutim, došlo je do neočekivanih grešaka mjestimičnog odvajanja od podloge i odizanja položenoga parketa.

Pregled je izvršen na objektu u listopadu, nekoliko mjeseci po ugradnji, a prije razdoblja intenzivnoga grijanja. Prostor se inače grije centralnim stropnim sustavom razvoda zraka, bez ovlaživanja.

U spomenutom objektu je izvedena cementna podloga debljine 5–8cm preko klasičnog podno-izolacijskog podsloja (parna brana, stiropor, PE folija, cementna podna podloga - estrih). Korišten je riječni pijesak i kemijski dodatak za vezanje vode u cementnom vezivu. Čvrstoća na tlak i savijanje, gustoća i sastav podloge bili su ispitani u skladu s važećim normama. Suhoća, ravnost i ostala svojstva izvedenog estriha, doduše, nisu izmjereni na objektu te nisu zapisnički utvrđeni od strane investitora niti podopolagača.

U ljetnim mjesecima postavljen je troslojni parket visoke klase kvalitete (e) prema HRN EN 13489: - Višeslojni parketni elementi, i deklariranih CE svojstava prema HRN EN 14342, dimenzija 180x2200x13,5mm, bez ikakvih grešaka, uglavnom polutantentne teksture. Naljepnice su u odgovarajućoj debljini (3,5mm) te su tvornički površinski obrađene industrijskim sustavom sušivoga ulja. Vrsta drva na licu je hrastovina, dok su srednjica i donji furnir izrađeni od drva četinjača. Tijekom polaganja redovito su bilježeni nepovoljni klimatski uvjeti (temperatura zraka iznad 30°C, rel. vlažnost zraka ispod 40%), ali koji naznačuju da za vrijeme polaganja nije dolazi

lo do navlaživanja osjetljivih donjih i gornjih, uljenih slojeva parketa.

Parket je postavljen usporednim polaganjem. Iako je parket opremljen profiliranim rubovima za „klik“ kopčanje, daske su lijepljene za podlogu odgovarajućim bezotapalnim, jednokomponentnim, poliuretanskim (PU) parketnim ljepilom. Ovo viskoelastično ljepilo punoplošno je nanošeno lopaticom sitnoga zuba prema uputama za polaganja lamel parketa, laminata i gotovog parketa (standardna oznaka zubi B3). Rubne dilatacijske reške bile su široke 1–1,5cm, a uza zidove i na mjestima dilatacija su ispunjene trajnoelastičnim brtvenim kitom za palube i slična brtvljenja (slika 2).

Parket je izložen u uvjetima korištenja zgrade u kojoj se odvijaju normalne sportske aktivnosti, ali je vrlo brzo počeo iskazivati greške odvojenosti od podloge te odizanja obloge poprijeko po širini dasaka, bez koritavljenja (slika 3). Obloga mjestimično upire o gumene ispune reški uza zidove (slika 2 i 3) i odize se od podloge (gibanje pri koraku). To je u nekoliko navrata na pojedinim plohamu sanirano popravljanjem, tj. bušenjem rupa i injektiranjem silikonskog brtvila uz ostvarenje pritiska (slika 4).

Mjerenja i analiza

Ljepilo ne drži dovoljno dobro za parket jer nije ostvaren potpuni kontakt po cijeloj plohi, pa na takvim mjestima lagano dolazi do odizanja parketa (slika 2). Kakogod, sloj ljepila pokriva cijelu plohu cementne glazure što znači da do popuštanja veze ne dolazi zbog grešaka ljepila ili zbog slabe adhezije ljepila na supstrat. Sloj ljepila ima normalna svojstva tvrdoće i elastičnosti kakva ovo ljepilo mora originalno pokazivati.

Mjerenje je izvršeno elektrootpornim vlagomjerom za drvo i građevne materijale, mjerenjem relativne vlažnosti i temperature zraka, temperature poda, sadržaja vode parketa na zgradi i njegovoga gradijenta po debljini (slika 5). Rabljene su teflonski izolirane čelične elektrode za mjerenje gradijenta vlažnosti. Posebno je provedeno mjerenje nevezane vode CM metodom i gravimetrijskim načinom (sušenjem pri 105°C do konstantne mase) iz iskopa s otvorenog dijela poda gdje je bio odignut parket radi kontrole, kako bi se točno utvrdila količina vode zaostala u podlozi nakon kompletnog vezanja agregata i višemjesečnog razdoblja nakon polaganja. Rezultati svih mjerenja usklađeni su bez nepredvidivih raspanja, a zbirne vrijednosti prikazane su u tablicama 1 i 2.

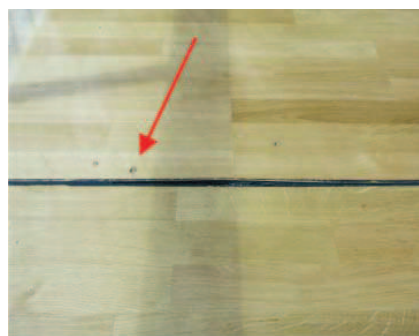
U trenutku pregleda na ophodu dvorane je izmjerena temperatura od 22,8°C, a relativna vlažnost zraka iznosila je oko 58%, što predstavlja optimalne klimatske uvjete za kondicioniranje parketa. Na površini parketa je izmjerena temperatura od 22,3–23,0°C. Ravnotežna vlaga drva bi pri uvjetima kakvi se održavaju u zgradi iznosila oko 9%, što bi odgovaralo nor-



Slika 2. Parket se odize uz stiješnjene dilatacijske reške zapunjene gumenim kitom. Na naličju parketa vrlo rijetki tragovi ljepila i otkinute glazure



Slika 3. Parket mjestimično upire u zidove zapunjavanjem dilatacijskih reški te se odize poprijeko, bez koritavljenja



Slika 4. Mjestimični popravci izvedeni uz, injektiranjem ljepila i kitanjem rupa (strelica) izvedeni su uspješno

Slika 5. Sadržaj vode mjereno električnim vlagomjerom na istom mjestu uboda: lijevo – na površini daske (u dubini do 4mm); desno – pri dnu daske (na dubini od 13mm)



malnom parketu, i što je vrlo blisko gornjem sadržaju vode za troslojni parket koji prema HRN EN 13489 iznosi 5-9% za gazni sloj.

Na novom, u stretch foliju zapakiranom uzorku jedne daske parketa iz originalno isporučena kontingenta, utvrđeno je da sadržaj vode gaznoga sloja parketa, mjereno gravimetrijski metodom HRN EN 13183-1, a prema odredbama HRN EN 13489, iznosi između

9,1 i 9,9%, sa srednjom vrijednosti od 9,6%. Pri tome srednja širina daske iznosi $180,12 \pm 0,3\text{mm}$, što odgovara točnosti dimenzija prema zahtjevima HRN EN 13489. S obzirom da je sadržaj vode drva u gornjem području dozvoljenog raspona od 5–9 %, to se može uzeti dobro prilagođenom vlažnosti za uvjete instalacije u sportski objekt velikih dimenzija. Ovi rezultati ukazuju na to da je parket proizveden izvan odgovarajućeg raspona vlažnosti za normalna polaganja, tj.

Prosječni sadržaj vode (%) mjeren na zgradi vlagomjerom			Sadržaj vode izmjen gravimetrijski (na dvije izuzete daske)
Šest mjernih mjesta po cijeloj površini jednog kraka ophoda			
1	2	3	4
1. Ophod dvorane	Površine dasaka	10,15	9,6
	Naličje	12,37	10,7
2. Ophod dvorane	Površine dasaka	9,90	
	Naličje	12,43	
Srednja vrijednost	Lice	10,02	
	Naličje	12,40	

Tablica 1. Sumarne vrijednosti sadržaja vode parketa na zgradi

u gornjem području raspona vlage, ali da razlogom greške ne može biti isporuka presušenog parketa.

Sadržaj vode položenoga parketa, mjeren elektrootporno (stupac 3 u tablici 1), na naličju je viši od vrijednosti koje bi parket ravnotežno poprimio da je duže vremena izložen klimatskim uvjetima izmjerene vlage (r.v.z. ca 55%). Očito je da je podloga u trenutku polaganja bila rizično vlažna za polaganje parketa (blizu 3%). Sadržaj vode betonske podloge (tablica 2) još je uvijek (više mjeseci nakon polaganja) blizu vrijednosti od 2% (CM mjerenje) i prosječno iznad 2% (gravime-

trijsko mjerenje). To doduše nije puno iznad dozvoljene granice vlage za postavljanje parketa, koja iznosi 2% CM, ali relativno velika debljina podloge čini da je apsolutna vlažnost estriha velika, pa znatna količina vode migrira u parket. Parket je stajanjem na podlozi preuzeo sadržaj vode od prosječno 12,4% na naličju i nabubrio, a niži sadržaj vode lica dasaka je održavan normalnom temperaturom i relativnom vlagom zraka u prvom razdoblju uporabe prostora.

S obzirom na to da je gradijent vlažnosti po debljini dasaka velik, te pozitivan prema podlozi, te da je na-

ličje poda oko 2,5% vlažnije od površine, evidentno je da je parket nabubrio preuzimanjem vlage odozdo. S obzirom da uvjeti u prostoru osiguravaju normalno stanje drva u interijeru, tako se vlaga postupno otpušta u prostor. Difuzija je relativno brza zbog velike permeabilnosti sloja ulja i voska, što izaziva bubrenje. Kod masivnog bi parketa to izazvalo pojavu koritavljenja, a kod ukočenoga parketa dolazi do širenja plohe i izdizanja od podloge.

Dodatni problem predstavlja lijepljenje parketa koji je predviđen na spajanje kopčanjem („klik“ sustavom). Da bi se jedna daska ukopčala u drugu, onu prethodnu potrebno je odignuti. Zato ovaj parket niti nije uobičajeno predviđen za polaganje lijepljenjem, nego za suha polaganja, preko sloja akustičke spužvice, kopčanjem u jedinstvenu, cjelovitu plohu. S obzirom da parket, kad je spojen, tvori neovisnu i ukočenu membranu, moguće je da njegova ravnina nije idealno prilagođena valovitostima ili neravninama glazure. Podopolagači su radili lopaticom sitnog zuba, kakva je predviđena za polaganje gotovih parketa i tankih obložnih elemenata, ali u ovom bi slučaju bilo bolje da su primijenili lopatice višega zuba, tako da pruge ljepila zahvate i naličje dasaka. To bi osiguralo bolju čvrstoću spoja dasaka i estriha, pogotovo uz ostvarivanje pritiska opterećivanjem plohe do otvrdnjavanja, jer je očito da parket prvo popušta na mjestima neodgovarajuće zalijepljenosti. Kakogod, tehnika lijepljenja nije glavni uzrok grešaka, jer čak i



da je parket položen bez lijepljenja (tj. na suho, kako je i predviđen) on se ne bi odizao, kad ne bi bilo pogubnog utjecaja vlage iz podloge.

Odgovornost za grešku može se poglavito pripisati izvođaču zgrade, jer je prema uzancama struke, prema standardu HRN U.F2.016 te prema odredbama DIN 18365 („izvodenje podova“) trebao osigurati odgovarajući sadržaj vode cementne podloge na zgradi. Nadalje, prema DIN 18356 „Parketarski radovi“, prije početka polaganja parketa mora biti provjerena i zapisnički utvrđena prihvatljivost podloge za izvedbu poda (ravnost, čistoća, postojana suhoća, odsutnost pukotina, vlažna i tlačna čvrstoća, itd). Mjerenje sadržaja vode laboratorijski izrađenih uzoraka u institutu nije mjerodavno za stanje na zgradi, jer se na objektu mješavina sastojaka, način i faze nanošenja estriha, fizikalni uvjeti pri otvrdnjavanju i tijek starenja estriha razlikuju od idealnih, tj. od laboratorijskih.

I podopolagač snosi dio odgovornosti, jer je trebao odgađati polaganje parketa dok se sadržaj vode podloge ne spusti ispod 2% po CM metodi, odnosno ispod 3% po elektrootpornoj metodi.



Slika 6. Sadržaj vode cementne podloge, mjeren CM uređajem, na gornjoj je graničnoj vrijednosti od 2% (zeleni skala)

Jedino potpuno pravilno, ali skupo i nepraktično rješenje, bila bi izmjena dijelova poda na mjestima gdje se parket odize, uz pregled vlažnosti podloge na takvim mjestima. Nakon potpunog isušivanja podloge provelo bi se izravnavanje, predobrada podloge i ponovno polaganje. S obzirom na potrebu korištenja dvorane, sanacija je provedena injektiranjem ljepila

(tj. silikonskog brtvila ili primera) pod parket kroz male rupe na spojevima dasaka, uz ponovno brušenje i površinsku obradu drvenih čepova (slika 4).

Završno popravljavanje je provedeno na kraju prve sezone grijanja, kada je došlo do stabilizacije vode u parketima i dodatnog isušivanja u uvjetima upu-

hivanja suhoga zraka u dvoranu. Korisnici prostora su upozoreni na potrebu održavanja pravilnih uvjeta temperature i relativne vlažnosti zraka u dvorani, kako radi sportaša i gledatelja, tako i radi osiguranja pravilnih termotehničkih i higrotehničkih uvjeta na zgradi.

Tablica 2. Sadržaj vode cementne podloge

* u ovom području vlage CM vrijednosti su normalno oko 0,5% - 1% niže od gravimetrijskih vrijednosti

Mjesto mjerena	Masa odvage (g)		Prosječna vlažnost cementne podloge	
	M _{mokro}	M _{suho}	GRAV (tež %)	CM %*
Ophod jug (srednji stup)				
Površina iskopa	64,68	63,89	1,24	
3-4 cm dubine	74,57	72,94	2,23	1,7
6 cm dubine	40,62	39,71	2,55	2,0
Preporučena gornja granica			3,0	2,0

Literatura:
Mensch, A.; Dittrich, H. (1974): Handbuch für den Fußbodenbau mit Trockenelementen. DVA Stuttgart
HRN U.F2.016. Završni radovi u građevinarstvu. Ugrađivanje podnih elemenata od drva. Tehnički uvjeti. HZN Zagreb
DIN 18356: Njemački postupci građevinskog ugovaranja. Dio C: opće tehničke specifikacije za građevne radove: parketni radovi
DIN 18365: Njemački postupci građevinskog ugovaranja. Dio C: opće tehničke specifikacije za građevne radove: izvedbe podova



Laboratorij za drvo u graditeljstvu
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu



AKREDITACIJA LABORATORIJA HRN EN 17025

Ispitivanja:

- Drvenih podnih obloga
- Površinske obrade drvenih podova
- Ljepila za drvene podove
- Odabranih fizikalnih svojstava drva

Zagreb, Svetošimunska 25

Tel: 01 235 24 54

01 235 24 85

Fax: 01 235 25 31

e-mail: ldg@sumfak.hr

hrvoje@sumfak.hr

- Kontrola podloga i uvjeta ugradbe drvenih podova na zgradama
- Sudska vještačenja, ekspertize, stručna predavanja, seminari

Sanacija poplavljenoga parketa

Prof.dr.sc. Hrvoje Turkulin

Fotografije je ustupio g. Josip Lisak iz tvrtke JOLI PARKET

Često se postavlja pitanje načina, postupaka i troškova sanacije podne obloge nakon kućne poplave (puknuće vodovodne cijevi, curenje stroja za pranje rublja ili posuđa i slično) tijekom nekoliko sati. Razmotrit ćemo najčešće tehničko rješenje u našoj stanogradnji, tj. primjenu klasičnog masivnog parketa nalijepljenog na cementnu podlogu (glazuru ili estrih), te predvidjeti opseg poslova potreban za sanaciju različitih stupnjeva oštećenja.

Opis nastale štete

Kod pojave poplave na lakiranom, klasičnom 21 ili 22mm debelom parketu od hrastovine ili jasenovine, značaj štete jako ovisi o trajanju izloženosti vodom. Kod kraćih trajanja (do pola sata) voda ulazi samo u površinski sloj parketa kroz pukotine na laku. Nijedan sloj laka, naime, ne predstavlja neprekinutu branu za prodor vode, nego slijedom bubrenja i utezanja u godišnjim oscilacijama sadržaja vode ugrađenoga drva nastaju male pukotine, pogotovo na dužim bridovima daščica, koje se zimi u centralnom grijanju malo prošire, a ljeti se zatvaraju. Ove pukotine kod dobro položenoga i kvalitetnoga parketa budu jedva vidljive, ali dovoljne da tekuća voda proдре u drvo, pogotovo na čelnim presjecima drva. Kod starijega parketa ove se pukotine povećaju s godinama u uporabi, i onda je čak i kratkotrajna izloženost tekućoj vodi (nekoliko minuta) dovoljna da tekućina proдре u reške među daščicama.

Posljedica izloženosti parketne plohe vodi u kraćem trajanju najčešće će biti tzv. markiranje rubova daščica (lak i drvo na bridovima nabubre i malo se izdignu). Moguće je i tamnjenje drva (naročito izraženo kod hrastovine) tamo gdje se voda dulje zadržala i dublje upila u drvo (slika 1). Manje markiranje rubova, koje može nastati čak i kao posljedica čišćenja parketa tekućim sredstvima, može se smatrati normalnim funkcijskim nedostatkom i ne bi zahtijevalo popravak. Kod natapanja poda vodom, ukoliko bridovi jače nabubre i potamne, potrebno je izvršiti popravak brušenjem površinskoga sloja, isušivanjem navlaženoga drva, te ponovnim nanošenjem sustava površinske obrade (laka).

Kod izloženosti podne obloge većoj količini tekuće vode u duljem trajanju (npr. voda u tekućem sloju stoji ili teče preko parketa u trajanju od nekoliko sati, slike 2 i 3) drvena podna obloga je najčešće uništena. Neki korisnici dozvoljavaju samo da se lak obrusi i parket posuši, međutim oštećenje drva predstavlja preveliku i nedozvoljivu grešku. Navlaživanje drva je intenzivno, naročito na čelnim dijelovima daščica, pa parket poprimi mnogo veći sadržaj vode od onog predviđenog za drvo na podovima (7 – 11%). Pri tome parket jako nabubri i više se ne može prirodno osušiti na početni sadržaj vode, osim u uvjetima industrijskog isušivanja ili nakon nekoliko mjeseci centralnoga grijanja. Uobičajena pojava je da parket nabubri do

Slika 1. Kratkotrajno curenje iz sifona umivaonika prouzročilo je tamnjenje reški, blagu koritavost daščica i promjenu boje hrastovine. Moguća je lokalna sanacija brušenjem i novom površinskom obradom.



Slika 2. Intenzivno plavljenje podne plohe prouzroči veliko bubrenje i odizanje parketa, te odizanje rubnih letvica



Slika 3. „Otvaranje“ poda propiljivanjem reški a zatim njegovo jako isušivanje nije zadovoljavajuće rješenje, jer kasnije nastaje veliko lokalno rasjedanje parketa.



zapunjavanja dilatacijskih reški uza zidove, pa s obzirom da se ne može dalje širiti, odigne se u velikim valovima u sredini prostorije.

Ukoliko se podna obloga nakon kraće poplave ne odigne, pa se ostavi na podu, parket pokazuje jako velike reške kada se isuši (slika 3). Reške se, naime, ireverzibilno tj. nepovratno otvaraju nakon sušenja, a razlogom tome je plastična deformacija drva kod bubrenja većega od 3% sadržaja vode. Godišnja kolebanja sadržaja vode do 3% prouzroče povratne deformacije, a ne prouzroče nikakve promjene na parketu osim ranije spomenutih manjih pukotina. Kod većih oscilacija od 3% sadržaja vode, međutim, nastaje trajna plastična deformacija u poprečnom smjeru na vlakanca, koja vrlo uopćeno govoreći iznosi 0,18 %/%, tj. sa svakim postotkom povećanja sadržaja vode iznad 3%, nastat će trajna deformacija od 0,18% dimenzija. Ove deformacije se nakon isušivanja iskazuju kao reške među parketnim daščicama. Možemo izračunati da kod bubrenja drva sa 9% na sadržaj vode od 16% (povećanje od 7%) nastaje povratna deformacija bubrenja od 3% i trajna, nepovratna deformacija od 4%. Čak i da se parket isuši natrag na početnih 9%, ovo nepovratno bubrenje rezultirat će utezanjem u iznosu $(4 \cdot 0,18) = 0,72\%$ dimenzija, tj. svaki metar širine parketa iskazat će reške u ukupnoj veličini od 7,2mm.

Ukoliko se podna ploha nakon poplave odignula, onda je načešće u parket ušlo toliko vode da je ona kroz spojeve daščica prodrila i u sloj ispod parketa, te navlažila nosivu podlogu. U ovom bi slučaju isušivanje trajalo mjesecima, pa čak i godinama, uz neminovni razvoj plijesni i smrada u donjnjim slojevima poda, pa je sanaciju nemoguće provesti bez uklanjanja parketne plohe. Odignuti parket se više ne može iskoristiti jer su daščice nabubrile i deformirale, a struganje ostataka ljepila i cementne podloge je prekomplikirano i preskupo.

Kod izlaganja poda tekućoj vodi u trajanju od nekoliko sati (npr. kod puknuća vodovodnih cijevi za vrijeme godišnjih odmora, kada se poplava primijeti tek kada voda počne vlažiti donjne zidove i strop ili kapati u donjne prostorije) problem nije samo u vodi koja bi se zadržala ispod parketa, nego u onoj koja se zadrži ispod nosive podloge („estriha“). Naša načešća praksa u stanogradnji podrazumijeva da se na betonsku ploču stavi sloj stiropora i politetilenska folija, a onda

Procjena potrebnih radova i troškova

OPIS POSLA / MATERIJAL	CIJENA
Uklanjanje staroga parketa i odvoz na deponiju	150,00 kn/m ³
Trošak deponije Jakuševac	450,00 kn/m ³
Isušivanje klasičnim uređajima, 60 kn/danu po prostoriji, 14 dana	840,00 kn/prostoriji
Čišćenje, strojno struganje i sanacija glazure (masa za izravnavanje)	75,00 kn/m ²
Predpremaz, ukoliko nije provedeno isušivanje glazure (opcionarno)	30,00 kn/m ²
Parket jasen, natur klasa, 400-600x70-90x22 mm	340,00 kn/m ²
Ljepilo, dvokomponentno za klasični parket	33,00 kn/m ²
Lak, temelj i dvokomponentni PU završni lak u dva sloja	33,00 kn/m ²
Posao postavljanja, kitanja, brušenja, međubrušenja i lakiranja parketa	110 kn/m ²
Kutne letvice i postava	18 kn/m ¹
Ukupni predvidivi trošak za dvije prostorije u stanu, ca 30 m² parketa	20.000,00 kn

Cijene su vrlo približne, prema autorovim općim saznanjima i procjeni srednjih vrijednosti trenutno važećih cijena na tržištu. Sve su cijene iskazane s uključenim PDV-om.

se izradi ca 4cm debeli nosivi cementni nasip (estrih). Ukoliko se voda podvuče pod estrih, isušivanje je moguće samo uklanjanjem parketa i strojnim isušivanjem cijele konstrukcije. Jedna mogućnost je da se u prostoriju postave isušivači i uređaji za prisilno struganje zraka koji smanjuju površinski sadržaj vode estriha, pa voda iz dubljih slojeva polako migrira na površinu i u prostor. Ovakvo isušivanje, uz grijanje i cirkulaciju zraka ventilatorima, traje najmanje 2 tjedna, a uobičajeno je isušivati 3 tjedna. Druga mogućnost je da se pod estrih, kroz pravilno razmještene rupe izbušene u betonu, upuhuje vrući i suhi zrak iz posebnih turbina, koji istjeruje vlagu iz estriha u prostor. Pri tome se moraju otvoriti dilatacijske reške uza zidove (najčešće zapunjene stiroporom).

Nakon isušivanja podne plohe popravak podrazumijeva obaveznu sanaciju površine cementnog nasipa.

To je obavezno zbog uklanjanja razmrvljenog površinskog sloja i ostvarenja čvrste površine za lijepljenje novoga parketa, te zbog uklanjanja tragova staroga ljepila na neotrgnutim dijelovima podloge.

Zaključak

Nakon kratkotrajnog poplavljanja lakiranog masivnog parketa, pri čemu je došlo do bubrenja na bridovima daščica i deformacija lica parketa, potrebno je podnu plohu obrusiti, isušiti i ponovno površinski obraditi.

Nakon dugotrajnog plavljenja (u trajanju od nekoliko sati) i odizanja podne plohe potrebno je sav parket ukloniti, cementu podlogu dobro isušiti, sanirati, naljepiti novi parket i završiti podnu plohu odgovarajućom površinskom obradom.



Laboratorij za drvo u graditeljstvu
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu



AKREDITACIJA LABORATORIJA HRN EN 17025

Ispitivanja:

- Drvenih podnih obloga
- Površinske obrade drvenih podova
- Ljepila za drvene podove
- Odabranih fizikalnih svojstava drva

Zagreb, Svetošimunska 25

Tel: 01 235 24 54

01 235 24 85

Fax: 01 235 25 31

e-mail: ldg@sumfak.hr

hrvoje@sumfak.hr

- Kontrola podloga i uvjeta ugradbe drvenih podova na zgradama
- Sudska vještačenja, ekspertize, stručna predavanja, seminari

Prof.dr.sc. Hrvoje Turkulin

Dimenzijska i oblikovna stabilnost laminata

Iskustva iz prakse

hodam

Drvene podne obloge od tvrdo prešanih ploča vlaknatica, koje se najčešće pojavljuju u obliku podnih dasaka i žargonski ih nazivamo laminatne podne obloge ili jednostavno laminat, opravdano smatramo površinski i dimenzijski otpornim proizvodima. Njihove gornje i doljnje površine obložene su paronepropusnom folijom impregniranom melaminskom smolom, pa uzimamo da su laminati otporni na djelovanje vlage. Je li tome doista tako, i treba li voditi računa o fizikalnim uvjetima ugradbe i kod primjene laminata, pokazat će nam sljedeći slučaj iz prakse.



1. Uvod

Laminatne podne obloge zauzimaju važan segment tržišta ponajprije zbog svoje relativno niske cijene u odnosu na mnogobrojne prednosti koje korisnici cijene pri instalaciji i u vijeku uporabe poda. Ove su podloge, naime, načinjene od tvrdih ploča vlaknatica, te su obostrano obložene folijama koje su impregnirane melaminskom smolom. Jednostavne su za polaganje (čak i bez izvježbanih majstora, tj. u „uradi sam“ aranžmanu), te ne zahtijevaju kompletnu evakuaciju prostora za polaganje. Podne se daske mogu slagati na tepih od specijalne spužvice, debele 3 do 5 mm, koja ima ulogu niveliranja podloge, sprečavanja širenja udarnog zvuka hodanja i stvaranja ugodnih gaznih osobina poda. Na taj je način moguće otpočeti polagati prostoriju s jedne strane, prenijeti namještaj na gotovi pod, te nastaviti polaganje do kraja. Postupak je suh i najčešće ne zahtijeva posebnu pripremu podloge, nema ljepljiva niti naknadne površinske obrade lica. Revolucionarni sustav međusobnog kopčanja dasaka (tzv. „klik“ spoj specijalno profiliranih utora i pera) omogućuje mehanički postojanu i tijesnu međusobnu vezu dasaka, tako da se laminati slažu brzo, pouzdano i lako, a u uporabi ne škripe.

2. Funkcijske prednosti i nedostaci laminatnih podnih obloga

Laminati, kao i sve druge obloge, imaju prednosti i mane. U osnovi podne se daske sastoje od srednjice koju čini tvrda drvena ploča vlaknatica. Za njezinu proizvodnju drvo se prvo razvlakni, a vlakanca se onda miješaju s vezivima, punilima, vodoodbojnim i drugim dodacima te natresaju u tepih koji se u specijalnim prešama stisne u proizvod gustoće znatno veće od prosječne gustoće drva listača. O svojstvima ove ploče (gustoće, tvrdoće, vodoupojnosti, čvrstoće na raslojavanje) ovisit će u najvećoj mjeri fizikalna stabilnost dasaka. Većinom je laminat dimenzijski stabilan, ravan, postojan na predviđena opterećenja uporabe: stupanj vodootpornosti i trošenja lica može se odrediti uporabom srednjice i površinskih obloga specifično odabranih svojstava. Srednjica je obostrano obložena papirnim ili drugim folijama, kojih na licu ima više, jer se preko melaminom impregniranog papira, na koji je tiskana tekstura drva, još razvijaju folije koje čine površinu vodoodbojnom, otpornom na trošenje i udar, te definiraju estetske odrednice površine (sjaj i moguću

strukturnu profiliranost). S doljnje je strane laminat potrebno oblijepiti folijom slične čvrstoće i vodonepropusnosti, da se komponira debljinski i mehanički simetričan proizvod. Gornje folije se tiskaju u bojama i teksturama drva ili nekih drugih modernih dezena, te je estetska ujednačenost pojedinog proizvoda, čak i iz isporuka tijekom nekoliko godina, vrlo ujednačena. Je li to prednost ili nedostatak u odnosu na prirodne neujednačenosti estetike masivnog drva ili furnira, ostaje za raspravu korisnika, arhitekata i dizajnera, a mi ćemo se ovdje pozabaviti samo tehničkim svojstvima proizvoda.

Nedostaci laminata su, među osnovnima, oblikovna ograničenost, jer se laminat uglavnom proizvodi u velikim dimenzijama dasaka, tako da u obzir dolazi samo usporedno polaganje. Laminat ima slabo prigušivanje odjeka zvuka u prostoriji u odnosu na masivni parket, slabiju toplinsku izolaciju, sklizav je u mokrom ili vlažnom stanju površine, te se ne da obnavljati. Kada trenjem obuće, naime, dođe do potrošenosti gornjeg sloja i tiskane slike na papiru, pojavljuju se neugledne bijele površine – najčešće uz bridove ili čela dasaka. Dakle, za razliku od masivnih drvenih podova, koji se mogu popravljati brušenjem i obnav-



Slike 1 i 2. Podna ploha od laminata u sredini kancelarijskog prostora (lijevo) iskazuje zamjetnu koritavost, a u prostoru hodnika (desno) ne vide se greške parketnih dasaka.

ljanjem površine, praktično jedini način popravka laminata je – izmjena poda. Pri tome se iskorišteni laminat teško može rabiti za druge proizvode, jer se rastavljanjem ošteti „klik“ spoj na daskama, pa prestaje samo usitnjavanje i gorenje. Ovo treba pak provoditi u incineratorima s posebnim filtrima i odlaganjem pepela, jer vlaknate i obložne folije sadrže toksične supstance (npr. formaldehid).

Srednjica laminata, ukoliko je načinjena od kvalitetne vlaknate, ima bolju oblikovnu i dimenzijsku stabilnost od masivnog drva. Bubri i uteže mnogo manje u poprečnim smjerovima, i to jednolikije nego što je to slučaj kod masivnog drva (čak do deset puta manje). Debljinsko bubrenje, međutim, veće je nego kod masivnog drva (oko 7% u higroskopskom rasponu). Štoviše, kad vlaknata jednom nabubri, pa se izloži suhoći, onda više ne utegne na početne dimenzije, nego ostaje „raširena“. Kod masivnih su drvenih podova dimenzijske promjene u velikoj mjeri reverzibilne: nakon vlaženja, naknadnim sušenjem drvo uteže na manje ili početne dimenzije. S obzirom da je kvalitetan laminat površinski otporan na vodu, lako se održava pranjem i u prostorima javne namjene (npr. vježbaone, butici i manje trgovine, ulazni prostori javnih zgrada) smatra se da je laminat potpuno imun na

djelovanje vode. Je li tome stvarno tako, pokazat će sljedeći primjer iz prakse.

3. Slučaj deformacija laminatnog poda

Predmet pregleda bila je podna podloga – cementni estrih – i laminatne ploče koje su ugrađene u jednom poslovnom objektu na više etaža. Na spomenutoj zgradi su ljeti izvedene klasične cementne glazure s dodatkom aditiva za brzo sušenje u debljini 4–7 cm. Na površini zgrade od preko 2000m² postavljene su laminatne parketne ploče velikih dimenzija (600x600x10mm ili 1000x1000x10mm) koje su bile pravilno uskladištene na zgradi. Zgrada je u jesen bila grijana plinskim topovima, te je izvedeno djelomično polaganje podova (u kancelarijskim prostorima) koji su se već nekoliko dana nakon polaganja počeli koritaviti.

U zimskim mjesecima izvedeno je ponovno polaganje uz uvođenje dilatacija, ovaj puta preko 5mm debele, tvrde, upjenjene i kaširane podložne spužvice. Laminat je namijenjen za opći promet u javnim komercijalnim prostorima (klasa 33), te bi se očekivalo da je otporan na vodu i vlagu. I novopoloženi laminat,

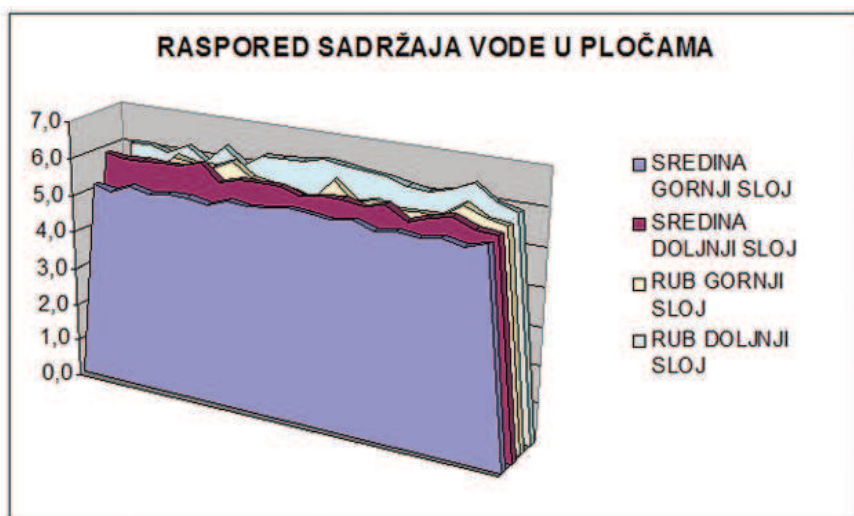
međutim, koritavio se prema gore po cijeloj dimenziji ploče (slika 1). Posebno treba napomenuti da je istovremeno lijepljenjem postavljan i parket u dijelovima susjednih kancelarijskih prostorija, koji niti se odizao niti odvajao, niti uopće koritavio bridovima prema gore (slika 2).

3.1. Mjerenja i nalaz

U trenutku mjerenja zgrada je bila kompletno opremljena stolarijom, bez tragova vlaženja građevinske konstrukcije. Klimatski uvjeti su bili stabilni, iznose oko 18 °C i 50% rel. vlažnosti zraka (uz vanjske uvjete ca 16 °C i 60% r.v.z.), a na svim katovima ugrađena je stolarija a prostorije se mjestimično prozračuju. Temperatura poda nepoloženoga prostora iznosi između 15 i 17 °C. Ovo pokazuje da su elementi građevne konstrukcije stabilizirani i kondicionirani ispod sobnih uvjeta. Pri ovim uvjetima dolazi do relativno sporog isušivanja građevnih materijala.

Mjerenje je izvršeno bilježenjem relativne vlažnosti i temperature zraka, temperature poda, sadržaja vode parketa i njegovoga gradijenta po debljini. Rezultati svih mjerenja usklađeni su bez nepredvidivih rasipanja, a sumarne vrijednosti prikazane su u tablici 1.

DIJELOVI PROSTORIJE	MJESTO MJERENJA	IZMJERENA PROSJEČNA VLAŽNOST CEMENTNE PODLOGE		
		djelova skale	RTU (tež%)	CM(%)
Prvi kat Izložbeni salon (otvorena podloga) Tp= 14,9 °C, 50% rvz debljina 8 cm	estrih na dubini 2 cm	42	1,7	
	estrih na dubini 3 cm	60	2,4	2,3
	estrih na dubini 4 cm	75	2,7	
Prvi kat Teretana (ispod laminata) Tp= 19,2 °C, 47% rvz debljina 6 cm	estrih na dubini 2 cm	85	3,3	
	estrih na dubini 3 cm	87	3,4	2,9
	estrih na dubini 5 cm	92	> 4	



Slika 3. Dijagram rasporeda sadržaja vode u pojedinim zonama laminatnih ploča

3.2. Laboratorijski pokus

S podne plohe ispitivanog objekta izuzete su prema gore izvijene i iskoritavljene laminatne ploče 600x600x10mm. Jedna ploča ispiljena je na pruge širine 40mm posebno uz rubne zone te posebno iz središnjeg područja. Te su pruge zatim prepiljene po pola tako da zaostanu odvojene plohe gornje i doljne zone ploče, koje su zatim ispiljene na po 20 uzoraka iz svake zone, približnih dimenzija 40 x 70mm. Gravimetrijskim određivanjem sadržaja vode (sušenjem na 103 ± 2 °C tijekom 24 h) pokušalo se utvrditi postoji li razlika u sadržaju vode pojedinih zona ploče koja bi uvjetovala lokalizirano bubrenje i shodnu posljedičnu deformaciju.

Nakon raspiljivanja po debljini, oba sloja ploče - i onaj uz gornji i uz doljni sloj (foliju) ostali su izvijeni u izvornom smjeru i intenzitetu. Druga izuzeta izvijena ploča ostavljena je cijela, u klimatskim uvjetima standardne laboratorijske klime (22 °C i 55 ± 2 % r.v.z.) u vertikalnom položaju na kondicioniranju i ona se u roku od 48 sati **potpuno izravnala**. To naznačuje da je deformacija ploča uvjetno trajna tj. da nije posljedica postojećih zaostalih naprezanja između sloja folije i sloja središnje HDF ploče, ili različitih naprezanja gornje i doljne folije (u tom bi se slučaju pruge nakon raspiljivanja oslobodile naprezanja i izravnale, ili bi se gornja ploha izvinula prema gore, a doljnja prema dolje). Dokaz ovoj pretpostavci smo potražili u vrlo preciznom mjerenju sadržaja vode pojedinih zona izvijene ploče.

3.3. Rezultati i analiza

Iz rezultata sa dijagrama na slici 3 vidljivo je da postoje male, ali vrlo konzistentne razlike u sadržaju vode pojedinih zona ploča. Raspored ispod gornje folije

Posebno je provedeno mjerenje nevezane vode karbidnom metodom (CM uređajem) na otvorenom dijelu poda (nepoloženi prostori gdje će se kasnije polagati laminat velikih dimenzija,) i teretane uz kancelarije (ispod položenog laminata), kako bi se točno utvrdila količina vode zaostala u cementnom nasipu nakon kompletnog vezanja agregata. Rezultati svih mjerenja prikazani su u tablici 1.

Cementna podloga u izložbenom salonu na katu iskazuje sadržaj vode sa znatnim gradijentom, uglavnom ispod dozvoljene granice od 3,0%, ali velike debljine podloge i rizično visoke vlažnosti u dubini. Usporedno s time, podloga pokazuje i iznos nešto viši od 2% po CM metodi, što je gornja dozvoljena CM granica za polaganje parketa. U podlozi još postoji izvjestan gradijent vlažnosti odozdo prema površini, koji dovodi do postupne migracije vlage u jako suhi laminat i do njegovog blagog koritavljenja koje se jako primjećuje zbog velikih dimenzija ploča. Preporučili smo početi s parketarskim radovima tek nakon dodatnog isušivanja te uz kontrolu klimatskih uvjeta i daljnje nastavljene održavanja sobnih stambenih uvjeta temperature i rel. vlažnosti zraka.

U kancelarijskim prostorima, međutim, ne samo da nisu bili ostvareni uvjeti koji bi omogućivali polaganje drvenih podnih obloga, nego su bili znatno iznad dozvoljenih granica za izvođenje radova (usp. HRN U.F.2.016 točka 5.3.1. i DIN 18365). Očito je da je difuzija kroz higroskopnu i slabo propusnu oblogu, kao što je lakirano drvo u debljini od 22mm, dovoljno intenzivna da se omogući postupna migracija vode bez velikoga gradijenta koji bi doveo do koritavljenja dasaka. Kod laminata, međutim, koji ima i znatno niži proizvodni sadržaj vode nego parket, male je debljine a gornji sloj je paronepropusan, dolazi do gradijenta i bubrenja rubnih (nezaštićenih) zona koje prouzroče koritavljenje prema gore.

Bez grijanja nema znatnog temperaturnoga gradijenta, pa je difuzija kroz higroskopne materijale vrlo slaba. Time se može reći da se nije moglo očekivati da se isušivanjem podloge građevinskim dehumidifikatorima sadržaj vode podloge smanji ispod 2% CM vrijednosti tijekom dva do tri mjeseca. Čak i tada bi polaganje širokog laminata, bilo riskantno za pojavu grešaka koje bi bile takvog intenziteta i učestalosti da bi se zahtijevala obnova podne plohe.



vrlo je ujednačen, a vrijednosti sadržaja vode niske, oko 5,5% na sredini. Vidljivo je da je donja zona ploča vlažnija od gornje, te da je rub vlažniji od sredine. Time ukupni raspon srednjih vrijednosti sadržaja vode od najsuhlije zone (sredina gore) do najvlažnije zone (rub dolje) iznosi 0,7%.

Pretpostavljamo da je preuzimanje vode odozdo na spojevima ploča dovelo do vrlo malog, ali ravnomjerno raspoređenog navlaživanja rubnih donjih zona ploča. To je uzrokovalo bubrenje rubne zone i koritavljenje cijele ploče prema gore (slično kao kad bismo rub papira ili kartona nakratko navlažili). Kako spajanjem ploča kod polaganja zaostaje uska reška s donje strane rubova, a rubovi nisu lijepljeni, jasno je da je navlaživanje na rubovima malo izraženije nego na sredinama ploča. Iako je gradijent vlažnosti po debljini ploča malen (samo oko 0,4 % u svakoj zoni), on je očito dovoljan da prouzroči zonsko bubrenje donjnjeg dijela ploče, te jače bubrenje rubova od sredine. Takvo bubrenje na ovako velikim dimenzijama ploča uvjetuje njihovo koritavljenje prema gore. Iskustvo profesionalaca u ovom području potvrdilo je naša mjerenja i pretpostavke u smislu usmenog priopćenja gdje Tanje Lukačević iz tvrtke CONTY PLUS d.o.o. iz Zagreba. Prema njezinom iskustvu, laminatne ploče velikih četvrtastih oblika vrlo su osjetljive na vlagu, čak i na relativnu vlagu zraka, iako su deklarirane u razred za javnu uporabu visokog intenziteta. Deformacije kod daščanih oblika laminata znatno se manje primjećuju, pa su i reklamacije mnogo rjeđe.



4. Zaključak

Prostor kod kojega podloga nije potpuno isušena najbolje je koristiti bez položenoga poda, eventualno obloženoga građevinskim drvnim pločama ili tekstilnom oblogom, koje bi omogućile postupnu difuziju, oko godinu dana. To bi omogućilo bar približno normalno korištenje prostorija, bez rizika od polaganja drvnih obloga (parketa ili laminata). Nakon godinu dana normalne uporabe, ventilacije i isušivanja, situacija

bi se stabilizirala, pa bi se tada mjerodavno ocijenilo stanje i način izvedbe podnih ploha.

Druga je mogućnost da se pod otvori, još čeka prirodno difuzijsko isušivanje tijekom grijanja 6 do 8 tjedana, pa ako se u navedenom razdoblju sadržaj vode podloge spusti ispod 3% HGR (tj. 2% po CM metodi) tada se može izolirati podlogu i uzlaz zida epoksidnim paronepropusnim premazom, te ponovno položiti laminat.

Literatura:

Thoemen, H.; Irle, M.; Šernek, M.; Eds. (2010): Wood-based panels - an introduction to specialists. London: Brunel University Press. © COST Office, 2010

HRN EN 13329:2008: Laminatne podne obloge – Elementi s površinskim slojem na bazi aminoplastičnih termostabilnih smola – Specifikacije, zahtjevi i ispitne metode (EN 13329:2006+A1:2008)

OVLAŠTENI LABORATORIJ MINISTARSTVA GRADITELJSTVA I PROSTORNOG UREĐENJA ZA OCJENJIVANJE SUKLADNOSTI DRVENIH PODOVA



Laboratorij za drvo u graditeljstvu
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu



AKREDITACIJA LABORATORIJA HRN EN 17025

Ispitivanja:

- Drvenih podnih obloga
- Površinske obrade drvenih podova
- Ljepila za drvene podove
- Odabranih fizikalnih svojstava drva

Zagreb, Svetošimunska 25

Tel: 01 235 24 54

01 235 24 85

Fax: 01 235 25 31

e-mail: ldg@sumfak.hr

hrvoje@sumfak.hr

- Kontrola podloga i uvjeta ugradbe drvenih podova na zgradama
- Sudska vještačenja, ekspertize, stručna predavanja, seminari

ZAČUDNOSTI DRVA

Primjena drva za podove često ugodno iznenađuje stručnjake i korisnike, ma koliko dugo se bavili podovima ili živjeli na njima. Kakogod, ponekada nam začudnosti drva stvaraju neočekivana iznenađenja, ma kako dugo proučavali drvo ili ga rabili. Odlučili smo prikazati neke zagonetke koje smo zajedno odgonetali, ne bismo li čitateljima pružili zanimljivo, a možebitno i korisno štivo za nezavršivo rabljenje drva i divljenje drvu.

1. ČUDNO ESTETSKO OBILJEŽJE BIJELIH MARKACIJA NA LAKIRANOM DOUSSIE PARKETU

Jednom se zatražilo mišljenje o pojavi svijetlih mrlja na licima doussie parketa Natur (N1) ili Ekstra klase. Slika 1 predstavlja jednu takvu karakterističnu daščicu na podu položenomu u razdoblju rujna, dakle u razdoblju ugodne prirodne mikroklimе, bez grijanja prostora. Masivni parket doussie površinski je obrađen otapalnim temeljnim fondom premazom i s dva sloja završnog dvokomponentnog poliuretanskoga laka za parkete.

Doussie (*Azelia pachyloba*) je tropsko, afričko tvrdo drvo (listača) koje se odlikuje velikom trajnošću i gustoćom, odličnim mehaničkim svojstvima i dobrom dimenzijskom stabilnošću. Drvo se, osim u vanjskim

konstrukcijama i brodogradnji, često i primjereno rabi za podne obloge.

Predmetni slučaj je poznata prirodna karakteristika drva doussie koja se povremeno javlja kod primjene u interijeru, naročito na podovima. Drvo doussie, naime, sklono je inkrustacijama silicija, koji se – ovisno o staništu i uvjetima rasta – u većoj ili manjoj mjeri taloži u staničju. Kod većeg obima inkrustiranja kristali se nakupljaju u uzdužnim elementima anatomске građe većega promjera lumena (staničnih šupljina).

Karakteristično je, dakle, da se svijetla diskoloracija poglavito javlja u obliku izduženih bijelih mrlja, često u uzdužnim nizovima. Ova prirodna pojava u drvu doussie uglavnom ne utječe na tehnološka svojstva drva, osim što može stvarati manje poteškoće kod brušenja i poliranja te što se može manifestirati kao diskoloracija lakiranog drva.

Problem s lakiranim parketom koji ima mjestimične inkrustacije silicija je u tome što se mrlje ne vide - ili su prostim okom jedva primjetne - na sirovom i suhom drvu, pa čak niti na netom površinski obrađenom drvu, nego se iskazuju nakon mjesec do dva dana po lakiranju. Razlog tome je razvoj fotooksidativnih procesa koji nastaju djelovanjem svjetla (pogotovo djelovanjem ultraljubičastog dijela spektra, UV) na drvo. Prozorsko staklo uvelike filtrira UV svjetlo, pa djelovanjem sunčeva svjetla na drvo u interijeru (naročito na izravno osunčanim, južnim ekspozicijama) dolazi do blagog tamnjenja drva, a istovremeno UV svjetlo prouzroči fotooksidativne reakcije blijeđenja područja s većom koncentracijom ekstraktivnih tvari. Ovakve kemijske reakcije, koje se odvijaju određeno vrijeme (mjesec do dva, što ovisi o orijentaciji prostorije, intenzitetu osvijetljenosti podne plohe i godišnjem dobu) prouzroče svijetle mrlje ekstrak-



Slika 1. Doussie masivne parketne daske dva mjeseca nakon lakiranja pokazuju svijetle mrlje u uzdužnom nizu

Slika 2. Prikaz razloga skošenja bridova prije lakiranja tvorničkih (najčešće višeslojnih) parketa

ktivnih tvari, koje na malo zatamnjenom drvu postaju izraženo vidljive.

Količina inkrustata ne javlja se baš uvijek na drvu doussie parketa, jer njezina pojava ovisi o staništu sirovine i uvjetima rasta. Stoga odgovornost za ovu pojavu ne preuzimaju dobavljači parketa jer se na nelakiranom drvu ne može detektirati niti predvidjeti pojava i intenzitet svijetlih obojenja. Pojava inkrustacija se može dokazati jedino mikroskopskom analizom. Stoga niti podopolagač nije u mogućnosti predvidjeti ovu grešku te ne snosi odgovornost za njezinu pojavu. Kakogod, podopolagač je zadnji u nizu do korisnika objekta pa u duhu dobre poslovne prakse preuzima dio ili cjelokupne troškove popravka podne plohe.

Iskustveno je poznato da je pojava mrlja vezana uz otapalne sustave površinske obrade. Kod obrade vodotopivim sustavima ova pojava je mnogo manje izražena. Sustav sanacije predviđa brušenje postojećega sloja površinske obrade i „zatvaranje“ površine dvokomponentnim vodotopivim temeljnim premazima, kakve u svojoj paleti proizvoda nude gotovo sve veće tvornice materijala za površinsku obradu podova. Neki od tih temeljnih premaza sadrže UV apsorbere koji smanjuju intenzitet fotokemijskih reakcija. Na potpuno osušeni temelj se nakon toga nanosi (preporučljivo dvokomponentni) vodeni završni lak u dva sloja.

Obrade drvenih podova

Obrađen na licu mjesta

(neobrađen)

Proizvod mora biti obrađen na gradilištu, obrušen i polakiran nakon postavljanja. Sitne visinske razlike se eliminiraju brušenjem i osigurava se ravan pod. Brušenje i površinska obrada na gradilištu stvaraju prašinu, buku i isparavanja. Tijekom sušenja laka ne može se koristiti prostor.



Masivni, mozaik i Lam-parket se obrađuju na gradilištu

Tvornički obrađeno

je tvornički obrušeno i površinski obrađeno. I najmanje visinske razlike između letvica mogu uzrokovati loš izgled poda te može doći do oštećenja letvica. U svrhu sprječavanja takvih pojava izrađuje se V-utor (skošenje bridova lica cijele daščiće).

V-fuga ujednačuje neravnine.



Industrijski parket najčešće je gotov za uporabu

2. ČUDNI RAZLOZI OPRAVDANOSTI SKOŠENJA BRIDA PARKETNIH DASAKA

Jednom se usmenim upitom zamolilo za pojašnjenje opravdanja izvođenja bridnog skošenja na podnim daskama kod troslojnog parketa. Korisnik nije htio da se na parketnoj plohi vide mali utori na spojevima dasaka, nego da ploha bude „cjelovito“ lakirana, a proizvođač parketa mu nije znao argumentirano objasniti zašto je poželjno ili potrebno skositi bridove industrijski lakiranog parketa.

Troslojni se parket izvodi prema normi HRN EN 13489 – Drveni podovi – višeslojni parketni el-

ementi, gdje se pod proizvodom Tip 4 prikazuju oblici parketne daske velikih dimenzija, pri čemu na licu daske bude jedna cjelovita platica, ili dvije usporedne platice. Sva geometrijska svojstva mjere se prema normi HRN EN 13647, Drveni podovi i zidne obloge – određivanje geometrijskih svojstava, gdje je naveden način mjerenja podsjeka ili bridnih skošenja. Gazni sloj tvori platica od najmanje 2,5 mm debljine, izrađena od masivnog drva, najčešće plemenitih (tvrdih) listača. U normi HRN EN 13226 za masivni parket jasno se definira da gornji bridovi daščiće **mogu** biti skošeni („Die Kanten dürfen gefast sein“). Time se jasno podrazumijeva da skošenje bridova ne predstavlja tehnički nedostatak ili odstupanje od norme.





Slika 3. Opći dojam izvedbe poda. Mjestimične razlike u boji susjednih dasčica i rijetko primijećeni tragovi bjeljike toleriraju se u standard („natur“) klasi, po kojoj je parket deklariran (HRN D.D5.021) tj. u klasi Δ po sada važećoj normi HRN EN 13226.

Skošenje bridova kod parketnih dasaka koje na licu imaju tri platice (tzv. „three strip“ parketi) nije uobičajeno, jer bi skošenje bridova, tj. utor nastao spajanjem dviju dasaka skošenih bridova, predstavljao diskontinuitet površinske jednakosti sloga elemenata manjih dimenzija. Daščice trodjelne platice širinski su slijepljene bez skošenja bridova, a na svake tri daščice položene parketne plohe došla bi jedna markantnija pruga skošenja bridova. Stoga se kod gotovog parketa s dvije ili tri pruge lamela na platici ne prakticira izvođenje skošenja bridova. Ove se daske u tvornici prvo lakiraju, a onda bočno profiliraju. Spoj dasaka mora biti tako tijesan („klik“ sustavom kopčanja ili međusobnim bočnim lijepljenjem dasaka utorima u pera) da u uporabi ne dolazi do pojave reški, opet nepravilno raspoređenih – na svake dvije ili tri daščice lica.

Kod parketa jedinstvenih platice, naprotiv, ovakvo skošenje je uobičajeno i poželjno, i to s tri razloga:

- ono estetski naglašava dimenzije pojedine daske, čime se dobiva na dojamu ekskluzivnosti položenoga poda
- moguća odstupanja u površinskoj ravnini ili pojava reški, koja bi kod širokih parketnih dasaka bila nepoželjna estetska pojava (slika 2), na ovaj se način izbjegnu
- jednolikost debljine sloja laka na bridu, gdje se lak „povlači“ zbog površinske napetosti, lakše se osigurava kod bridno skošenih dasaka nego kod oštrobriđnih dasaka. Time je osigurana ravnomjerna debljina svih slojeva tvornički nanešenog laka, uz obavezu nanosa valjcima na bridove NAKON bočnog profiliranja. Još važnije, skošenjem i lakiranjem bridova se izbjegava ili eliminira neugledno intenzivnije trošenje sloja laka uz izdignute bridove dasaka tijekom uporabe.

Ukoliko su daske oštrobriđno obrađene, a ne bruse se naknadno i lakiraju na zgradi, može nastati mala razlika u visini njihovih lica, koju zovemo nadvis, (njem. „Überzahn“, engl. „lipping“) a koja nije poželjna

na podnoj plohi: može izazvati neugode pri bosom hodanju jer su bridovi oštri. Štoviše, oštar brid je više izložen mehaničkim opterećenjima (trenju obuće ili pomagalima za čišćenje) pa se može zacijepiti ili se više troši od plohe lica. Posljedice obaju pojava su estetski nepoželjne, a kod zacijepijavanja mogu nastati i funkcijski nepoželjne posljedice u vidu ozbiljnih ozljeda djece ili sportaša koji su tijelom na podu, ukoliko se zacijepljeni iver zabije u kožu.

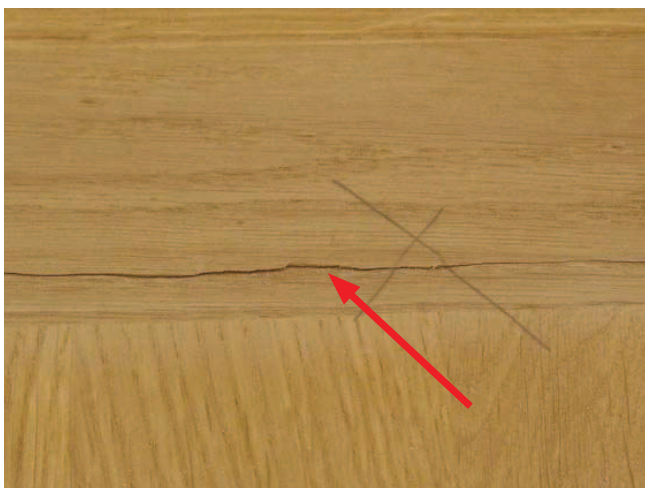
Stoga norma za geometrijske osobine parketa (HRN EN 13647) nalaže mjerenje nadvisa. Mjerenje se provodi na spojenim parketnim daskama uz pomoć uložnih listića – tzv. „špijuna“ i osjetom neravnine prelaskom prstiju preko spoja. Osjetljivost jagodica prstiju, koja bude u rangu veličina 1/1000 do 1/10000 mm, uglavnom je veća od netočnosti izrade uložnih metalnih listića, pa mjerenje osjetom prstiju

zadovoljava točnost rezultata. Na kraju, osjet prstiju često je mjerodavan za ustanovljenje neugodne visine nadvisa, pa se ovakvo mjerenje može provoditi i na izvedenim podovima na zgradama.

Norma HRN EN 13489 za višeslojne (industrijski lakirane) parkete nalaže da nadvis smije iznositi najviše 0,2 mm, te da se mjeri laboratorijskim uređajem s mjernom urom. Čak i ovako mali nadvis dobro se osjeti (ili dovoljno smeta) pri osjetu vršcima prstiju. Zato proizvođači lakiranog parketa moraju imati savršenu strojnu profilaciju bridova, ili se dovinuti problemu izvedbom skošenja bridova. Kod malog „v“-utora koji nastaje spajanjem dasaka sa skošenim bridovima, osjet dubine utora znatno je nadređeniji osjetu visinske neujednačenosti, pa je parket sa skošenim bridovima funkcionalno prihvatljiviji.

Možemo zaključiti da skošenje bridova hodnih ploha tvornički lakiranog masivnog ili višeslojnog parketa s

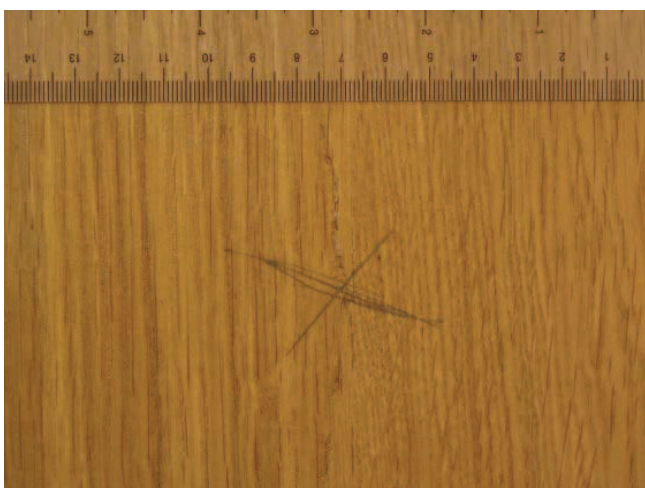




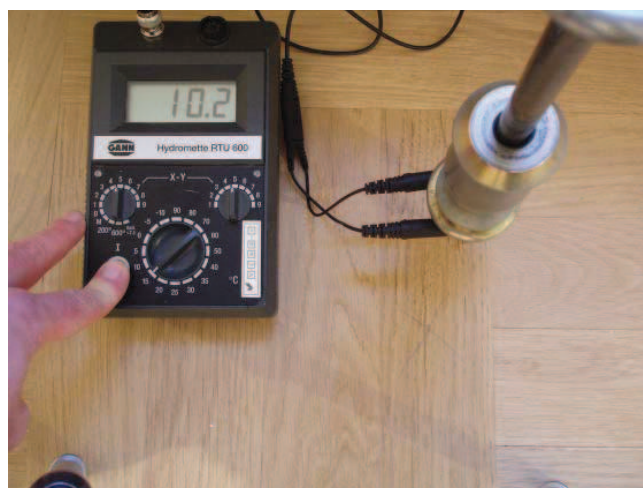
Slika 4. Dnevni boravak: pobrušena dugačka pukotina od rascjepljivanja daščice. Tangentna tekstura (bočnice)



Slika 5. Hodnik: tragovi laka pod pukotinom od razlistavanja. Tangentna tekstura (bočnice)



Slika 6. Uspravna pukotina je naknadno prelakirana. Sadržaj vode pokazuje bubrenje između lijepljenja i brušenja sa 7 na 10-11%



jednom platicom na licu (tip 4 prema HRN EN 13489) predstavlja tehničku i estetsku prednost u odnosu na oštrobridne daske, te osigurava efektivniji estetski dojam, ravnomjerniji tvornički nanos laka a time i bolju površinsku postojanost parketa.

3. ČUDNO ZACJEPLJIVANJE PARKETA NAKON VIŠE MJESECI U UPORABI

Jednom se dogodila neočekivana i nerazumljiva pojava zacjepljivanja lakiranog parketa (tzv. "razlistavanja") i to nekoliko mjeseci nakon lakiranja. U spomenutim objektima su izvedene cementne podloge (glazure) debljine 4 - 5 cm preko klasičnog izolacijskog pod-sloja (parna brana, stiropor, izolacija). U kolovozu i rujnu postavljen je parket vrste drva hrast, visoke standard klase kvalitete („natur“), dimenzija 400 X 70 x 21 mm i 500 X 70 x 21 mm, a isporučila ga

je tvrtka koja provodi stalni sustav interne kontrole i dostavila je Uvjerenja o kvaliteti za isporučeni parket. Parket je postavljen polaganjem u četverostruku riblju kost, usporedno s osima prostorija. Podloga je izolirana vezujućim predpremazom, a polaganje je izvršeno lijepljenjem odgovarajućim jednokomponentnim otapalnim parketnim ljepilom. Parket je obrađen ukupnim slojem laka odgovarajuće punoće i sjaja, ocjena polaganja je bila dobra, pa je tim više začudilo što se dva-tri mjeseca nakon polaganja u praznim stanovima počela pojavljivati greška razlistavanja.

Parket je ostavljen, prema navodima podopolagača, dva do tri mjeseca u negrijanim i neklimatiziranim uvjetima, a zatim je u studenome zaštitno obrađen odgovarajućim (polu)mat vodenim sustavom za parkete: kitan je bruševinom i nitro-nosačem, brušen i zaštitno obrađen temeljem, te sa dva sloja završnog laka (jednokomponentni poliuretanski PU lak) s međunanosom izjednačavajućega gela.

Tijekom jeseni i zime podovi nisu rabljeni za stanovanje, te su održavani tijekom zime u blago kondicioniranim i centralno grijanim klimatskim uvjetima. Prema navodima investitora krajem studenog (mjesec dana nakon završetka radova) greške u vidu pukotina i „razlistavanja“ na mjestimičnim lamelama pojavile su se u većini prostorija, te se greška intenzivirala tijekom zime.

Tri su odvojena problema prisutna na zgradama: razlistavanje parketa, bubrenje tijekom polaganja, te naknadno isušivanje s reškama i pukotinama. Malen je udio grešaka razlistavanja, te je pregledom zgrada evidentirano samo desetak daščica s ovim greškama kao na sl. 4 i 5. Najveći broj grešaka – uspravnih pukotina kao na slici 6 skoro je nevidljiv prostim okom, te su se prisutni kod pregleda morali negdje dobro pomučiti da uoče pukotine koje su već ranije markirali olovkom.

Sadržaj vode parketa na svim zgradama bio je viši od onog s kojim je parket proizveden i ispušten.



Slika 7. drvo vrste ipe-lapacho pokazuju radijalne pukotine koje su nastale kod sušenja, otvaraju se pri brušenju parketa. Nakon završne obrade, naglo isušivanje lica parketa dovodi do razlistavanja i odizanja iverja (lijevo)

Mjestimično je parket nabubrio tijekom polaganja jer je ostavljen nedozvoljivo dugo u neodgovarajućim uvjetima bez lakiranja i ustanovljavanja stambenih klimatskih uvjeta. Time je stabilizirano stanje sabijenog, navlaženog parketa, koji mjestimično iskazuje razlistavanje, a mjestimično je već započeo isušivati i utezati.

U stanu u kojem su stabilizirani visoki sadržaji vode drva (srednja vrijednost 11 %), bez pojave reški, pri 58 % rel. vlažnosti zraka i 15 – 17 °C, pojavili su se i najizraženiji slučajevi razlistavanja (slike 4 i 5). Parket ima mali gradijent vlage (oko 0,5- 0,7 %), pa je evidentno:

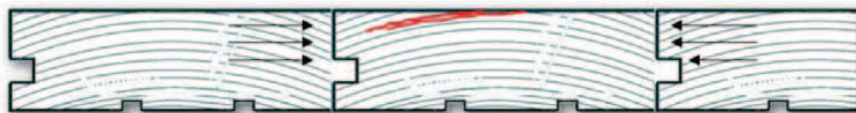
- da je parket primio 3 – 4 % vode u odnosu na stanje s kojim je proizveden i isporučen, kao i u odnosu na stanje koje je poprimio dugotrajnim skladištenjem na zgradi
- da je parket nabubrio tijekom dugog razdoblja otvorenog stanja prije lakiranja, jer je primao vlagu podjednako i iz podloge i iz zraka.

Na zgradi sadržaj vode iznosi oko 11 % na površinama daščica u srednjem dijelu prostorija, s time da je donji sloj oko 1 % vlažniji od površine. Daščice su široke 70,19 mm (dakle oko 0,2 % šire od nominalne vrijednosti, 12 mjerenja) a među njima se pojavljuju reške prosječne širine 0,17 mm (vrijednosti između 0,1 i 0,3 mm). Nakon polaganja došlo je do bubrenja, koje se tijekom zime zadržalo, tj. daščice su se sabile, a zatim je u uvjetima suhe klime neuseljenih stanova došlo mjestimično do laganog isušivanja i utezanja. Još uvijek su daščice su oko 0,2 mm šire od nominalne vrijednosti.

Razlistavanje (otvaranje dugačkih postranih pukotina pod malim kutem u odnosu na lice) karakteristično je za blistače, tj. elemente radijalne teksture, kod kojih je forsiranim sušenjem došlo do razjedinjavanja drvnog tkiva na spojevima aksijalne građe (parenhima) i sržnih trakova. Kondicioniranjem se te pukotine zatvore, ali ako se nalaze tik pod licem

parketne daščice, onda se one posljedicama utezanja pri brušenju i površinske napetosti filma laka mogu otvoriti. Primjer vidimo na slikama 7 a, b i c, gdje je parket drva ipe-lapacho tangentne teksture pokazao razlistavanje već pri brušenju. S obzirom da pri pregledu nismo uvidjeli niti jednu pukotinu koja bi nastala na hrastovim blistačama i bila paralelna s trakovima, izvjesno je da se ovdje ne radi o razlistavanju kao posljedici nepravilnog sušenja.

Drugi osnovni razlog razlistavanja je okružljivost, tj. greška pri rastu drva, koja dovodi do kružnog razdvajanja tkiva po granici goda ili po ranom drvu. Greška može nastati npr. od napreznja pri rastu, udara groma, smrzavanja itd., a neke vrste drva jako su joj sklone (kesten). Tipično je povećano učešće okružljive građe kod prerade sušaca. Ova se greška lako uočava na pilani i kasnije u preradi, kada elementi tijekom sušenja prođu proces izjednačavanja napreznja i promjene dimenzija, pa se takve daščice



Slika 8 . Bubrenje okružljivog drva uzrokuje sabijanje gornjih slojeva daščica i smicanje linija godova, što dovodi do razlistavanja pukotina



Slika 9 a) lijevo - blistače i b) desno - bočnice. Parket izuzet sa zgrade, nakon apsolutnog isušivanja na 103 °C, ne pokazuje razlistavanje, niti kakve proširene površinske pukotine.



Slika 10. Uzorci izuzeti iz originalnih pakiranja parketa sa zgrade. Nakon apsolutnog sušenja na 103 °C prepiljeni parketi nigdje ne iskazuju poprečne čelne pukotine (lijevo-radijalna tekstura tj. blistače, sredina tangenta tekstura tj. bočnice, desno poluradijalna tekstura).

pri sortiranju obavezno izdvajaju. Greška parketa pojavom ovakvih pukotina ne tolerira se ni u kojoj klasi hrastovine prema HRN EN 13226, osim u klasi C (trećoj klasi), gdje su dozvoljene sve greške koje ne utječu na nosivost daščiće i uporabnu vrijednost poda.

Odgovornost za pojavu ovakvih grešaka pripisala bi se proizvođaču parketa. Standard, međutim, dozvoljava određeni udio daščića s nedostacima u isporučenoj količini, pa prema standardu koji je bio važeći u doba isporuke (nekadašnji HRN D.D5.020) to iznosi 5 %, a po sada važećem standardu (HRN EN 14762 – Drveni podovi: uzorkovanje i utvrđivanje sukladnosti) u prosječnoj prostoriji od 4 x 4 m bilo bi ugrađeno preko 550 daščića i od njih bi 5 daščića moglo iskazivati bilo koju nesukladnost bez da se cijeli uzorak odbacuje. To, međutim, ne znači da se u plohu drvenoga poda smiju ugrađivati ovakve daščiće. Pojavu ove greške treba naime uvidjeti i podopolagač, pa takve daščiće izdvojiti pri polaganju. Ukoliko je daščića ugrađena previdom podopolagača, onda se nedostatak podne plohe pripisuje njegovoj odgovornosti.

Kakogod, u najvećem broju slučajeva pukotine su se

otvarale nakon završenog prvog ili zadnjeg lakiranja. Ima, naime i takvih slučajeva da pukotina ostane tik pod licem daščiće, te je ne primijete ni sortirke u proizvodnji, niti podopolagač, nego se pukotina otvori tek nakon brušenja ili nakon što film laka svojim stezanjem odigne list drva. U ovim se slučajevima razlistavanje smatra skrivenom manom i proizvođač treba utvrditi razlog zbog kojega u proizvodnji nastaje raslojavanje drva. Stoga je načinjen dodatni pokus kojim bi se utvrdilo imaju li parketi iz navedene pošiljke okružljivost kao skrivenu manu.

Da bismo provjerili radi li se o skrivenoj mani, pregledano je 28 paketa iz izvorne pošiljke, originalno zapakiranih i uskladištenih na licu mjesta tijekom 6 mjeseci. Parket je forsirano sušen da bi se obnovila naprezanja iz faze sušenja, te se pokazale pukotine koje bi se zatvorile tijekom kondicioniranja. Parket, razvrstan prema teksturi na bočnice i blistače, podvrgnut je i intenzivnom sušenju u laboratorijskim uvjetima pri 103 + 2 °C tijekom 5 dana (do stalne mase u apsolutno suhom stanju) pri čemu je bilježen sadržaj vode, kao i pojava pukotina na licima i na čelima daščića, koje bi bile eventualno posljedicom forsiranog sušenja u tehnološkom procesu, koji

može uzrokovati pukotine. Ovako izmjeren sadržaj vode potpuno je u skladu s ostalim mjerenjima parketa (6,9 – 7,5 – 8,5 %), te se nigdje ne mogu uočiti ponovno otvorene ili raširene zaostale pukotine (slike 10 a i b). Time smo isključili mogućnost da je proizvođač isporučio parkete sa sustavno uključenom greškom pukotina, bilo na radijalnim, bilo na tangentskim daščićama te se razlistavanje nakon lakiranja uzima sporadičnom pojavom uzrokovanom skrivenom manom ugrađenoga drva.

Odgovornost za otvaranje pukotina na tangentskim daščićama (razlistavanje) nije isključivo proizvođačeva, jer je nakon lijepljenja parket izvrgnut slijedu fizikalnih i dimenzijskih promjena uzrokovanih neodgovarajućim klimatskim uvjetima na zgradi. Kao prvo, parket nije smio biti ostavljen duže od trajanja potpunog otvrdnjavanja ljepila bez zaštite površinskom obradom. Brušenje i lakiranje nakon dva mjeseca i to u nekontroliranim i neodgovarajućim klimatskim uvjetima, povreda je uzanci struke. Kao drugo, morali su biti osigurani odgovarajući fizikalni uvjeti pri polaganju i u prvom razdoblju uporabe kako bi se osigurala kvaliteta izvedenoga poda. Pri tome slijedom bubrenja sa 7,5 na 11 % dolazi do postranog



sabijanja daščica, naročito njihovih gaznih slojeva, što pogoduje smicajnim naprezanjima na granicama godova i dovodi do razlistavanja (opet vidi sliku 8).

O uvjetima polaganja snose odgovornost izvoditelj i investitor (njegov nadzor), jer nisu osigurali i zapisnički utvrdili odgovarajuće uvjete. Prema normi HRN U.F2.016 – Završni radovi u građevinarstvu, UGRADIVANJE PODNIH ELEMENATA OD DRVA – Tehnički uvjeti, eksplicitno navedeno sljedeće:

t. 5.2.: „**U prostorijama moraju biti završeni svi građevinski, završni i montažni radovi mora biti omogućeno grijanje i provjetranje, ... temperatura prostorije mora biti najmanje 10 °C i vlažnost zraka 45 do 65 %**“. Prema uzancama struke minimalni uvjeti za vrijeme polaganja parketa LIJEPLJENJEM trebaju biti $\geq 18^{\circ}\text{C}$ i

$\leq 65\%$ rel. vlažnosti zraka, a temperatura poda min 15°C i max. 20°C (to zahtijeva i proizvođač ljepila), a sadržaj vode podloge najviše 2 % CM, odnosno 3 % apsolutno.

Popravke je moguće izvesti lokalno, na taj način da se daščice s velikim pukotinama od razlistavanja izmijene, a parket uredno polakira. Nekoliko slučajeva popravaka je zamijećeno, npr. kao na slici 6. Ukoliko se izmijenjena daščica kvalitetno ugradi, pokita i pobrusi do drva, mjesto popravka je praktično nezamjetno, samo što se u tom slučaju brušenje i ponovno lakiranje treba provesti bez tragova prijelaza novog i starog sloja laka koji se malo razlikuju u debljini i boji. Ove razlike se s vremenom izgube.

Najveći dio demonstriranih grešaka predstavljaju manje pukotine koje se često jedva vide prostim

okom, ili predstavljaju manje greške koje svrstavamo u prirodne, zanemarive nedostatke drvenoga parketa. Manje pukotine, pogotovo one na blistačama (kao na sl 4 i 6) moguće je samo lokalno zapuniti akrilnim kitom (npr. Chromolux kit aqua), pobrusiti papirom granulacije 1000 i pastom za poliranje auta. Završno se mjesto popravka obradi sredstvom za održavanje laka. Tamo gdje se daščice izmjenjuju, potrebno je brusiti do drva susjednih daščica, uredno polakirati, a nakon sušenja svih slojeva laka prijelazno mjesto – a najčešće cijelu prostoriju – lagano ispolirati.

Korisnike objekta treba upozoriti na vlastitu obavezu održavanja i kontrole pravilne temperature i relativne vlažnosti zraka, koja treba zimi iznositi najmanje 22°C i 55 - 65% relativne vlažnosti zraka, kako sustav centralnoga grijanja ne bi dovodio do prekomjernog isušivanja drva.

OVLAŠTENI LABORATORIJ MINISTARSTVA GRADITELJSTVA I PROSTORNOG UREĐENJA ZA OCJENJIVANJE SUKLADNOSTI DRVENIH PODOVA



Laboratorij za drvo u graditeljstvu
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu



AKREDITACIJA LABORATORIJA HRN EN 17025

Ispitivanja:

- Drvenih podnih obloga
- Površinske obrade drvenih podova
- Ljepila za drvene podove
- Odabranih fizikalnih svojstava drva

Zagreb, Svetošimunska 25

Tel: 01 235 24 54

01 235 24 85

Fax: 01 235 25 31

e-mail: ldg@sumfak.hr

hrvoje@sumfak.hr

- Kontrola podloga i uvjeta ugradbe drvenih podova na zgradama
- Sudska vještačenja, ekspertize, stručna predavanja, seminari

Prof.dr.sc. Hrvoje Turkulin
Ovlašteni sudski vještak Drvne tehnologije
dipl.ing. Martina Podbršček
voditelj razvoja
Chromos boje i lakovi d.d.

Pojava "pikica" na sjajnim ploham poliuretanskih lakova za parket

Pojava mjehurića u otvrdnutim filmovima dvokomponentnih lakova za drvene podove već godinama predstavlja predmet sporenja između proizvođača lakova, podopolagača i korisnika prostora. Mjehurići se javljaju u nepredviđenim okolnostima, nekada češće i po cijeloj površini, nekada pak vrlo rijetko. Pojava je skoro neizbježna, ali ponekad je tako slaba u učestalosti i intenzitetu da se praktično zanemaruje. Kakogod, na površini sjajnih filmova ove „pikice“ su jako uočljive, pogotovo pri pogledu u protusvjetlu, pa se korisnici prostora opravdano žale na izvedbu završne obrade poda. Na jednom ćemo primjeru iz prakse nastojati razmotriti uzroke ove pojave i načine djelovanja u smislu eliminiranja ili umanjivanja njezina značaja.

Predmet je podna obloga – bambusov parket velikih dimenzija ugrađen u poslovnom centru velikih kancelarijskih prostora. Izvođač podopolagačkih radova, prema reklamaciji stanja i pritužbama vlasnika, zahtijeva uvid u stanje parketa i utvrđivanje razloga mjestimičnih grešaka u sloju parketnoga laka.

Pregled na objektu je proveden nekoliko mjeseci nakon lakiranja, a pritom je načinjena fotodokumentacija i osnovna mjerenja. Prije ulaska u prostorije useljenog poslovnog objekta, u kasnim prijepodnevnim satima, one su bile zatvorene i slabo ventilirane. Prostor se inače normalno nastavan (grijaio sustavom grijanja stropnim ventilokonvektorima) od doba postavljanja parketa.

Dosadašnji tijek gradnje i primijenjeni materijali

Prvo navedimo podatke o dosadašnjem tijeku gradnje i razvoju problema. U spomenutom objektu su tijekom 2009. godine izvedeni podopolagački radovi preko klasičnog podno-izolacijskog podsloja (parna brana, stiropor, PE folija, cementna podna podloga - estrih). Sadržaj vode mjeren je od strane podopolagača i iznosio je manje od 2 % CM, a suhoća, ravnost i ostala svojstva izvedenoga estriha i parketa bili su odgovarajući za završne podopolagačke radove. Prije četiri godine izvedeno je postavljanje klasičnoga parketa svijetlog bambusa, vertikalnog sloga,

debljine 15 mm, dimenzija 95 x 960 mm, vrhunske klase kvalitete odnosno klase (o) prema Hrvatskoj normi HRN EN 13226 (Klasični parket $d \geq 14$ mm). Ovom normom među vrstama drva za podne obloge nije uključena bambusovina, a ranijim ispitivanjima („Bambusovina za podne obloge – značajke i primjena“, KORAK - časopis za podne obloge, 03/2009) utvrđeno je da bambusovina ima slična higroskopska svojstva kao drvo. Povećani udio kristaline celuloze, koja ne apsorbira vodu, omogućuje da pri istim uvjetima relativne vlažnosti zraka bambusovina postiže nešto niže (ca 1% manje) vrijednosti ravnotežnog sadržaja vode nego drvo. Uzdužno bubrenje i utezanje je kao i kod drva zanemarivo maleno, a u poprečnom smjeru, za razliku od drva, nema velikih razlika između radijalnog (tek nešto većeg) i tangentskog utezanja. Bambusovina ima ujednačenija svojstva nego drvo jer nema kvrga, a tok vlakana (žice) je paralelan. Gustoća bambusovine od koje se izrađuje parket je visoka, oko 750 kg/m³, a s time je u vezi i velika tvrdoća po Brinellu od 40 N/mm², nešto veća od bukvine i hrastovine. Time je određena i vrlo ujednačena i fina tekstura na površini. Nodiji na blanjanoj ili brušenoj površini stvaraju polja promjene teksture poroznog izgleda, ali nisu bitno propusniji od pravilne uzdužne strukture. Tijekom osušavanja internodijske stanice budu zapunjene zrakom, a parenhimske jažice su obložene egzudatima i postaju slabo propusne. Stoga je upojnost tekuće vode površina stabiljika mala, ali je i impregnacija znatno otežana.

Lica parketa nemaju grešaka, a daščice su isključivo radijalne teksture. Parket je postavljen usporednim polaganjem u dijagonalnom smjeru dužih zidova objekta. Rubne dilatacijske reške nisu zapunjene, opća ocjena polaganja je odlična. Polaganje je izvršeno lijepljenjem odgovarajućim bezvodnim parketnim ljepljivom, a površinska obrada vodotopivim poliuretanskim lakom.

Parket je izložen u uvjetima korištenja zgrade do 2013 godine, kada je u zimskim mjesecima (u siječnju i veljači) načinjeno obnavljanje površinskoga sloja. Obnavljanje je provedeno u fazama, djelomičnom evakuacijom dijelova radnoga prostora, dok se u ostalim prostorima odvijao posao tvrtke. Površinska obrada je izvršena brušenjem do podloge i potpunom obradom sustavom premaza dvokomponentnoga poliuretanskoga (PU) sjajnoga laka. Prema tehničkim uputama proizvođača površinska obrada je načinjena jednim temeljnim slojem laka i dva nanosa završnog sjajnog svijetlog PUR laka.

Parket je odmah nakon lakiranja iskazao greške u vidu pojave svijetlih malih mjehurića, te sporadične majstorske propuste (neprevučeni završni sloj, preklopi namaza valjkom) te je podopolagač dodatno ispolirao površinski sloj i nanio treći završni nanos istoga laka. Greške se ne nastavljaju ili proširuju tijekom korištenja prostora, te se ispitivanjem treba utvrditi razlog i značaj nastalih nedostataka – pojave mjehurića na laku i sporadičnih majstorskih grešaka.

Slika 1. Bambusova parketna obloga konferencijskog prostora. Fotografija u protusvjetlu otkriva visok sjaj, punoću filma laka i ravnost površinske plohe.



Pregled

U prostorima pregledane zgrade vidi se ujednačen i sjajan sloj laka na površini bambusa visokoga sjaja i velike punoće filma (slika 1). U većini prostora, poglavito u sredinama ploha, vide se greške završnog sjajnog sloja laka u vidu mjehurića (žargonski nazvani „pikica“) u poliuretanskome laku (slika 2). Dijelovi prostorija besprije korno su lakirani bez zamjetnih nedostataka (slika 3). Mjestimično se vidi greška „povlačenja“ laka s markiranih bridova parketa, a na jednome mjestu konferencijske dvorane upućeno je na grešku nepotpunog završnog nanosa valjcima (slika 4). Investitor prigovara neravninama oko podnih otvora za instalacijske priključke (slika 5). Na drugome katu vidljiva je mjestimična, slabo izražena markacija bridova parketa uz izdizanje laka (slika 6).

Slika 2. Mjehurići u gornjem sloju filma laka vidljivi su ravnomjerno raspoređeni po dijelovima podne plohe



Mjerenja i nalaz

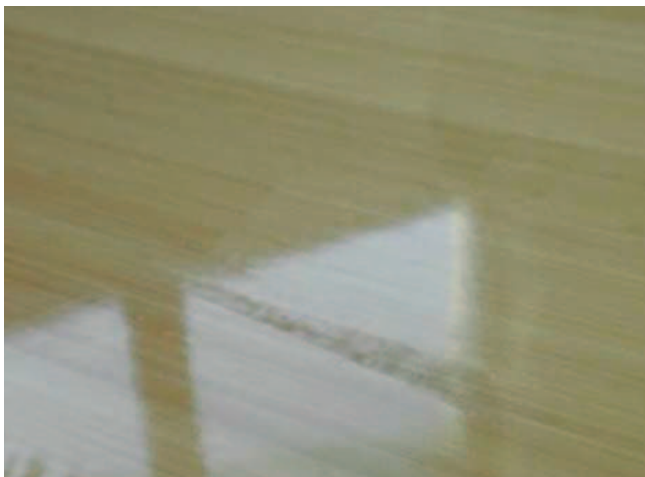
U trenutku pregleda u prostorijama je izmjerena temperatura u rasponu od 19 do 26,5 °C (u ovisnosti o osunčanosti podne plohe), a relativna vlažnost zraka iznosila je oko 52 %, što predstavlja uvjete normalne vlažnosti zraka za kondicioniranje parketa. Na površini parketa je izmjerena temperatura od 23,1 – 24,6 °C, što znači da se ovakvi uvjeti održavaju u duljem vremenskom razdoblju. Pri ovakvim uvjetima drvo ima ravnotežni sadržaj vode od ca 9 %, a bambusovina oko 8 %, što potpuno odgovara pravilnom kondicioniranju poda i ne prouzrokuje napone u podlozi ili u laku.

Kemijska narav poliuretanskih lakova

Dvokomponentni otapalni poliuretanski lak se označava kao 2K PUR lak, a poznat je i kao DD-lak, što proističe iz kratica trgovačkih naziva dviju komponenti – Desmodura i Desmophena koje tradicionalno proizvodi tvrtka Bajer Leverkusen iz Njemačke. 2K PUR se odlikuje izvrsnom prionljivošću na drvo, a istovremeno iskazuje dobru žilavost kojom prati dimenzijske promjene drva tijekom godišnjih oscilacija klimatskih uvjeta i ravnotežnog sadržaja vode. 2K PUR film ima najmanju paropropusnost u odnosu na ostale lakove, tako da je izmjena vode drva i zraka spora. Kod novih lakiranja to smanjuje pojavu koritanja koja se kod npr. vodenih lakova može javiti slijedom naglijeg ra-

Slika 3. Drugi dio konferencijskog prostora pokazuje dijelove plohe bez ikakvih mjehurića

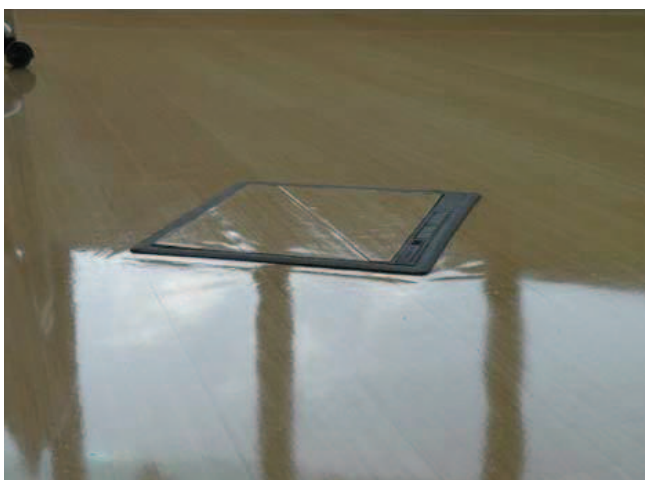




Slika 4. Samo na jednom mjestu pod prozorom se vidi nepotpuni premaz završnog sloja laka



Slika 5. Samo na jednom mjestu na katu se vidi greška povlačenja laka sa ranije rasušenih sljubnica parketa



Slika 6. Ručno brušenje oko kutija prouzroči neravnost sjajne plohe koja je vidljiva pod niskim kutem prema svjetlu



Slika 7. Samo na jednom mjestu na drugome katu je vidljivo bubrenje parketa nakon završenog lakiranja što prouzroči markiranje i izdizanje laka na sljubnici

zvoja gradijenta vlage iz cementne podloge kroz drvo u suhlji prostor. Kod stabiliziranih sustava mala paropropusnost 2K PUR laka usporava i smanjuje pojavu reški isušivanjem u razdoblju grijanja. PUR lak je vrlo dobre otpornosti na trošenje i na djelovanje kemikalija u kućanstvu (kao npr. napitaka, alkohola, sredstava za čišćenje) pa iskazuje dobru podobnost za prostore velikih opterećenja pješačkim prometom i dugotrajnost do potrebe obnavljanja (npr. u stanovima između 15 i 25 godina, ovisno o obući i namjeni prostorije). Poliuretanski dvokomponentni lak otvrdnjava ponajprije fizikalno, otparavanjem otapala koja su agresivna i imaju jak miris. Unatoč iritantnim isparavanjima, kod zadnje faze rada ne treba dozvoljavati intenzivno prozračivanje prostorija strujanjem, nego nositi zaštitnu dišnu opremu, da se faza otparavanja ravnomjerno odvije prije nego dođe do kemijske reakcije komponenti. Sporo otparavanje bez propuha smanjuje rizik pojave mjehurića u laku.

Druga faza otvrdnjavanja je kemijske naravi, pri čemu

dolazi do ireverzibilne reakcije poliadiacijskoga spoja smole i otvrdnjivača u žilavi, tvrdi, vrlo prozirni film. U ovisnosti od prodiranja temeljnog premaza u drvo, boja podloge se vrlo malo ili uopće ne mijenja, osim što se zbog različitog loma svjetla doima tamnijom. Dvije osnovne komponente PUR lakova su izocijanat i teški alkoholi (polioli). Pri tome NCO kemijske grupe izocijanatnog otvrdnjivača reagiraju sa OH grupama poliola i umrežavaju u lančane molekule koje poprečnim spajanjem tvore makromolekule plastične mase.

Nastajanje mjehurića u filmovima PUR lakova

Pri reakciji sa izocijanata OH skupinama izdvaja se CO_2 , koji kao plin polako izlazi na površinu ukoliko se reakcija odvija ravnomjerno i sporo. Pri brzom odvijanju reakcije (npr. zbog prebrzog otparavanja otapala u prvoj fazi, kod prevelike količine otvrdnjivača, kod previsokih temperatura i kod visoke vlage u

zraku) dolazi do nagle reakcije u filmu koji već počinje umrežavati, pa mjehurići ugljičnog dioksida zaostaju pod površinom filma i vide se kao „pikice“ na sjajnom laku. Pojavu mjehurića u 2K PUR laku dakle možemo smatrati neizbježnom, jer je posljedica same naravi kemijskog procesa otvrdnjavanja laka u atmosferskim uvjetima. Osim sa OH skupinama iz otvrdnjivača, izocijanat može reagirati i sa OH skupinama vode, tako da je pojava „pikica“ učestalija i intenzivnija u uvjetima povišenog sadržaja vode drva ili visoke relativne vlažnosti zraka. U tom slučaju NCO skupine iz komponente B ne reagiraju sa OH skupinama iz komponente A kao što bi trebalo biti nego prije reagiraju sa „slobodnijim“ OH skupinama koje se nalaze u vlazi. U toj reakciji također nastaje CO_2 (mjehurići) ali i urea koja se vidi kao sitne gel čestice. Obzirom da OH skupine iz poliola koji se nalazi u komponenti A ostaju neumrežene, takav lak najčešće ima nižu tvrdoću i niži sjaj. Razlog je upravo to što su se NCO skupine iz komponente B (tradicionalno zvane „kontakt“) po-

trošile na povišenu vlagu dali iz zraka ili iz drva a nisu odradile reakciju umrežavanja s poliolum.

Da je 2K poliuretanski lak zaista toliko osjetljiv na vlagu pokazuje i stabilnost komponente B koja je često upitna. Naime, vrlo česta pojava je želiranje komponente B u ambalaži u kojoj je pakirana. Razlog tome je upravo velika reaktivnost komponente B odnosno slobodnih NCO skupina u izocijanatu te je dovoljna mala količina vlage ili vode da počne reakcija. Slikovito rečeno, izocijanat iz komponente B prije započne reakciju s vlagom iz zraka – slobodne OH skupine nego s onima iz komponente B.

Upravo iz tog razloga se prilikom proizvodnje i procesa pakiranja obraća posebna pažnja na kvalitetu zraka u kojoj se pakira kao i na sadržaj vode u sirovinama koje se koriste za proizvodnju komponente B, utvrđivača.

Priprema pravilnih filmova podnih PUR lakova

Poliuretanski lakovi se mogu pripremiti na različite načine ne bi li odgovarali namjeni i jačini tarnog opterećenja površine poda. Nepravilno je obrađivati drveni pod trima slojevima temelja i jednim slojem završnog laka, jer se ne stvori dovoljna ukupna debljina filma. Tri temeljna sloja nanošena lopaticom tvore ukupnu debljinu od 30 µm suhog filma. Dodatni završni sloj,

nanešen u preporučenih 100 g/m², ostavit će još 30 µm suhe tvari na filmu, pri čemu ukupno 60 µm filma bude dovoljno samo za prostorije slabog intenziteta pješačkoga prometa, npr. za spavaće sobe. Ako se, međutim, nanese tri sloja završnog laka, ukupna debljina suhoga filma iznositi će 90 µm, što je dovoljno za osobne prostore jakog intenziteta trošenja ili za javne prostore srednjeg intenziteta prometa. Uzance struke za nanošenje 2K PUR lakova prikazane su u tablici 1.

Što je deblji nanos pojedinoga sloja završnoga sloja laka, rizik pojave mjehurića je veći. Poliranjem (međubrušenjem) se obično uklone grešice podloznog sloja laka, ali završni sloj, koji se „prolije“ po površini da se dobije film visokoga sjaja, vrlo je osjetljiv na pojavu zaostalih mjehurića. Do ovakvih grešaka može doći s nekoliko razloga:

- Parket je prevlažan za stanje podloge i okolišne klime
- Okolišni zrak je prevlažan ili presuh za pravilno otvrdnjavanje laka
- Temperatura ili brzina strujanja zraka su previsoki za pravilno otvrdnjavanje laka
- Količina zamiješanih komponenti nije odgovarajuća, ili je vrijeme miješanja prekratko.

U spornom slučaju je evidentno da je do pojave mjehurića u završnom, izdašno nanešenom sloju laka,

došlo s istog razloga zbog kojeg su se mjehurići pojavili i u prethodnom sloju, koji je poliran i treći puta završno lakiran. Najvjerojatnije je da je okolišni zrak bio neodgovarajuće relativne vlažnosti ili temperature, pri čemu treba uzeti u obzir i to da je pod u zgradi, koja se rabila za normalne poslovne aktivnosti, bio temperiran na sobne klimatske uvjete. Pri ovakvom stjecaju okolnosti praktično je neizbježno da dođe do pojave stvaranja mjehurića CO₂ u laku, no oni ne umanjuju fizikalna svojstva laka ukoliko je broj slojeva i njihova ukupna debljina odgovarajuća. Radi se isključivo o estetskom nedostatku manjeg značaja, koji se skoro uopće ne primjećuje na mat i polumat lakovima, ali bude vidljivo izražen na lakiranim ploham visokoga sjaja. Shodno navedenom, pregledom predmetnih prostorija može se utvrditi samo estetski nedostatak lakiranih ploha manjega značaja, te sukladno uzancama struke procjeniti da se vrijednost podopolagačkih radova može umanjiti za 5 %.

Ostale zabilježene greške, vidljive na slikama 4, 5 i 6, predstavljale bi nehat izvodača kada bi bile učestale po površini prostora. Individualne greške zabilježene na zgradi, evidentirane na slikama 4, 5 i 6, smatraju se normalnim pojavama koje se javljaju kao osobine ručnog obrtničkog rada, te njihova pojava i značaj umanjuju estetsku kvalitetu poda koja je uključena u ranije navedeno smanjenje vrijednosti podopolagačkih radova od 5 %.



Načini nanošenja 2K PUR laka za različite razrede tarnih opterećenja drvenih podnih obloga

Način nanošenja završnog laka	Intenzitet opterećenja pješačkog prometa		
	Normalno/srednje opterećenje	Jako opterećenje	Vrlo jako opterećenje (javni prostori)
2 x nanos valjkom	> 260 g/m ²	> 300 g/m ²	Nije uobičajeno
3 x nanos valjkom	> 300 g/m ²	> 300 g/m ²	> 360 g/m ²
4 x nanos valjkom	Nije uobičajeno	Nije uobičajeno	> 360 g/m ²

Zaključak

Iz pregleda i analize stanja predmetnog slučaja vidljivo je sljedeće:

1. da je primijenjen dvokomponentni poliuretanski parketni lak koji prema načinu nanošenja, broju i debljini slojeva odgovara namjeni prostora (javni promet srednjeg intenziteta)
2. da je normalna pojava stvaranja mjehurića u 2K PUR laku u predmetnom slučaju natprosječno izražena, kako po učestalosti tako i po intenzitetu
3. da su okolnosti prilikom površinske obrade uvjetovale intenzivnije stvaranje mjehurića, na koje podopolagač nije mogao utjecati, te da je pravilno sanirao početne greške nanošenjem trećeg, završnog sloja sjajnoga laka
4. da se ostale greške (nepotpuni završni premaz, neravnine oko podnih kutija za priključke usli-

jed brušenja ručnim alatima, povlačenje filma sa otvorenih sljubnica) javljaju u malom broju zabilježenih slučajeva te da predstavljaju slučajne pojave a ne nemar izvođača ili nepoštivanje uzanci struke

5. da sve navedene greške predstavljaju estetske nedostatke, ali ne umanjuju fizička svojstva ili dugotrajnost sloja površinske obrade.

Preporučujemo da se stanje sanira prema sljedećim napomenama:

1. sav parket se može ispolirati i još jednom obraditi slojem završnoga sloja laka, ne bi li se pri pravilnim klimatskim uvjetima smanjila učestalost pojave mjehurića u laku. S obzirom da se radi isključivo o estetskoj grešci, smatram da bi trošak i nepraktičnost izvođenja dodatnih ra-

dova u useljenom i rabljenom prostoru uvelike premašivali umanjene vrijednosti izvedenoga rada zbog estetskih nedostataka, te ne preporučujem daljnju površinsku obradu postojećih podova

2. odgovornost za pojavu greške se ne može pripisati isključivo izvođaču površinskog obnavljanja podova, jer je pojava mjehurića ugljičnog dioksida imanentna – svojstvena osobina svim dvokomponentnim poliuretanskim lakovima. Povećana učestalost pojave mjehurića na pregledanom objektu posljedica je okolnosti koje nisu isključiva odgovornost podopolagača (temperatura, relativna vlažnost i brzina strujanja zraka pri otvrdnjavanju filma laka).
3. Procjenjuje se da je vrijednost izvedenih podopolagačkih radova umanjena zbog pojave estetskih nedostataka do vrijednosti od maksimalno 5 %.

OVLAŠTENI LABORATORIJ MINISTARSTVA GRADITELJSTVA I PROSTORNOG UREĐENJA ZA OCJENJIVANJE SUKLADNOSTI DRVENIH PODOVA



Laboratorij za drvo u graditeljstvu
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu



AKREDITACIJA LABORATORIJA HRN EN 17025

Ispitivanja:

- Drvenih podnih obloga
- Površinske obrade drvenih podova
- Ljepila za drvene podove
- Odabranih fizikalnih svojstava drva

Zagreb, Svetošimunska 25
Tel: 01 235 24 54
01 235 24 85
Fax: 01 235 25 31
e-mail: ldg@sumfak.hr
hrvoje@sumfak.hr

- Kontrola podloga i uvjeta ugradbe drvenih podova na zgradama
- Sudska vještačenja, ekspertize, stručna predavanja, seminari

Prof.dr.sc. Hrvoje Turkulin

HOD PO VODI

Vanjske konstrukcije od drva

hodam

Objekti od drva koji su potpuno izloženi vremenskim utjecajima jako su lijepi i dragi: podsjećaju nas na tradicijsku primjenu drva, iskazuju atraktivnost primjene drva u gradnji zbog njegove ekološke vrijednosti i obnovljivosti, svojim „prirodnim“ estetskim atributima predstavljaju zanimljiv kontrast jednoličnijim, sintetiziranim građevnim teksturama što ih imaju beton, čelik, staklo i drugi „moderni“ arhitektonski materijali. Arhitekti su, međutim, oprezni u primjeni drva u eksterijeru – i to s pravom – jer tehnička svojstva drva u vanjskim uvjetima podliježu estetskim i strukturnim promjenama.



Slika 1. Pogled na pješačku stazu Škar-Škojić u kanalu Sv Ante u Šibeniku

S obzirom da je opći trend promjena svojstava vanjskih drvenih objekata uglavnom negativan, dakle drvo prirodno teži degradaciji, planiranje i provođenje arhitektonskih ideja u drvu zahtijeva posebnu vještinu, iskustvo i tehničko znanje kako bi se osiguralo da vanjski drveni objekti dugo i postojano ispunjavaju funkciju i zadrže punoću arhitektonske vizije. Prikazat ćemo nedavno izvedeni projekt drvenoga mosta, u stvari drvene pješačke staze, koja u razini mora povezuje otok Škojić sa šibenskom obalom. Ovaj primjer oblikovno i estetski dovoljno govori sam za sebe, a nama će poslužiti da komentiramo tehničku i tehnološku argumentaciju projekta.

1. Prikaz objekta

Pogledajmo konstrukciju vanjske drvene mosne staze u Kanalu Sv. Ante u Šibeniku u Uvali Škar, između Škara i Škojića (slika 1). Ovaj je objekt načinjen u du-

žini od oko 150 m za investitora Javna ustanova zaštite prirodnih vrijednosti Šibensko-kninske županije iz Šibenika. Bilo bi zanimljivo razmotriti prihvatljivost kvalitete drva od koje je izrađena konstrukcija, značaj pojave pukotina nakon prvog razdoblja u uporabi i komentirati neizvjesnu trajnost objekta.

2. Tijek gradnje i primijenjeni materijali

Objekt je djelo zadarskoga arhitekta Nikole Bašića, koji je projektni zadatak povezivanja obale parkovnog područja s otočićem Škojić zamislio izvođenjem drvene pješačke staze preko mora. Na obali se nalazi uređeno zaštićeno područje, a na otoku se nalazi objekt prvorazrednoga povijesnoga značaja – Tvrđava Svetoga Nikole, koju institucije žele staviti u dostupnost javnosti, te eventualno kasnije i oplemeniti sadržaje tvrđave ponudom raznih događanja. U uvali je more

plittko, mjestimično se za vrijeme oseke može i prehodati do Tvrđave, pa je planom predviđen objekt koji bi omogućio promet pješaka i manjih servisnih vozila preko plićaka. Mala izdignutost objekta iznad razine plime omogućuje vrlo atraktivan dojam prolaznika koji „hodaju po vodi“, praktično imaju kontakt s morem, pruža im se obzorski pogled na okolinu. Niskost hodne plohe i plićina mora dozvoljavaju izvedbu bez rukohvata i ograde, što daje osjećaj fizičke slobode prolaznicima i neometane vizure gledateljima.

Objekt na neki način predstavlja most – iako to u stvari ipak nije, to je vanjski drveni pločnik – iako opet to nije; to je drvena paluba – ali ni to u osnovi nije.

Ovako zamišljen projekt tehnički je vrlo zahtjevan za izvođenje od drva ako se očekuje dugovječnost pune funkcionalnosti: drvo u vanjskim uvjetima nije po-





Slika 2. Hodna ravnina malo deformirana, bridovi izdignuti. More oplahuje drvo za plime (strelica)



Slika 3. Podnožje staze. Površina drva je prosuha, čela su pravilno razmaknuta ali upijaju zapljusnutu vodu u smjeru pukotina skošene žice (strelica).

stojano, a najkritičnija mjesta njegove instalacije su u dodiru s tлом ili u morskoj vodi. Objekt je načinjen od segmenata usidrenih na betonske temelje u moru; svaki segment ima tri uzdužne grede i niz usporednih poprečnih mosnica (slika 2).

Tehnička specifikacija ponude predviđala je ca 5 m dugačke masivne hrastove nosače poprečnog presjeka 200 x 200 mm. Svaki segment staze sastoji se od tri nosača usporedno postavljena na razmaku od 600 mm. Vanjski nosači su duži (5,07) od unutarnjih (5,00) zbog lučne izvijenosti staze. Na armiranobetonske temelje su učvršćene temeljne stope L-oblika od 3 mm debelog inoks čelika. Nosači su učvršćeni na stope tako da budu od temelja odignuti ca 6 cm nasjedanjem na lim središnjim raskolom te provijanjem svornjaka M 20 kroz rupe u drvu i stopama. Svaki segment na jednom kraju ima stope s horizontalno produženim (ovalnim) rupama da se klizanjem svornjaka kompenzira duljinsko gibanje segmenta.

Mosnice dužine 240 cm su načinjene od hrastovine pravokutnog oštrobriđnog presjeka, debljine 100 mm, širine ca 200 mm. Na svaki nosač su pričvršćene sa po dva inox T12 vijka izravno uvijena u drvo nosača. Površina je blanjana, a početno je bila zaštićena premazivanjem tikovim uljem.

3. Pregled

U trenutku pregleda površina staze je suha (slika 1), nakon tjedan dana kiše, po južini. Površinska temperatura drva iznosila je 26-28 °C a sadržaj vode 18-22 % pri klimatskim uvjetima 23,5 °C i 78 % r.v.z. Ovi podaci ukazuju na to da je drvo stabilizirano u uvjetima povećane vlage te da se ovakvi uvjeti održavaju u duljem vremenskom razdoblju.

Visoka je plima (slika 2), doljnje nosače zapljuskuju valići (slika 3). Čela nosača susjednih segmenata su pravilno odmaknuta 30 - 40 mm (slika 3). Mosnice su poglavito srčanice (slika 2), te su na čelima malo deformirane odstupajući bridovima od ravnine do max 20 mm (slika 2). Na svim ploham pregledanih mosnica vidljive su pojave sivo-crnih obojenja, koja su karakteristična za potpuno izloženo, površinski neobrađeno drvo (slika 4). Obojenja su intenzivnija na mosnicama nego na nosačima (slika 3), te su izraženija na mjestima presječne žice (kvrge, strmi izlaz

kose žice na površinu lica). Nigdje se ne primjećuju greške u vidu velikih raspuklina ili krivljenja cijelih mosnica ili mosnih segmenata.

3.1 Mjerenja i nalaz

Pregledali smo objekt kako bismo predložili ocjenu njegove ugroženosti i procjenu njegove trajnosti. Čitatelje upozoravam na terminološku razliku između postojanosti, i trajnosti. Postojanost je svojstvo vrste drva i predstavlja njegovu otpornost prirodnim djelovanjima (poglavito bioloških) činitelja razgradnje (ksilofagnih gljiva i insekata te maritimnih štetnika). Trajnost je vremenski interval u kojem postojanost drva osigurava projektirana svojstva građevine.

Sadržaj vode drva na površini približno je jednak gornjoj granici projektiranoga sadržaja vode (15 ± 3 %), te očekivan prema uzancama struke za ugradnju nezaštićenoga konstrukcijskog drva u eksterijere

SADRŽAJ VODE (%) MJEREN NA OBJEKTU VLAGOMJEROM		
1	2	3
RADIJALNE MOSNICE NA SREDINI	POVRŠINE DASAČA	22,1 - 34,8
	NALIČJE	51,0 - 59,4
TANGENTNE MOSNICE NA SREDINI	POVRŠINE DASAČA	26,3 - 46,3
	NALIČJE	54,5 - 60,0
RADIJALNE MOSNICE NA KRAJU	POVRŠINE DASAČA	18,2 - 18,8
	NALIČJE	24,5 - 32,3
RADIJALNE MOSNICE ČELO	POVRŠINE DASAČA	19,4 - 22,2
	NALIČJE	30,3 - 36,5
SADRŽAJ VODE (%) MJEREN U LABORATORIJU GRAVIMETRIJSKI		
IZVRTAK - PREKLOP MOSNICE I NOSAČA	SREDINA MOSNICE	35
	NALIČJE (DNO) MOSNICE	54
PREPORUČENA VRIJEDNOST		15 ± 3
GORNJA DOZVOLJENA		22

Tablica 1. Sumarne vrijednosti sadržaja vode drva (mjesec listopad).



Slike 4: Susljedne oko 90 cm široke površine hodne plohe staze

u ovo doba godine (20 ± 3 %). Taj je sadržaj vode usklađen s vrijednosti koje bi drvo ravnotežno poprimilo ako je duže vremena izloženo postojećim klimatskim uvjetima okolišnog zraka (25°C , r.v.z. ca 60 - 80%). Mjerenje sadržaja vode na različitim dubinama od površine pokazuje da je sadržaj vode ravnomjerno povećan po dubini i po presjeku mosnica (tablica 1), te da opstoji veliki gradijent vlage od površine prema središnjim zonama elemenata. Ovakav gradijent vlage izazivao bi jača unutarnja napreznja i pukotine čak i bez djelovanja sunca na površinu. Spojevi metalnim spajalima su dobri (slike 2, 3, 4) jer se ne vidi gnječenje drvenoga tkiva oko steznih glava. Evidentna je učestala, iako ograničena pojava raspucavanja površine (slika 4): većina pukotina nastaje u drvu i prati tok vlakanaca, ali ne prolazi kroz cijeli element, niti se širi po cijelom presjeku čela (slika 2). Ovo govori da su pukotine nastale isušivanjem vanjskih slojeva u ljetnom razdoblju, te da napreznja nisu veća od integralne čvrstoće na vlak okomito na vlakanca elemenata konstrukcije. Stezni elementi su ugrađeni pravilno, kroz protočne rupe i na optimalnom razmaku, jer pukotine ne nastaju na mjestu spajala nego se šire preko pozicija glava vijaka. Spajala dakle ne ograničuju dimenzijske pomjene mosnica što bi moglo utjecati na pojavu velikih pukotina. Pukotine bitno ne utječu na efikasni poprečni presjek mosnica i nosača kao ni na njihovu nosivost. S obzirom na to da je gradijent vlažnosti po debljini profila velik, te pozitivan prema sredini, tj. da je srž presjeka drva oko 20 - 30 % vlažnija od površine, drvo konstrukcije je ravnomjerno isušeno sa svih strana na gornjim ili bočnim površinama (slika 2). S obzirom na to da je drvo bilo dulje vrijeme potpuno izloženo atmosferilijama i zapljuskivanju mora, evidentno je da je drvo, zaštićeno slabo vodoodbojnim uljnim premazom, jako nabubrilo preuzimanjem tekuće vode i njezinom akumulacijom u dubljim zonama presjeka. U ljeti, pak kroz relativno tanak i paropropustan sloj tikovog ulja, voda umjereno i ravnomjerno isušuje iz površinskih slojeva. Kod masivnih konstrukcijskih elemenata ove pojave u intenzivnijem obliku prvo iz-

zovu pojavu sabijanja i bubrenja drva, a zatim daljnje isušivanje površine koja ne može slobodno utezati zbog nabubrelih središnjih zona presjeka. Ovo prouzroči napreznja veća od kohezijske čvrstoće drva na vlak okomito na vlakanca, dakle raspucavanje i pojavu koritavljenja. S obzirom da su zabilježeni evidentni znakovi zadržavanja vode u središnjim zonama te istovremenog isušivanja površine, očito je:

- da su nosači i mosnice po cijelom presjeku pri proizvodnji i ugradbi bili ujednačenoga sadržaja vode koji je bio odgovarajući s obzirom na okolišne uvjete,
- da je sadržaj vode na površini sada usklađen obzirom na uvjete koji bi se održavali na objektu u godišnjim klimatskim oscilacijama,
- da u uvjetima ugradbe tik iznad vode dolazi do trajnog nakupljanja vode u sredini elemenata, te da
- projektirani i dosegnuti sadržaj vode nisu odgovarajući, te da dosegnuti sadržaj vode predstavlja situaciju trajnog i visokog rizika trajnosti objekta.

4. Osiguranje trajnosti objekta

Tri su osnovna moguća ključna utjecaja na osiguranje trajnosti, odnosno na smanjenje postojanosti drva, nakon montaže i prvog razdoblja nakon uporabe konstrukcije:

1. ako je ugrađeno drvo neprimjerene vrste, ili neodgovarajuće kvalitete i suhoće za očekivanu trajnost objekta
2. ako projektom nije osigurana odgovarajuća fizička i konstrukcijska zaštita drva za osiguranje trajnosti. Rizik infestacije gljivama i njihov razvoj na ovakvim konstrukcijama je vrlo velik, a sadržaj vode – ključni faktor razvoja biološke razgradnje - je iznad vrijednosti (ca 22 % sadržaja vode) potrebne za razvoj gljiva truležnica drva i morskih štetnika
3. ako kemijska zaštita – bilo preventivna ili represivna – nije planirana ili sprovedena.

4.1 Izbor vrste i kvaliteta ugrađenoga drva

Izvedbenim projektom je bilo predviđeno da se konstrukcija načini od „*listača I klase, razreda čvrstoće 60*“ što je opravdana postavka. Zahtjev primjene vrste drva „klase D 60“ treba dvojako promatrati – sa stanovišta klase čvrstoće i sa stanovišta klase postojanosti. Ova su dva pojma povezana, jer vrste drva najveće čvrstoće (klase D 60 ili D 70) redovito imaju jako veliku gustoću i prirodnu postojanost. Tehnički i regulatorno, međutim, ova su dva parametra odvojena, i tretirana su potpuno različitim normama:

- *razred čvrstoće D 60* definiran je normom HRN EN 338 i vezanim normama HRN EN 1912 i HRN EN 14081-1, a
- *vrijednosti postojanosti drva i trajnosti objekta* definirana su normama HRN EN 335-1 i 2 te 350-1 i 2.

Stoga treba izbjeći zaključivanje po kojem je za predmetnu konstrukciju neophodno da se projektira od klase nosivosti drva D60 da bi bila trajna, ili pak da se postojanost razreda 1 prema HRN EN 350-2 ne postigne primjenom drva čija mehanička svojstva spadaju u niže klase nosivosti (D50, D40, D30).

U našoj je praksi primjena hrastovine za brodogradnju i lučke objekte tradicionalna i uspješna, tako da se izbor vrste drva uklapa u tradicijske i estetske oblikovne odrednice projektiranja vanjskih drvenih objekata u obalnom području.

Tehnički je primjena hrastovine u blizini mora ili vode opravdana ako se poštuju pravila fizičke i konstrukcijske zaštite drva. Prema normama HRN EN 335-1 i HRN EN 335-2 uporaba drva u kontaktu s tlom ili morskom vodom predstavlja najriscantnije područje primjene drva za gradnju (trajno mokro - zona opasnosti 4, u morskoj vodi - zona 5), jer je rizik razvoja biološke zaraze jako velik. Svugdje gdje drvo u duljim razdobljima (dulje od 14 dana) trajno doseže sadržaj vode viši od ca 22 % postoje uvjeti za intenzivan razvoj biološke razgradnje. U klimatskim razdobljima s temperaturama $10 - 35^{\circ}\text{C}$ biofizički uvjeti za propadanje su optimalni, a rizik umanjena trajnosti izuzetno velik. Uzance struke preporučuju da se u zoni opasnosti 4

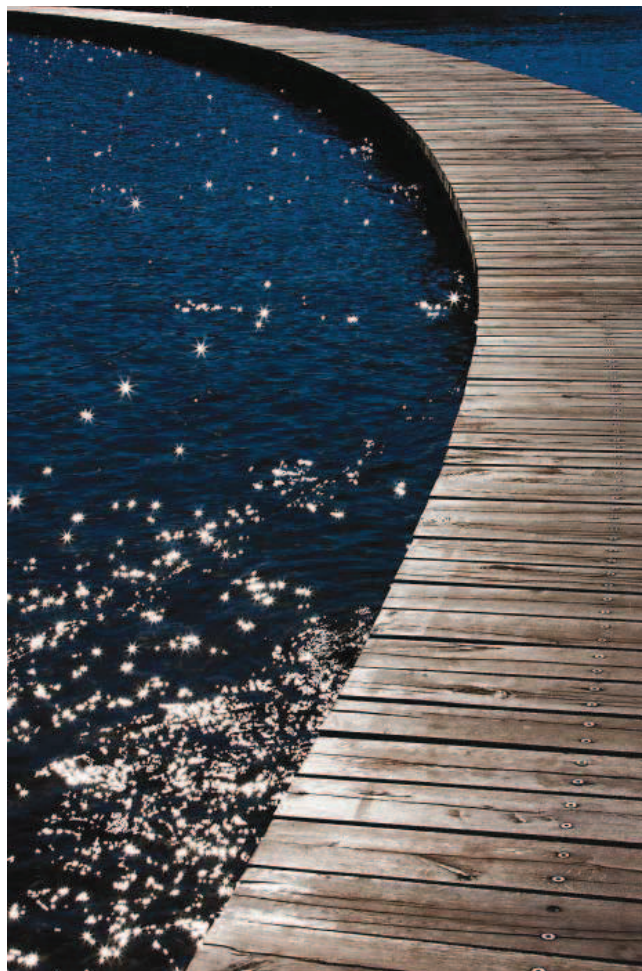
upotrebljava vrlo trajno (razred 1) ili trajno drvo (razred 2) prema HRN EN 350-2. U zoni 5 drvo je prema HRN EN 335-2 izloženo velikom riziku od gljiva truležnica (bez obzira na to što salinitet djeluje u određenoj mjeri antiseptički) i morskih štetnika. U našem su moru najagresivniji račići (*Limnoria* spp), koji postupno odnašaju površinu drva, te morski crv (*Terredo* spp) koji buši rupe i izjeda srž drva. Predmetni objekt je teoretski iznad mora, iako ga oplakuje plima, pa bismo deklarirali klasu rizika 4 (trajno ili dugotrajno mokro). Svejedno, ne može se isključiti niti napad morskih štetnika na nosače odnosno nastup insekata tik iznad razine mora (razred opasnosti 5). Od nativnih komercijalnih vrsta drva vrlo trajno (razred 1) je jedino drvo bagrema, dok hrastovina spada u trajno drvo (razred 2). Stoga je primjena hrastovine opravdana i omogućuje dugovječnu uporabnu funkciju konstrukcije, uz uvjet da su poduzete fizičke i konstrukcijske mjere zaštite kojima se bez kemijskog tretmana osigurava trajnost objekta.

Uporaba „egzote“ je tehnički opravdana u rizičnim uvjetima (razredi opasnosti 4 i 5), ukoliko se pri tome misli na drvo razreda postojanosti 1 prema HRN EN 350-2. Postoje tropske vrste listača (žargonski „egzote“) različitih tehničkih svojstava i prirodne postojanosti. Ukoliko se pod pojmom „egzota“ podrazumijevaju vrste kao gvajakovina, lapacho, kempas, merbau (razred postojanosti 1), tada je njihova prirodna postojanost dovoljna da se osigura dugovječnost konstrukcije u morskoj vodi i to bez kemijske zaštite. Ove su vrste drva, međutim izuzetno skupe – pogotovo u ovako velikim dimenzijama poprečnog presjeka – i neprimjerene našoj tradicijskoj uporabi.

S obzirom da se hrastovina (razreda postojanosti 2) može rabiti u vanjskim uvjetima, i to bez kemijske zaštite, ukoliko su osigurane mjere fizičke i konstrukcijske zaštite, njezin izbor za primjenu iznad tla i vode je opravdan. U kontaktu s tlom i u vodi hrastovina nema takovu trajnost kao najpostojanije egzote, no tome se prilagođava područje primjene i način projektiranja objekta. S obzirom da se predmetni objekt može fizički i kemijski zaštititi tako da se i sa hrastovinom osigura trajnost od približno 30 godina, smatramo primjenu hrastovine potpuno opravdanom.

Projektom je predviđena klasa nosivosti drva D60 pa se postavlja pitanje je li hrastovina, koja je ugrađena u stazu, takve klase kvalitete. Misli se na klasu D 60 prema definiciji razreda čvrstoće po normi HRN EN 338: Konstrukcijsko drvo: razredi čvrstoće (EN 338:2009). Norma u tom razredu čvrstoće definira da drvo ima prosječnu gustoću od 840 kg/m³ te da mu je karakteristična čvrstoća na savijanje min 60 MPa (N/mm²). U ovu klasu prema HRN EN 1912 spadaju izuzetno teška i tvrda drva, primjerice tropske listače kapur i kempas.

Dodjela klase konstrukcijskog drva prema čvrstoći definirana je normom HRN EN 1912: Konstrukcijsko drvo- razredi čvrstoće: dodjela klase po vizualnom razredu i vrsti drva, po kojoj drvo hrasta srednje gustoće 640 kg/m³ (karakter. gustoća 530 kg/m³) ima čvrstoću na savijanje od 30 MPa i svrstava se u klasu D 30. Hrastovina, dakle ne može biti niti klasirana u



razred D 60, nego se prema HRN EN 1912 svrstava u razred D 30. Projektirani objekt izveden je sasvim izvjesno sa odgovarajućim dimenzijama poprečnih presjeka prema svojstvima drva u klasi D30, tako da primjena hrastovine (D30) umjesto tropskih listača (D60) nije sporna. Time smatramo da nosivost i stabilnost objekta nisu ugroženi izvedbom od hrastovine umjesto drvom tropskih listača. Ostaje pitanje postojanosti drva mehaničke klase D30 za predmetnu zadaću, te pitanje klasiranja sirovine za određeni razred čvrstoće.

Pitanje kvalitete ugrađenoga drva definirano je nacionalnim normama za sortiranje drva po nosivosti, u nas je to HRN U.DO.001, koja je praktično preuzela njemačke norme iz grupe DIN 4074. Za listače vrijedi vizuelno klasiranje u tri klase prema HRN U.DO.001 – I, II i III klasa, a prema DIN 4074-5, to su klase LS7, LS10 i LS13. Dakle, za klasu čvrstoće D30 prema HRN EN 338 potrebno je izabrati najmanje razred II ili bolju prema HRN U.DO.001, to jest razred LS10 prema DIN 4074-5 koji je određena sljedećim dozvoljenim pojavnostima:

- Kvrge – promjera do 2/5 lica
- Pukotine – do 1/2 debljine presjeka
- Nagib žice – do 12 %
- Uklopljen obod trupca – do 1/3 širine lica
- Srčika – dozvoljena kod hrastovine.

- Trulež i aktivne greške od insekata nisu dozvoljene.

S obzirom da ugrađeno drvo ne iskazuje nedozvoljene greške (slika 3) može se zaključiti da je pravilno izabrano drvo klase LS10 ili bolje (LS13) da bi se dobio razred čvrstoće D30 koji se treba zahtijevati za gradnju hrastovinom. Kosa žica u ovom slučaju nije dominantni činitelj čvrstoće.

Naše tehničko iskustvo (Rajčić, V.; Bjelanović A: *Razredba drvene grade*, Građevinar 57: 779-784) čak naglašava da se primjenom europskih standarada za klasiranje domaćega drva, koje je redovito bolje kvalitete od prosječne europske sirovine, dovodi do nepotrebnog predimenzioniranja i ekonomski neopravdane uporabe drva velikih presjeka koji bi, prema eksperimentalnim mjerenjima, moglo zadovoljiti svrhu određene klase čvrstoće i sa manjim dimenzijama od normiranih. Autorice iznose podatke koji hrastovinu prema gustoći i modulima svrstavaju u klasu D50, a prema čvrstoćama na tlak, vlak, savijanje i posmik u klasu D60 ili čak D70. Možemo zaključiti da je sirovina, primijenjena za gradnju predmetnog objekta, zadovoljavajuće kvalitete za projektom predviđenu stabilnost i nosivost građevine.

Pojava površinskih pukotina se objašnjava prirodnim pojavama početnog bubrenja i utezanja na suncu i

VRSTA DRVA	Razred trajnosti prema EN 350-2	Iskustvena trajnost vanjskih građevinskih dijelova	
		Izloženih pod strehom	Izravno izloženih
Duglazija	3-4	120	65
Smreka / jela	4	60	35
Bor (srž)	3-4	100	60
Ariš	3-4	120	65
Bukva	5	50	30
Hrast	2	150	100
Jasen	5	50	30
Bagrem	1-2	200	150

Razred trajnosti prema EN 350-2		Očekivani vijek u razredu opasnosti 4 (mokro, u dodiru s tlom)
Vrlo trajno	1	> 25 godina
Trajno	2	15 - 20 godina
Umjereno trajno	3	10 - 15 godina
Slabo trajno	4	5 - 10 godina
Nije trajno	5	< 5 godina

Tablica 2 (lijevo): Iskustvena trajnost drvenih građevinskih dijelova

Tablica 3 (gore): Očekivana trajnost drva u uvjetima stalne vlage

visokim temperaturama izloženim površinama građevinskih elemenata. Ove pukotine se neminovno pojavljuju u prvom razdoblju uporabe, pogotovo ukoliko je to razdoblje – kao u ovom slučaju – u proljetnom ili ljetnom razdoblju. Pukotine koje su se pojavile na nosačima i mosnicama nemaju dimenzije i značaj koji bi bitno utjecali na čvrstoću i nosivost konstrukcije, neće se više bitno povećavati niti u intenzitetu niti u učestalosti, te predstavljaju samo poglavito estetsku promjenu u odnosu na prvotno ugrađeni materijal. Ovo estetsko obilježje je prirodno i normalno, te ga smatramo estetskom atraktivnošću, a ne nepoželjnom pojavom na površinski neobrađenom, vani izloženom drvu. Čak i da je staza površinski zaštićena konzistentnijim premazom, ove bi se pukotine pojavile iza prve ljetne sezone, te bi više narušavale izgled površinski obojanoga drva nego što je to kod neobrađenoga drva.

Izdignutost bridova pojedinih mosnica (slika 2) visinom ne prelazi širinu reške, te se može smatrati normalnom prirodnom pojavom nakon izmjene ekstremnih uvjeta kondicioniranja (močenja oborinama i naglog isušivanja na ljetnom suncu). Ovo može predstavljati funkcijski nedostatak ukoliko bi izdignutost bridova bila tako velika da utječe na spoticanje pri hodu. S obzirom da je drvo „odradilo“ početne promjene dimenzija i oblika, ova se pojava neće značajnije intenzivirati. Prevelika izdignutost pojedinih bridova može se lagano otkloniti tesarskom blanjom, kojom bih preporučio i skositi oštre gornje bridove mosnica da se umanjí rizik ozljeda pri bosonogom hodu.

4.2. Fizička i konstrukcijska zaštita objekta

Trajnost građevine se osigurava izborom odgovarajuće vrste drva i mjerama fizičke i konstrukcijske te eventualno kemijske zaštite.

Ukoliko uvjeti djelovanja na objekt podrazumijevaju razred visokog rizika i ugradnju drva razreda postojanosti 1 ili 2 prema HRN EN 350-2, fizička i konstrukcijska zaštita su dovoljne da se osigura projektirana trajnost objekta. Prednost se daje fizičkoj zaštiti, te

upozoravam na prilog E Tehničkog propisa za drvene konstrukcije: Zaštita drvenih konstrukcija. Mjere fizičke zaštite u načelu podrazumijevaju:

- Odizanje drva od tla i vode min. 30 cm
- Pokrivanje nosivih elemenata od izravnog djelovanja oborina
- Omogućavanje otjecanja tj. sprječavanje dužeg zadržavanja vode na dijelovima konstrukcije, te isušivanje elemenata nakon vlaženja
- Omogućavanje nadzora, provjere i zamjene ugroženih dijelova konstrukcije.

Značaj fizičke zaštite vidljiv je iz tablice 2 u kojoj su navedene iskustvene vrijednosti očekivane trajnosti drvenih konstrukcija. Tablica 3 povezuje razrede postojanosti drva i očekivanu trajnost u trajno mokrim dijelovima drvenih konstrukcija.

U sadašnjem stanju, u kojem su središnje zone dijelova konstrukcije znatno vlažnije od 22 %, predviđam trajnost konstrukcije između 15 i 20 godina. Ukoliko se želi projektirati veća trajnost objekta, prva su dva koraka: izbor druge vrste drva ili promjena konstrukcije. S obzirom da hrastovina bez zaštite nije primjerena razredu opasnosti 5 (u morskoj vodi), a dovoljno je primjerena razredu 4 (trajno mokro), preostaje samo utjecaj na konstrukciju. Ukoliko se konstrukcijom ne može osigurati sigurna projektirana trajnost objekta, predviđa se kemijska zaštita.

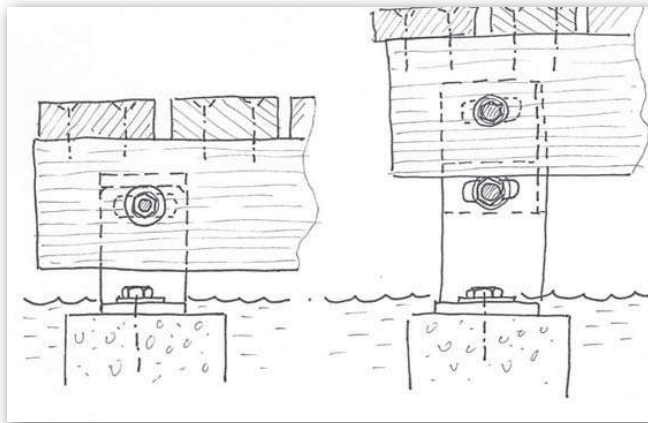
Građevinsko-fizikalne i konstruktivne mjere zaštite. Smatram da bi tehničko rješenje staze trebalo predvidjeti kotiranje donjih dijelova nosača 20 – 30 cm iznad najvećeg nivoa plime u kanalu, čime bi se bitno smanjilo nakupljanje tekuće vode u nosačima. Predviđam da bi se time postiglo udvostručenje najmanje očekivane trajnosti, dakle da bi očekivana trajnost staze porasla na 30 godina. Konstrukcijska zaštita je dobro načinjena (čela su odmaknuta i slobodna za prosušivanje, mosnice su dovoljno razmaknute da se omogući otjecanje oborinske vode, stope pozicioniraju drvo odmaknuto od betona), tako da ključnim činiteljem trajnosti vidim fizičku izloženost nosača vodi.

4.3 Kemijska zaštita i površinska obrada

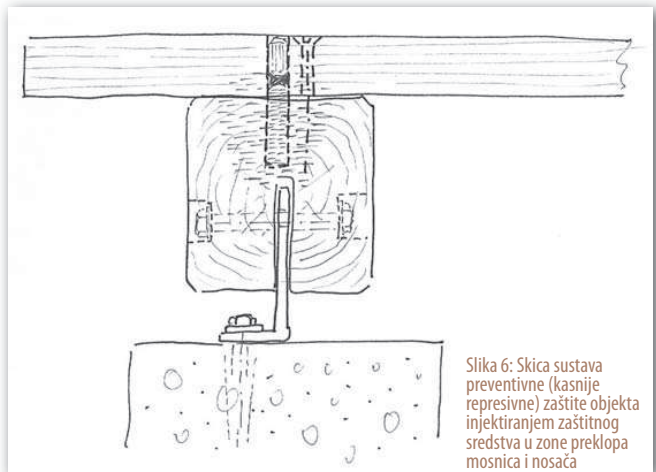
Kemijska zaštita toksičnim biocidnim sredstvima koja bi se primijenila izvanjskim tretiranjem nije prihvatljiva zbog ispiranja kemikalija u more, zbog dodira kožom bosih stopala u ljetnom periodu i zbog neugledne (zeleno-smeđe) diskoloracije površine. Predlažem da se u sadašnjem stanju objekta kemijski djeluje preventivno na mjestima najvećeg rizika biološke zaraze. Iz tablice 1 vidljivo je da u kritičnom razdoblju (u jesen, nakon sedmodnevnih oborina i pri visokoj plimi) površine mosnica, njihova čela i gornji krajevi dosižu kritične, ali ne i eksczesne vrijednosti sadržaja vode, tj. ne pokazuju vrijednosti sadržaja vode koji se ne bi isušili u prirodnim cikličkim klimatskim procesima. Doljnje strane elemenata, i naročito zone prijeklopa mosnica i nosača, bilježe nedozvoljivo visoke vrijednosti sadržaja vode za predviđanje izostanka ili ograničenoga djelovanja bioloških uzročnika razgradnje. Ukoliko bi se staza odigla od razine mora za plime, vrijednosti sadržaja vode ovih područja bi bile bitno niže, ali još uvijek kritične za razvoj truleži. Stoga predlažem relativno jednostavno i jeftino saniranje stanja injektiranjem u preklapne zone biocidnih sredstava na bazi delta-permitrina ili metalnih soli (CCB – bakar-krom arsenat). Injektiranje treba izvršiti u suhom stanju te eventualno ponoviti do dostatnog upijanja i penetriranja zaštitnog sredstva u mokre džepove preklapa mosnica i nosača.

Površinska zaštita objekta

Svaka površinska obrada koja bi predstavljala vodoodbojni zaštitni sloj na površini drva povoljno bi djelovala na trajnost objekta. Kakogod, vodoodbojni nano-premazi, kao i uljni impregnirajući premazi (npr. „tikovo ulje“), skupi su i zahtijevaju učestale intervale obnavljanja (npr. svaka 2 – 3 mjeseca). Kako na kritične sadržaje vode kratkotrajno djelovanje površinske vode (koja kvasi površinske slojeve dijelova, ali koji se i isušuju) ne djeluje tako nepovoljno kao dulje, simultano djelovanje oborina, vlage zraka i zapljuskivanja mora, smatram da je primjena ovih zaštitnih



Slika 5. Skica predloženog rješenja povisivanja metalnih stopa nosača učvršćivanjem dodatnih L-profila na postojeće stope



Slika 6: Skica sustava preventivne (kasnije represivne) zaštite objekta injektiranjem zaštitnog sredstva u zone preklopa mosnica i nosača

prema neučinkovita i neekonomična. Procjenjujem da bi troškovi pričuve (cijena sredstva i rada zaštite četiri puta godišnje tijekom 15 godina) bili neopravdano veći od vrijednosti postignutog produljenja životnoga vijeka cijele konstrukcije (1/15 cijene drvenog dijela objekta u vijeku 15 godina umnožena za 3 – 5 produljene godine).

4.4. Kontrola, održavanje i obnavljanje

Drveni objekti zahtijevaju redovitu kontrolu kojom se ustanovljuje da su tehnička svojstva drvene konstrukcije takva da tijekom trajanja građevine uz propisano, odnosno projektom određeno izvođenje i održavanje drvene konstrukcije, ona podnese sve utjecaje uobičajene uporabe i utjecaje okoliša. Investitoru se predlaže, dakle, da planira organizaciju i troškove nadzornih pregleda kojima bi se u vijeku trajanja objekta utvrđivala tehnička ispravnost i pravodobno provodili zahvati represivne zaštite ili popravaka u cilju osiguranja potpune funkcijske podobnosti objekta i njegove najveće moguće trajnosti.

5. Zaključak

Načinjena je vrlo atraktivna i vrlo rizična konstrukcija drvene staze na površini mora. Primjena drva za izradu ovakvoga objekta opravdana je estetikom materijala, prirodnom uklopljenosti teksture drva u okoliš, asocijacijama na primjenu drva za gradnju brodova i lučkih objekata.

Na ovakvim objektima je neizbježno da brzo dođe do sivljenja, erozije i pukotina koje predstavljaju poglavito estetsko obilježje. Treba znati, međutim, da površinske pukotine i ograničene deformacije predstavljaju normalne fizikalne pojave drva u uvjetima potpune izloženosti i da ne moraju neumitno utjecati na nosivost, trajnost i funkcijsku podobnost objekta.

Drvena staza je ugrađena u vrlo rizičnom području, gdje se slijedom utjecaja oborinske vode, zapluskivanja mora i plime pojavljuju eksczesno visoke vrijednosti sadržaja vode u središnjim dijelovima i preklopima elemenata koje bitno utječu na trajnost građevine. Neizbježan je razvoj truleži, a izvjestan je i napad morskih štetnika na morem oplahnutim površinama no-

sača. Stoga se može predvidjeti trajnost sadašnjega stanja od 15 ili najviše 20 godina.

Ovako projektiranu trajnost objekta bilo bi moguće poboljšati odizanjem drva od temelja za dodatnih 20-tak cm od gornjeg nivoa najviše plime, ali to bi ukinulo oblikovni smisao objekta za „hodanje po vodi“. Najvažnije dijelove konstrukcije (zone prijeloma mosnica i nosača) moguće je dodatno zaštititi injektiranjem tekućeg zaštitnog sredstva, čime bi se bitno smanjio rizik razvoja truleži i napada insekata.

Korisnike objekta treba upozoriti na vlastitu obavezu održavanja drva, koja se sastoji od kontrole vlažnosti drva i utvrđivanja pravilnog tehničkog stanja objekta. Potrebno je predvidjeti periodične mjere nadzora i održavanja (eventualnih izmjena ili popravaka) drvenih dijelova kako bi se osigurala njihova postojana funkcionalnost u vijeku trajanja objekta. S obzirom na ljepotu ove drvene građevine i srdačnost domaćina, svaki drvnotehnoški stručnjak će s radošću posjetiti Šibenik i pomoći u nadzoru i osiguranju trajnosti ovoga objekta.

OVLAŠTENI LABORATORIJ MINISTARSTVA GRADITELJSTVA I PROSTORNOG UREĐENJA ZA OCJENJIVANJE SUKLADNOSTI DRVENIH PODOVA



Laboratorij za drvo u graditeljstvu
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu



AKREDITACIJA LABORATORIJA HRN EN 17025

Ispitivanja:

- Drvenih podnih obloga
- Površinske obrade drvenih podova
- Ljepila za drvene podove
- Odabranih fizikalnih svojstava drva

Zagreb, Svetošimunska 25

Tel: 01 235 24 54

01 235 24 85

Fax: 01 235 25 31

e-mail: ldg@sumfak.hr

hrvoje@sumfak.hr

- Kontrola podloga i uvjeta ugradbe drvenih podova na zgradama
- Sudska vještačenja, ekspertize, stručna predavanja, seminari

Sveučilište u Zagrebu - Šumarski fakultet
Zavod za namještaj i drvene proizvode
Laboratorij za drvo u graditeljstvu
Svetošimunska cesta 25
HR - 10002 Zagreb
tel.: +385(0)1 235 24 54
tel.: +385(0)1 235 24 85
fax: +385(0)1 235 25 31
e-mail: Ldg@sumfak.hr
e-mail: hrvoje@sumfak.hr
www.sumfak.hr
MB: 328 14 85
OIB: 07699719217
žiro račun: 2360000-1101340148
poziv na broj: 3-01-12



Sadržaj ove publikacije isključiva je odgovornost Šumarskog fakulteta, Sveučilišta u Zagrebu i ne predstavlja nužno gledišta Europske unije.