

Otpornost prevlaka na građevinskoj stolariji prema vremenskim utjecajima

PERFORMANCE OF FINISHES ON WEATHER EXPOSED WOOD JOINERY

Vlatka Jirouš-Rajković, dipl. ing.
Šumarski fakultet Zagreb

UDK 630*829.1:630*833.15

Prispjelo: 1. X. 1989.

Prihvaćeno: 10. 12. 1989.

Pregledni rad

Sažetak

Različite vrste penetrirajućih i filmogenih materijala primjenjuju se za zaštitu građevinske stolarije od negativnog djelovanja vremenskih utjecaja. U radu su dane karakteristike različitih prevlaka i pregled istraživanja njihove efikasnosti u zaštiti drva od vode i fotooksidacije. Navedene su neke nove metode povećanja otpornosti drva i prevlaka prema vremenskim utjecajima.

Ključne riječi: prevlaka — građevinska stolarija — djelovanje vremenskih utjecaja — zaštita drva.

Summary

Various kinds of penetrating finishes and film forming finishes are used in protecting wood joinery from weathering. The article deals with characteristics of various finishes and their efficiency in protecting wood of water effects and photooxidation. Some new methods in improving weather resistance of wood and finishes are discussed.

Key words: finish — wood joinery — weathering — wood protection.

UVOD

Drvo je tradicionalan prokušani građevinski materijal. Ono se zbog svojih mnogostrukih prednosti teže može zamijeniti, usprkos mnogim pokušajima. Uz njegova dobra mehanička i termička svojstva, laku mogućnost obrade i trajnost, kao prirodan »biološki« materijal vrlo je podesan.

Drveni prozori se već duže vrijeme, čak i u maloserijskoj proizvodnji, izrađuju od lameliranih profila. U posljednje vrijeme upotreba lameliranih elemenata za proizvodnju prozora sve je veća. Prednosti lameliranih elemenata u odnosu na masivne su slijedeće: — omogućena je izrada većih presjeka profila nego pri klasičnoj tehnologiji;

— omogućeno je uskladištenje građe kojih dimenzije ne ovise o dimenzijama profila koji se proizvode;

— pravilnim sortiranjem lamela omogućuje se veća kvaliteta drva vanjskih lamela;

— bolje je iskorišćenje drvne sirovine;

— sortiranjem (izborom) lamela može se poboljšati stabilnost dimenzija i oblika elemenata.

Uz navedene prednosti lameliranih elemenata poznate su i neke negativnosti lameliranih proizvoda. To su najčešće otvaranje sljubnica, osobito ako su izložene vremenskim utjecajima, te pukotine na vanjskim lamelama.

Bez obzira da li su profili prozora od punog drva ili lamelirani, i jedni i drugi zahtijevaju dobru zaštitu površine. Prozor je građevinski element stalnih dimenzija koji kod manjkave zaštite ne može zadržati svoju funkcionalnost. Zaštita drva ne počinje tek kod površinske obrade. Za zaštitu drva moraju se primijeniti slijedeće mjere: — konstrukcijska zaštita, — fizička zaštita, — kemijska zaštita.

Dobra zaštita drva mora obuhvatiti sve tri navedene mjere. Primarni zadatak površinske obrade građevinske stolarije jest da štiti drvo od kombiniranog utjecaja vlage, sunčane svjetlosti, kisika i mikroorganizama. Osim zaštitne, površinska obrada ima i estetsku funkciju. Time ona postaje i oblikovni, tržišno-ekonomski i funkcionalno-eksploatacijski faktor koji znatno utječe na primjenu drva u proizvodnji građevinske stolarije. Zaštitna funkcija površinske obrade drva u proizvodima za građevinarstvo uglavnom se sastoji u tome da se na površinu drva nanose različite vrste zaštitnih prevlaka.

PODJELA ZAŠTITNIH PREVLAKA

Zaštitne prevlake mogu biti u osnovi filmogene (lakovi, lak-boje i lak-lazure) i penetrirajuće (lazure i vodoodbojna zaštitna sredstva). Na oba ova tipa nepovoljno djeluju slijedeći faktori:

- fotodegradacija uzrokovana UV-svjetlom,
- izluživanje, hidroliza, utezanje i bubrenje, zbog vode,
- dekoloracija i degradacija djelovanjem mikroorganizama.

FILMOGENI MATERIJALI

Nezaštićeno drvo, izloženo vremenskim utjecajima, mijenja boju i postaje hrapavo zbog fotodegradacije i površinskih pukotina, te erodira. Pigmentirani filmogeni materijali na drvu osiguravaju najveću zaštitu protiv sunčanog svjetla i vlage, nude široki izbor tonova boja, ali su podložni greškama pucanja, ljuštenja i mjehuranja. Filmogeni materijali, kao lakovi i lak-boje, dugo se već upotrebljavaju za zaštitu drvnih površina. Oni najčešće ne sadrže nikakva zaštitna fungicidna i insekticidna sredstva, pa predstavljaju zaštitu samo dok čine nepropusni koherentni film. Filmogeni materijali obično se dijele na sisteme na bazi organskih otapala i na sisteme na vodenoj bazi (lateks-boje). Oba ova sistema su u biti suspenzije anorganskih pigmenta i smola ili nosača u pogodnom otapalu. Smola ima ulogu stvaranja umreženog filma koji snažnom adhezijom pranja na površinu drva.

PENETRIRAJUĆA SREDSTVA

Od penetrirajućih sredstava najčešći su lazurni premazi i vodoodbojna zaštitna sredstva. Oni ne stvaraju kontinuiran sloj na površini drva, te kod njih nema grešaka ljuštenja i mjehuranja. Idealni su za obradu hrapavijih površina koje se teško oboje. Današnje uobičajene lazure mogu se podijeliti na slijedeći način:

1) Lazure na bazi organskih otapala

Ovi proizvodi sadrže ulja i/ili sintetske smole, većinom alkidne ili akrilne, otopljene u organskom otapalu. Osim toga sadrže više ili manje fungicida i baktericida. Mogu se podijeliti na:

a) Impregnacije

Ova sredstva su siromašna vezivom, relativno duboko prodiru u drvo i sadrže sredstva protiv gljiva i insekata. Impregnacije se primjenjuju kao temeljna zaštita postupcima uranjanja, oblijevanja, mazanja i prskanja.

b) Impregnacijske lazure

To su proizvodi sa sadržajem suhe tvari od 15—30% s dekorativnim efektom i dosta dobrom penetracijom. Neke od ovih lazura, nakon tri ili četiri nanosa, djeluju kao film. Ovo su danas najčešće primjenjivane lazure.

c) Filmogene lazure

Ove lazure sadrže 30—60% suhe tvari, tvore slojeve filma i imaju smanjenu penetraciju. Ovi sistemi, bogati vezivom, često se nazivaju »lak lazure« ili »lazure debelih slojeva«. Služe za zaštitu drva koje mora zadržati dimenzionalnu stabilnost.

2.) Vodotopljive lazure

U posljednje vrijeme postale su moderne vodotopljive lazure. U mnogim reklamama dodjeljuju im se izvanredna svojstva. Skoro sva ova sredstva baziraju se na akrilnim disperzijama kao vezivom i vodom kao otapalom. Ove lazure su većinom proizvodi sa strukturnim viskozitetom i vrlo malom penetracijom. Prednosti su im: brzo sušenje, izvanredno pranje i na stare preмаze, trajni elasticitet, smanjeno kredanje, dobra propusnost za vodenu paru, dobro pokrivanje rubova zbog strukturnog viskoziteta, razrjeđivanje vodom i ne zagađuju okolinu.

Akrilne lazure imaju i nedostataka kao što su: mala penetracija, visoka UV propusnost, termoplastičnost i time sklonost prljanju, problematično obnavljanje.

Vodoodbojna zaštitna sredstva

Vodoodbojna zaštitna sredstva općenito seastoje od smole, otapala, voska (kao vodoodbojne tvari) i zaštitnog sredstva. Vodoodbojna sredstva sprječavaju ulaz tekuće vode u strukturu stanice, vežu se na stijenke površinskih stanica slabim »Van der Waalsovim« silama, no ta veza može biti narušena degradacijom površinskog sloja drva. Ova sredstva ne predstavljaju zapreku kretanju vezane vode i vodene pare, i ta se voda može kondenzirati u lumenima stanica. Tako može doći do pojave da drvo zaštićeno vodoodbojnim sredstvima, izloženo tekućoj vodi u dužem periodu, ne samo bubri kao i nezaštićeno drvo nego se slobodna voda može i nakupljati u lumenima, te povećati sadržaj vode i iznad točke zasićenosti. Vodoodbojna zaštitna sredstva ne mogu spriječiti gubitak vlakana sa površine drva za vrijeme izlaganja vremenskim utjecajima, niti su potpuno efikasna u sprečavanju difuzije ekstraktivnih tvari na površinu, pri čemu nastaje ružna dekoloracija. Ovi limitirajući faktori su razlog zašto je prije obnavljanja potrebno očistiti površinu drva blagim ribanjem detergentskom ili otopinom natrijfosfata. Često je u početnom razdoblju potrebno površinu čistiti i obnavljati svake ili svake druge godine. Nakon tog početnog razdoblja, razmak između tretmana može biti puno duži, i potrebno je obnavljanje samo kada se pojavi nejednolika dekoloracija površine.

Mnogi svjetski instituti rade na problemu poboljšanja trajnosti sistema površinske obrade, ali neposredno korišćenje informacijama je teško, budući da se vrste drva, klima i načini nanošenja

razlikuju na pojedinim mjestima. Zbog toga su četiri evropska instituta (u Velikoj Britaniji, Francuskoj, SR Njemačkoj i Švicarskoj) izvršili zajedničko istraživanje otpornosti različitih prevlaka prema vremenskim utjecajima (Roux i dr. 1988). U vremenu od 24 mjeseca pratili su ponašanje prevlaka na pet različitih vrsta drva (bukva, smreka, bor, duglazija i meranti) izloženih na četiri mjesta u svijetu s različitim klimatskim uvjetima. Korišteni su slijedeći sistemi površinske obrade: impregnirajuća lazura, filmogena lazura, pigmentirani premazi na bazi akrilnih disperzija (lateks boje) i pigmentirani alkidni premazi. Pokazalo se da se rezultati ispitivanja vrlo malo razlikuju, iako su uzorci bili izloženi različitim klimatskim uvjetima.

Impregnirajuća lazura propada rapidno ali jednoliko kod svih vrsta drva. Glavne promjene na površini bile su dekolracija, kredanje i erozija filma s površine. Ovo je tipično za impregnirajuće lazure. Prednost takvog procesa erozije je ta što je omogućeno lako obnavljanje bez prethodne pripreme. Površine tvrdog drva su promijenile izgled nakon 6-9 mjeseci. Na mekom drvu znakovi oštećenja primijećeni su oko tri mjeseca kasnije. Nakon 9 mjeseci na svim uzorcima, osim na uzorcima merantija, primijećen je napad gljiva.

Za uzorke iz bukve i merantija obnavljanje premaza potrebno je nakon 12 mjeseci, za bor i smreku nakon 15 mjeseci, a za duglaziju 18 mjeseci.

Impregnirajuće lazure pružaju vrlo malu zaštitu drva od vlage zbog erozije vrlo tankog premaza koji ne štiti podlogu od nastanka mnogobrojnih pukotina.

Filmogene lazure

Nakon izlaganja vremenskim utjecajima na uzorcima obrađenim ovim prevlakama primijećeno je nekoliko vidova promjena: erozija filma preko cijele površine, ljuštenje i modrenje. Ovi premazi zahtijevaju obnavljanje nakon 15 mjeseci. Početna dobra zaštita od vlage smanjuje se kada film počne pucati i ljuštiti se mjestimično, što omogućava ulazak vode u drvo.

Akrilne disperzije (lateks)

Ovi vodotopljivi, filmogeni neprozirni sistemi pokazali su izvrsnu otpornost na vremenske utjecaje. Zapažena je slaba dekolracija i minimalan gubitak sjaja, ali film je ostao praktički netaknut za vrijeme izlaganja, osim malih pukotina na oštrim rubovima uzoraka od bukovine, smrekovine i borovine. Drvo je ispod zaštitnog filma reagiralo mnogo više na promjene vlažnosti nego drvo zaštićeno alkidnim lakovima, zahvaljujući tome i dimenzionalne promjene su bile veće i nakon 15 mjeseci primijećeno je slabo pucanje filma na uzorcima od borovine.

Usprkos što je debljina filma skoro dva puta veća nego kod filmogenih lazura i što je

film praktički netaknut nakon dvogodišnjeg izlaganja, efikasnost ovih premaza u sprečavanju navlaživanja drva vrlo je mala. Ovaj tip prevlake je dosta elastičan, i zbog toga može slijediti dimenzionalne promjene drva prilično dobro bez pucanja filma. Ipak, za vanjsku stolariju, gdje je potrebna dimenzionalna stabilnost, takva slaba zaštita drva od vlage može biti mana, osim ako se koriste vrlo stabilne vrste drva kao sipo, meranti i druge tropske vrste.

Alkidni lakovi

Kao i akrilne disperzije (lateks) i ove prevlake su bile većinom neoštećene nakon dvogodišnjeg izlaganja, iako je kredanje prouzrokovalo primjetljivu promjenu boje. Nakon 15 mjeseci primijećeno je pucanje filma na rubovima. Nakon 24 mjeseca rubovi su napadnuti gljivama koje uzrokuju modrenje, osim zaobljenih rubova na uzorcima iz duglazije koji su bili zaštićeni debljim filmom. Nakon 24 mjeseca film je bio još uvijek nepropustan za vodu i prilično nepropustan za vodenu paru, što ograničava dimenzionalne promjene i tako sprečava pucanje filma. Kada stolarija treba optimalnu dimenzionalnu stabilnost, trebalo bi je zaštititi ovim sredstvima.

Treba uzeti u obzir da su uzorci u provedenom istraživanju bili izloženi pod kutem od 45°, okrenuti jugozapadu, kako bi djelovanje vremenskih utjecaja bilo što izraženije. Time se može objasniti relativno brzo propadanje pojedinih vrsta prevlaka.

FAKTORI KOJI ODREĐUJU DJELOTVORNOST PREVLAKE U SPREČAVANJU NAVLAŽIVANJA

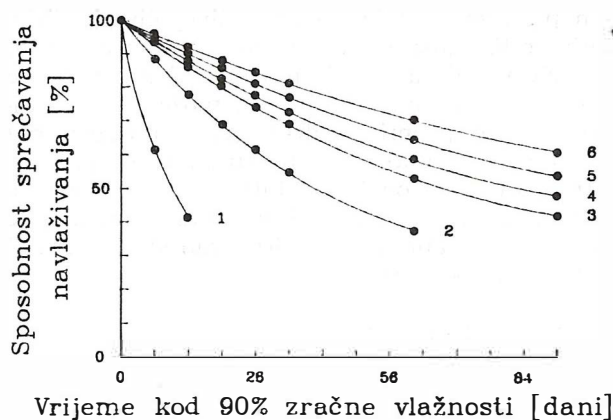
1. Debljina filma

Kod svih prevlaka, osim onih koje apsorbiraju više vode nego drvo, kod veće količine nanosa, odnosno kod veće debljine filma, bit će sporije promjene vlažnosti. Na slici 1 vidljivo je kako debljina filma, odnosno broj slojeva, utječe na sposobnost sprečavanja navlaživanja drva [6].

Prvi sloj ne stvara jednoličan film na površini, a dio sredstva i penetrira u drvo. Drugi sloj pokriva nedostatke prvog i udvostručuje debljinu filma. Svaki slijedeći sloj umanjuje prolaz vode kroz film, ali je efekt sve jednoličniji i slabiji, jer treći sloj povećava debljinu filma za 1/3, četvrti sloj za 1/4 itd.

2. Vrsta prevlake

Prevlake kod kojih otapalo nije voda općenito su djelotvornije u sprečavanju promjena vlažnosti nego one na bazi vode. Lateksne prevlake s pigment-volumnom koncentracijom (PVK) većom od 40% dozvoljavaju rapidan ulaz vodene pare i daju malu zaštitu protiv rose i kiše kada su naneseni na porozan materijal. Isto tako penetrira-



Slika 1. Spособnost sprečavanja navlaživanja drva (SSN) u ovisnosti o broju nanosa prevlake.

Brojevi kraj krivulja predstavljaju broj nanosa pigm. prevlake

$$SSN = \frac{U - C}{U} \cdot 100$$

U — masa apsorbirane vode nezaštićenog drva

C — masa apsorbirane vode zaštićenog drva

Fig. 1. Moisture excluding effectiveness (MEE) depending on number of coatings

$$MEE = \frac{U - C}{U} \cdot 100$$

U — weight of moisture adsorbed by uncoated wood

C — weight of moisture adsorbed by finished wood

Number of coats is displayed to right of curves

(Adapted from Feist, Little & Wennesheimer, 1985)

juća sredstva, kao laneno ulje, tungovo ulje i lazurni premazi, općenito nisu djelotvorni u sprečavanju navlaživanja drva, čak i kada je nanešeno nekoliko slojeva. Šćukanec i Petrić (1987) su ispitivali kretanje vlage u drvu zaštićenom lazurinom. Rezultati istraživanja su pokazali da je brzina promjene sadržaja vlage u zoni ispod površine drva zaštićenog lazurinom desetak puta veća od promjene sadržaja vlage u zoni ispod površine drva zaštićenog filmogenim materijalom.

3. Vrijeme izlaganja

Što je dulje vrijeme izlaganja vremenskim uvjetima, to manja je sposobnost sprečavanja navlaživanja. Čak i premazi s maksimalnom djelotvornošću u sprečavanju navlaživanja polako će gubiti tu svoju djelotvornost. Tako dugo dok je sačuvan originalan izgled i integritet prevlake, ona ostaje dugo vrijeme efikasna. Pigmentirana prevlaka, koja je izbljedjela ili popucala, obično je još efikasna ako nakon snažnog brisanja i trljanja »staklasti« film i dalje ostaje. Duboke pukotine, kredanje i ljuštenje ukazuju na ozbiljno smanjenje sposobnosti sprečavanja navlaživanja.

Prema istraživanjima Feista, Littlea i Wennesheimera (1985), koji su ispitivali navlaživanje drva obrađenog raznim sistemima površinske obrade ukoliko određeno vrijeme stoji u vlažnoj klimi, od 91 komercijalna materijala za površinsku obradu, samo njih 16 pokazalo se djelotvornim u pogledu usporavanja kretanja vodene pare u drvo, i to samo onda kada su nanešena dva ili tri sloja. U ovom istraživanju kao dva

najdjelotvornija sistema površinske obrade u pogledu sprečavanja navlaživanja pokazali su se: parafinski vosak i dvokomponentna epoksidna prevlaka. Sistemi su specifični po tome što ne sadrže otapalo.

Ako se izuzmu ove dvije specifične prevlake (obje su bile nepigmentirane), prevlake koje su se pokazale kao najefikasnije u pogledu sprečavanja navlaživanja bile su pigmentirani proizvodi s otapalima poput alkohola i terpentina. Najboljima su se pokazale dvokomponentne epoksidne i poliuretanske prevlake. Kao neefikasni pokazali su se: sredstva za izolaciju na bazi lanenog i tungovog ulja, lateksni premazi, lateksne pokrivne lazure, polutransparentne lazure na bazi ulja.

Filmogeni materijali predstavljaju dobru zaštitu od vode, jer su filmovi za vodu nepropusni, ali nisu nepremostiva barijera za vodenu paru. Filmovi u stvari imaju samo visok otpor prolazu vode, pa je za taj prolaz potrebno stanovito vrijeme (Ljuljka 1983). Kratkotrajni utjecaji tekuće vode, kao što su pljuskovi, na taj način ne prolaze kroz film, ali dulji vlažni period dovest će do navlaživanja drva.

Općenito, pigmentirani lakovi na bazi organskih otapala efikasniji su u sprečavanju promjena vlažnosti nego transparentni lakovi. Kod pigmentiranih lakova, osim veze prevlaka-drvo, važna je i veza pigmenta i veziva, jer u slučaju slabije veze voda lako prodire na granicu pigmenta i veziva. Kod dobre veze voda mora zaobilaziti čestice pigmenta da bi se kretala samo kroz vezivo, čime se povećava duljina puta vode. U jednom ispitivanju (Ljuljka, 1983) pokazalo se da se vlažnost na površini drva ispod transparentnog laka povećala za 2% nakon 4 dana, a ispod pigmentiranog laka za 11 dana kod djelovanja vanjske vlažnosti od 97%, a unutarnje od 35% uz sobnu temperaturu.

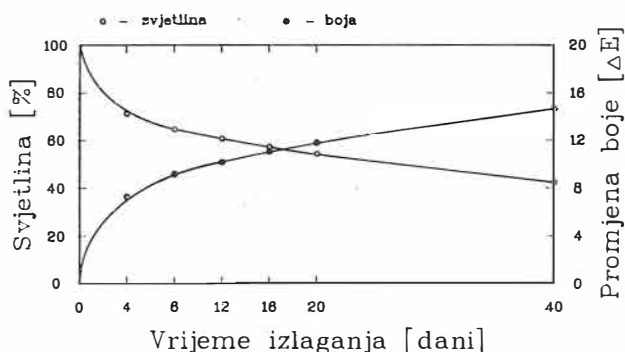
Iako usporene, apsorpcija i desorpcija vodene pare uzrokuju bubrenje i utezanje zaštićenog drva. Posljedica toga je naprezanje filma, njegovo pucanje i otvaranje sitnih pukotina.

Kroz novonastale pukotine sada može i direktno ući voda, a radi usporene desorpcije vodene pare vlaga drva može biti i iznad vlage ravnoteže, npr. u proljetnim mjesecima. Tokom jesenskog vlažnog perioda vodena para se nakuplja u drvu, i zimi će, zbog temperaturnih razlika vanjskog i unutarnjeg sloja, kondenzirati kod vanjske površine i prema njoj sve više migrirati zbog smanjenog tlaka. Nakupljanje vode između drva i filma i njezino eventualno smrzavanje dovest će do pucanja prevlake. Voda supstituirala vezu između drva i prevlake i smanjuje adheziju same prevlake, što dovodi do dalje destrukcije sistema lak-drvo. Ovome treba još dodati vlažna, tlačna i smicajna, ili naprezanja na savijanje, koja se mogu javiti između drva i prevlake.

DJELOTVORNOST RAZLIČITIH VRSTA PREVLAKA U ZAŠTITI DRVA OD FOTODEGRADACIJE

Na površini drva izloženog vremenskim utjecajima javljaju se fizikalne i kemijske promjene uzrokovane solarnom radijacijom. Drvo je odličan apsorber svjetlosti (Hon i drugi 1980.). Reakcija fotona i polimernih tvari distribuiranih na drvnjog površini je fizikalno-kemijski proces koji dovodi do dekoloracije i razgradnje drvene površine. Gotovo su svi kemijski sastojci drva (celuloza, hemiceluloza, lignin i ekstraktivne tvari) osjetljivi na UV-svjetlo s određenim posljedicama degradacije, što se pripisuje kromofornim grupama u polimerima stanične stijenke. Srećom, UV-svjetlo ne penetrira u drvo dublje od $75 \mu\text{m}$ (Hon i Ifju 1978). Znači da je interakcija drva i UV-svjetla površinska reakcija u kojoj se izdvajaju slobodni radikali koji imaju glavnu ulogu u površinskoj razgradnji i dekoloraciji (Hon i Feist 1980).

Od svih komponenata drva lignin se najbrže oksidira i razgrađuje zbog fenolne prirode njegove makromolekularne strukture i osjetljivosti na interakciju s elektromagnetskom energijom. Stoga se smatra da dekoloracija i degradacija započinje reakcijama ligninskih molekula. Celuloza i hemiceluloza su slabiji apsorberi svjetla i manje se razgrađuju pod utjecajem svjetla. Zbog jakih apsorpcijskih svojstava lignin djeluje i kao zaštita od fotooksidacije za celulozne komponente, apsorbirajući štetno UV-svjetlo. Od lignina nastaju fenoksi radikali, osnovne skupine slobodnih radikala, koje reagiraju s kisikom iz zraka (Hon i drugi 1980).



Slika 2. Promjena svjetline i boje borovine izložene UV svjetlu ($\lambda > 254 \text{ nm}$).

Fig. 2. Changes in brightness and colour of southern yellow pine wood exposed to ultraviolet light.

Osim dekoloracije, raspadanje lignina, koji u drvu povezuje vlakanca celuloze i hemiceluloza, dovodi do popuštanja njegove vezivosti, razlaganja središnje lamele, odvajanja fibrila i staničnih stijenki, te konačno do gubitka drvene tvari i erozije površine.

Na slici 2. prikazana je promjena boje i svjetline uzoraka od borovine nakon ozračivanja UV-svjetlom valne duljine preko 254 nm . Originalna svijetlo-žuta boja, nakon izlaganja UV svjetlu, mijenjala se od žutog do svijetlo-smeđeg i tamno-smeđeg (Hon i drugi 1985.).

Poznato je da dubina sloja drva koji mijenja boju iznosi, ovisno o vrsti drva, $0.5\text{--}2.5 \text{ mm}$ (prema navodima Petrića i Šćukanca 1982). Debljina sivog sloja iznosi, ovisno o vrsti drva, $0.1\text{--}0.25 \text{ mm}$. Ove promjene su rezultat fotokemijskih reakcija koje uvijek uključuju slobodne radikale. Hon, Ifju i Feist (1980) ispitivali su utjecaj fluorescentnog, prirodnog sunčevog i UV svjetla na razvoj i dalju reakciju slobodnih radikala i pronašli da se slobodni radikali razvijaju na površini drva kod sve tri vrste osvjetljenja i uz prisutnost kisika i u vakuumu. Pokazalo se da slobodni radikali nastali u vakuumu imaju duži životni vijek nego oni koji su nastali u prisustvu kisika. To ukazuje da su slobodni radikali aktivirani kisikom nestabilni na sobnoj temperaturi, i većina njih se na toj temperaturi raspada. Osim toga, međudjelovanje slobodnih radikala i molekula kisika vjerojatno vodi formiranju peroksida koji su nestabilni prema toplini i svjetlu i obično se transformiraju u karbonsilne i karbonsilne grupe (Hon 1979). Ova sekundarna reakcija kasnije dovodi do promjena teksture i dekoloracije drvene površine.

Hon i Ifju su 1978. g. dokazali da vidljivo svjetlo prodire u drvo do $200 \mu\text{m}$ dubine. Na temelju te činjenice zaključeno je da promjena boje drva može biti uzrokovana direktnim utjecajem svjetla samo do dubine $200 \mu\text{m}$. Vidljivo svjetlo ($400\text{--}750 \text{ nm}$) ima energiju koja nije dovoljna da razdvoji kemijske veze u bilo kom sastojku drva. K tome, slobodni radikali vjerojatno nisu generirani na toj valnoj dužini. Smeđa boja drva na dubini iznad $508 \mu\text{m}$ ne može biti uzrokovana svjetlom. Tu se vjerojatno radi o sekundarnim reakcijama prije nego o fotoreakciji. Energija vidljivog svjetla može uzbuditi određene kromoforne grupe u drvu, koje podliježu sekundarnim reakcijama da bi se stabilizirale. Kao rezultat uništenog kromofornog sistema boja drva postaje svjetlija. To je tzv. »fotoizbjeljujući efekt«. Na temelju navedenih činjenica može se reći da tamnjenje drva na dubinama $508 \mu\text{m}\text{--}2540 \mu\text{m}$ nije uzrokovano direktnim utjecajem svjetlosti. Moramo imati u vidu da fotokemijska reakcija uvijek stvara slobodne radikale. Ovi kratkotrajni slobodni radikali imaju veliku energiju i tendenciju podlijezanja lančanim reakcijama slobodnih radikala, kako bi se stabilizirali. Novoformirani radikali mogu migrirati dublje u drvo. Fotokemijske reakcije, isto kao i reakcije slobodnih radikala, ubrzane su u prisustvu kisika, vlage, metalnih iona i drugih faktora. Znači, ako dođe do promjene boje drva na dubini većoj od $200 \mu\text{m}$, vjerojatno je uzrokovana lančanom reakcijom slobodnih radikala ili sekundarnim reakcijama.

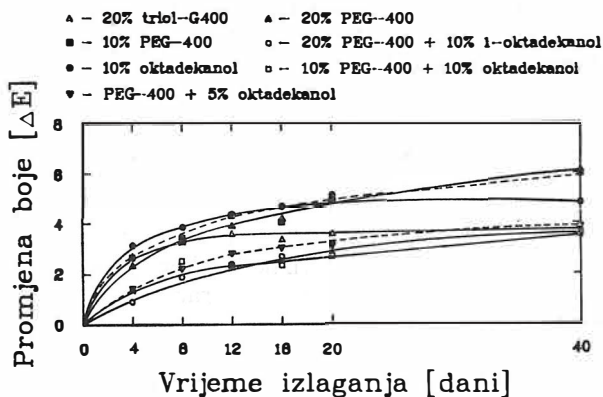
Rezultati ovog istraživanja ukazuju da bi pokušaji stabiliziranja boje drva izloženog direktnom svjetlu trebali biti usmjereni na sprečavanje formiranja slobodnih radikala do dubine $200\mu\text{m}$ od izložene površine.

Hon, Chang i Feist (1982) istraživali su utjecaj kisika na fotodegradaciju drvene površine. Ustanovili su da su se u svjetlošću ozračenom drvu formirali hidroperoksidi, što ukazuje da je za fotodegradaciju značajno prisustvo kisika. Pretpostavlja se da molekule kisika, pod utjecajem svjetla, prelaze u uzbuđeno (singulet) stanje i reagiraju sa slobodnim radikalima drva, stvarajući hidroperoksidi. Hidroperoksidi su termički i fotokemijski nestabilni, raspadaju se i stvaraju kromofornne grupe koje dovode do dekolracije drvene površine. Rezultati istraživanja pokazali su da inhibitori stvaranja kisika singulet stanja sprečavaju stvaranje peroksida. Ovo upućuje na mogućnost povećanja otpornosti sistema lak-drvo dodavanjem u lak spomenutih inhibitora.

Degradacija površine uslijed UV svjetla može biti smanjena tretiranjem drva s kromatomnom kiselinom ili željezo (III)-kloridom (Chang i drugi 1981). Mehanizam zaštite nije još do kraja razjašnjen. Moguće je da celuloza i lignin reagiraju s ionima klora ili željeza i tvore kompleksni sistem koji može emitirati energiju s drvene površine. Prema tome, drvo će apsorbirati manje energije za pokretanje fotoreakcija. Također je moguće da novo formirani kompleksni sistem između kemikalija i komponenata drva pomakne apsorpciju prema kraćim valnim duljinama. Druga mogućnost je da anorganske soli, koje su efikasni razgrađivači peroksida, mogu spriječiti formiranje peroksida na drvnoj površini.

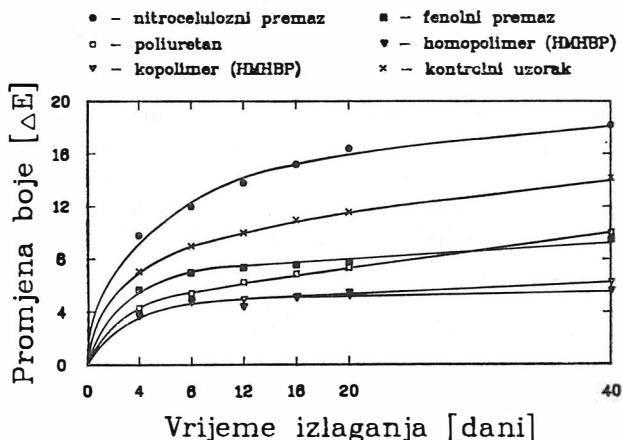
Poznato je da se površina drva može zaštititi od fotoinducirane oksidativne degradacije ako se na nju nanese zaštitna prevlaka. Transparentne prevlake su posebno interesantne jer zadržavaju prirodan izgled i boju drva. Međutim, otpornost transparentnih prevlaka fotooksidativnoj degradaciji je vrlo mala, jer je većina transparentnih prevlaka osjetljiva na UV-svjetlo i brzo gubi zaštitnu funkciju. Uz to, UV-svjetlo može kroz njih penetrirati i inicirati fotokemijsku reakciju na drvnim površinama, te kao rezultat nastaje dekolracija i smanjenje kohezije između drva i prevlake.

Zbog potrebe za stabilnim transparentnim prevlakama za drvo razvile su se bezbojne akrilne prevlake koje sadrže UV-apsorber 2,4-dihidroksi-benzofenon (2,4-DHBP), i ispitana je njihova zaštitna funkcija (Hon, Chang, Feist 1985). Efikasnost im je komponirana s nekoliko penetrirajućih zaštitnih sredstava i filmogenih komercijalnih materijala. Na slici 3. prikazana je promjena boje drva bora obrađenog penetrirajućim sredstvima (triol-G400, PEG-400-poli (etilen glikol), oktadekanol). Od ovih penetrirajućih materijala kao najefikasniji se pokazao triol-G400. Na slici 4. prikazana je promjena boje drva obrađenog



Slika 3. Promjena boje ozračene borovine tretirane sa penetrirajućim sredstvima: 20%-tni triol-G400; 20%-tni poli(etilen glikol) PEG-400; 10%-tni PEG-400; 10%-tni oktadekanol; 20%-tni PEG-400 + 10%-tni 1-oktadenol; 10%-tni PEG-400 + 10%-tni oktadekanol; PEG-400 + 5% oktadekanol.

Fig. 3. Change in colour of irradiated southern yellow pine wood treated with penetrating finishes: 20% triol-G400; 20% PEG-400; 10% PEG-400; 10% octadecanol; 20% PEG-400 + 10% 1-octadecanol; 10% PEG-400 + 10% octadecanol; PEG-400 + 5% octadecanol.

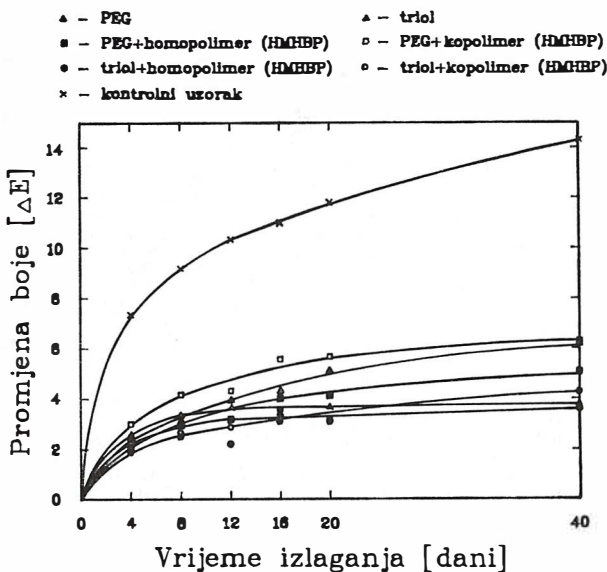


Slika 4. Promjena boje UV ozračene borovine obrađene nitroceluloznom; fenolnom; poliuretanskom prevlakom, homopolimerom (HMHBP) i kopolimerom (HMHBP).

Fig. 4. Change in colour of UV-irradiated southern yellow pine wood coated with nitrocellulose, phenolic varnish, polyurethane, homopoly (HMHBP), and copoly (HMHBP).

različitim filmogenim materijalima. Drvo tretirano prevlakom na osnovi nitroceluloze (celulozni nitrat) pokazalo je veću dekolraciju nego netretirano drvo, što ukazuje na nestabilnost takve prevlake i nemogućnost njenog korištenja za vanjske prevlake. Tretman s poliuretanskim lakom pružao je neznatnu zaštitu protiv UV-zračenja. Vidljiv je izvanredan učinak novo razvijenih akrilnih premaza s unutrašnjim apsorberom kao što su homopolimer poli [2-hidroksi-4 (3-metakriloksi 2-hidroksi-propoksi) benzofenon] [poli (HMHBP)] i njegov kopolimer s alkil-akrilatom.

Bilo je za očekivati da će zaštita od dekolracije biti još veća ako drvo prvo tretiramo penetrirajućim sredstvom poli (etilen glikolom) ili triolom i nakon toga s homopolimerom (HMHBP) ili kopolimerom (HMHBP s alkil akrilatom). Ovaj



Slika 5. Promjena boje UV ozračene borovine tretirane sa poli (etiljen glikolom) PEG; triolom; PEG + homopolimerom (HMHP); PEG + kopolimerom (HMHP); triol + homopolimerom (HMHP); triol + kopolimerom (HMHP).

Fig. 5. Change in colour of irradiated southern yellow pine wood treated with PEG; triol; PEG + homopoly (HMHP); PEG + copoly (HMHP); triol + homopoly (HMHP), and triol + copoly (HMHP); control.

(Adapted from Hon, Chang & Feist, 1985.)

kombinirani tretman znatno stabilizira površinu protiv UV-zračenja. Na slici 5. vidljiva je promjena boje drva, ako je ono tretirano ovakvim kombiniranim sistemom.

Poznato je da najveću zaštitu od utjecaja svjetla pružaju pigmentirani lakovi. Pigmenti blokiraju ili reflektiraju UV-svjetlo, ali sakrivaju boju i teksturu drva. Transparentni lakovi ističu ljepotu teksture drva, ali apsorpcija UV svjetla kod ovih lakova dovodi do pucanja filma, stvaranja pukotina i na kraju dolazi do ljuštenja filma s površine. Williams (1983) navodi tri metode stabiliziranja ovih lakova:

1. Uvođenje UV stabilizatora u transparentne prevlake. UV stabilizatori produljuju vijek prevlake ali ne pružaju dugotrajnu zaštitu.
2. Primjena polimera koji propuštaju UV-svjetlo. Velik napredak u poboljšanju transparentnih prevlaka postignut je kada su razvijeni polimeri koji niti apsorbiraju UV-svjetlo, niti podliježu fotodegradaciji. Prilikom izlaganja vremenskim utjecajima takvi polimeri ne podliježu stvaranju pukotina i štite drvenu površinu od negativnih utjecaja vode, ali, budući da propuštaju UV-svjetlo, ne štite površinu drva od fotodegradacije, koja dalje dovodi do gubitka veze lak-drvo.
3. Stabiliziranje drva anorganskim solima. Ova metoda se razlikuje od prethodnih jer ima naglasak na modifikaciji drva kako bi se poboljšao učinak prevlake. Od anorganskih soli najdjelotvorniji su krom(III)-oksid, bakar

(II)-kromat i amonijakalna otopina bakar (II)-kromata. Jednostavno nanošenje kistom ili uranjanjem 5% vodene otopine krom (III)-oksida smanjuje eroziju drva na koje nije nanešena zaštitna prevlaka i produžava vijek drva zaštićenog sa transparentnom prevlakom gdje je krom (III)-oksid služio kao predtretman (Black, Mraz, 1974).

Istraživanja u FPL Madison su pokazala da određene anorganske kemikalije, poput krom (III)-oksida, bakar (II)-kromata, amonijakalnog bakar (II)-kromata, nanešene kao razrijeđene vodene otopine na površinu drva, osiguravaju slijedeće:

1. Sprečavaju degradaciju drvene površine UV zračenjem.
2. Poboljšavaju trajnost polimernih premaza koji propuštaju UV svjetlo.
3. Poboljšavaju trajnost lakova i lazura.
4. Osiguravaju dimenzionalnu stabilnost drvene površine.
5. Osiguravaju otpornost prema djelovanju gljiva.
6. Bez daljeg tretmana mogu služiti kao prirodne prevlake za drvo.
7. Fiksiraju vodotopljive ekstraktivne tvari u drvu i time umanjuju promjenu boje kod nanošenja završnih prevlaka.

Williams (1989) je razvio i ispitao novu metodu stabiliziranja drvene površine sa HEBP [2-hidroksi-4 (2, 3-epoksi propoksi) benzofenon] koji je bio kemijski vezan na površinu drva crvenog cedra (*Thuja plicata*). Pokazalo se da ovaj kemijski vezan stabilizator smanjuje eroziju drva nezaštićenog lakom i da kao predtretman poboljšava učinak transparentnog laka i poboljšava stabilnost boje.

Feist i Rowell (1982) istraživali su mogućnost povećanja otpornosti drva borovine prema UV-svjetlu, te UV-svjetlu i vodi. Povećanje otpornosti drva pokušalo se postići modifikacijom staničnih stijenki butil-izocijanatom i butilen-oksidom, modifikacijom staničnih lumena metil-metakrilatom, te kombinacijom ova dva tretmana. Modifikacija staničnih stijenki s butilen-oksidom i butil-izocijanatom nije dala pozitivne rezultate. Uzorci tretirani na ovaj način nisu se ponašali ništa bolje nego netretirani kontrolni uzorci.

Punjenje lumena metil-metakrilatom i njegovo otvrdnjivanje u lumenima osigurava fiksiranje elemenata drva čak i kada je razgrađen njegov prirodni adheziv-lignin. Elementi ostaju na svom mjestu, sprečavaju dublji prodor svjetla i tako povećavaju trajnost drva. Uzorci borovine tretirani dvojnim tretmanom kemijske modifikacije staničnih stijenki butilen-oksidom ili butil-metil-metakrilatom, nakon koje je slijedilo punjenje lumena metil-metakrilatom, pokazali su dobru otpornost pri ubrzanom izlaganju vremenskim utjecajima.

ZAKLJUČAK

Prilikom izbora sistema površinske obrade građevinske stolarije treba voditi računa o svojstvima sredstva za površinsku obradu, zahtjevima koje ono može ispuniti, uvjetima kojima će drvo biti izloženo u upotrebi, te o željenom estetskom efektu.

Idealno sredstvo za površinsku obradu trebalo bi štiti drvo od UV-zračenja, vode, biološke razgradnje i modrenja, trebalo bi biti otporno na toplinu i vremenske utjecaje, dati lijep izgled površini, jednostavno se primjenjivati, lako obnavljati, brzo sušiti, dobro pokrivati rubove i, što je moguće manje zagađivati okolinu. Jasno je da takvo »univerzalno« sredstvo za sada ne postoji. Pigmentirani filmogeni materijali osiguravaju najveću zaštitu od sunčevog svjetla od vlage, ali su podložni greškama ljuštenja, pucanja i mjehurenja, teško se obnavljaju, te sakrivaju boju i teksturu drva. Najčešće ne sadrže nikakva fungicidna i insekticidna sredstva, te predstavljaju zaštitu samo dok čine nepropusni koherentni film.

Lazurni premazi su posljednjih godina vrlo popularni. Jeftiniji su, jednostavni za obnavljanje, ističu ljepotu drva, međutim, u uvjetima veće opterećenosti drva vlagom i UV zrakama, nisu najbolje rješenje.

U posljednje vrijeme se u svijetu provode mnoga istraživanja usmjerena na povećanje otpornosti drva i različitih prevlaka prema vremenskim utjecajima. Istraživanja na uvođenju novih unutrašnjih apsorbera u transparentne prevlake dala su pozitivne rezultate. Stabiliziranje drva anorganskim solima prije nanošenja transparentnih prevlaka također se pokazalo djelotvorno. Nove metode kemijske modifikacije potpovršinskog sloja pokazale su dobre rezultate u zaštiti drva od vremenskih utjecaja. Neke od navedenih metoda bilo bi interesantno ispitati u našim uvjetima.

LITERATURA

- [1] Black, J. M. & Mraz, E. A. (1974): Inorganic surface treatments for weather — resistant natural finishes U.S.D.A. For. Service Res. Paper FPL 232.
- [2] Chang, S. T. & Hon D. N. S. & Feist, W. C. (1982): Photodegradation and photoprotection of wood surfaces. Wood and Fiber, 14 (2), 104—117.
- [3] Feist, W. C. (1977): Finishing wood for exterior applications—Paints, stains and pretreatments. ASC Symposium Series 43. American Chemical Society, Washington.
- [4] Feist, W. C. & Mraz, E. A. & Black, J. M. (1977): Durability of exterior wood stains. For. Prod. Journal, 27 (1).
- [5] Feist, W. C. & Rowell, R. M. (1982): Ultraviolet and accelerated weathering of chemically modified wood. ASC Symposium Series 187. Amer. Chem. Soc. Washington.
- [6] Feist, W. C. & Little, J. K. & Wennesheimer, J. M. (1985): The moisture excluding effectiveness of finishes on wood surfaces. U.S.D.A. Res. Paper, FPL 462.
- [7] Feist, W. C. (1988a): Role of pigment concentration in the weathering of semitransparent stains. For. Prod. J., 38 (2).
- [8] Feist, W. C. (1988b): Weathering performance of finished southern pine plywood siding. For. Prod. J., 38 (3).
- [9] Hon, D. N. & Ifju, G. (1978): Measuring penetration of light into wood by detection of photoinduced free radicals. Wood Science, 11 (2).
- [10] Hon, D. N. S. & Ifju, G. & Feist, W. C. (1980): Characteristics of free radicals in wood. Wood and Fiber, 12 (2), 121—130.
- [11] Hon, D. N. S. & Chang, S. T. (1982): Participation of singlet oxygen in the photodegradation of wood surfaces. Wood Sci. Technol. 16:193—201.
- [12] Hon, D. N. S. & Chang, S. T. & Feist, W. C. (1986): Protection of wood surfaces against photooxidation. J. Appl. Polym. Sci., 30:1429—1448.
- [13] Hon, D. N. S. & Clemson, S. C. & Feist, W. C. (1986): Weathering characteristics of hardwood surfaces. Wood. Sci. Technology 20:169—183.
- [14] Laurich, H. (1988): Anstrich und Lamellierung Fenster und Fassade, 15 (4).
- [15] Leibetseder, H. & Horak, (1983): Lasierende Oberflächenbehandlung von Holz im Hochbau. Holzforschung und Holzverwertung 35 (4).
- [16] Ljuljka, B. (1980): Površinska obrada drva. SIZ odgoja i usmj. obraz. sum. i drvne ind. SRH, Zagreb.
- [17] Ljuljka, B. (1983): Utjecaj drva i njegove vlažnosti na obradu poliuretanskim lakovima. Glasnik za sum. pokuse 21:121—177.
- [18] Ljuljka, B. (1989): Površinska obrada drva. Skripta u tisku, Zagreb.
- [19] Roux, M. L. i drugi (1988): Natural weathering of various surface coatings on five species at four European sites. Holz Roh-Werkst.; 46, 165—170.
- [20] Sell, J. & Feist, W. C. (1986): U. S. and European finishes for weather — exposed wood — a comparison. For. Prod. J. 36 (4).
- [21] Suleski, J. C. (1984): How finishes control moisture in wood 200—28a (5/84).
- [22] Šćukanec, V. & Petrić, B. (1987): Kretanje vlage u drvu zaštićenom lazurama. Drvna ind., 38 (1—2):3—6.
- [23] Turkulin, H. & Ljuljka, B. (1989): Lamelirana građevinska stolarija. Studija. Sumarski fakultet Zagreb.
- [24] Williams, R. S. (1983): Effect of grafted UV stabilizers on wood surface erosion and clear coating performance. J. Appl. Polym. Sci., 28, 2093—2103.
- [25] *** (1975): Wood finishing: Weathering of wood. U.S.D.A. Forest service research note, FPL-0135, REV 1975.

Recenzenti: prof. dr. M. Biffi
prof. dr. B. Ljuljka

I S P R A V A K

U članku I. Hormana »Raspodjela naprezanja po presjeku drva u početnoj fazi sušenja« u br. 11—12/1989. »Drvne industrije«, omaškom je u jednadžbama (3) (6) (7) upisano:

$\frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2}$ kao da je ϕ ili y^2 u indeksu. Osim toga umjesto znaka δ treba da stoji u formulama znak za parcijalnu derivaciju.

Npr. neispravno je: $\frac{\delta^2 \phi}{\delta y^2}$ a ispravno je: $\frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2}$. Ispričavamo se autoru i čitateljima.

UREDNIŠTVO