

MITTEPURUSTAVAD MEETODID PUITKONSTRUKTSIOONIDE KESTVUSE UURIMISEKS KULTUURIVÄÄRTUSLIKES HOONETES

Kalle Pilt

Sissejuhatus

Käesoleva artikli eesmärgiks on anda Eesti kultuuriväärtuslike hoonete säilitamise ja konserveerimise spetsialistidele ning kultuuriväärtuslike hoonete omanikele ülevaade võimaluste kohta määrata puitkonstruktsioonide seisundit neid oluliselt kahjustamata ning konstruktsioone avamata. Siiani on seisundi hindamisel kasutatud visuaalset vaatlust koos esmaste abivahenditega (fotografeerimine, puurimine, pinna kõvaduse määramine noaga, koputamine haamriga jne). Uudsete meetodite kasutamine annab olulise eelise muinsuskaitse eritingimuste koostamisel ning ehituslike restaureerimis-renoveerimisprojektide koostamisel. Samuti kaasneb meetodite kasutamisega kulude kokkuhoid nii konstruktsioonide avamis-sulgemise arvelt kui ka jäävad ära üleliigsed tööd, kuna eeltöö on täpsem. Lisaks on Euroopa Liidu (sh Eesti) säästva arengu suuna seisukohalt vajalik puidust konstruktsioonelementide tugevust ja säilimisastet hinnata võimalikult täpselt, selleks et vähendada konstruktsiooniosade väljavahetamist uute vastu. Viimaseks mittepurustavate meetodite kasutuselevõtu

eeliseks võib tuua ehitaja ja kultuuriväärtuste säilitaja (sh muinsuskaitseametnike) vaheliste lahkkelide vähenemise, kuna mõlemale osalisele on seisundit kirjeldatud neile arusaadavas vormis: ehitajale tugevusarvutuste põhjal ning säilitajale kahjustuse täpse ulatuse määratlemisega.

Mittepurustavad meetodid

Seda mõistet käsitletakse eri valdkondades erinevalt. Väikese-mõõtmeliste artefaktide säilitamisel on igasugune lisaava tegemine või materjaliproovi võtmine mõeldamatu. Konstruktsioonide seisukorra hindamisel mittepurustavate meetoditega mõeldakse sellele, et ei nõrgestataks hoone kandekonstruktsioone (kontrollpuurimise suurus kuni 15 mm) ning hoone omaniku (kinnisvara väärtuse) seisukohalt on meetod mittepurustav, kui pole vaja teisaldada kattematerjale. Mittepurustavaid meetodeid saab jagada erinevalt. Kõige levinum on jagamine mõõdetavate omaduste järgi.

Kokkuvõtte puidu testimise mittepurustavatest meetoditest (Niemz 2008).

Mõõdetav Omadus	Füüsikaline printsiip, millele baseerub	Mõõtmise tulemus	Kasutatavus kultuuriväärtuste seisukorra hindamisel
Mehaanilised omadused	Puurimise resistentsus; kõvadus; sisenemiskäitumine	Mädanikseente kahjustuste määramine; mahukaalu leidmine	Kasutatav
Elektrilised omadused	Elektriline takistus		Kasutatav
	Elektrilise takistuse ja niiskusesisalduse vaheline korrelatsioon; elektrilise takistuse ja mädanikkahjustuse vaheline korrelatsioon	Niiskusesisalduse määramine; mädanikseente kahjustuste määramine	Kasutatav
	Dielektrilised omadused	Niiskusesisalduse määramine	
Akustilised omadused	Heli kiirus; heli peegeldumine; helitugevuse nõrgenemine	Elastsuse määramine (E; G); defektide leidmine	
	Akustiline kiirgus	Mikropragude leidmine; mardikate tootumisel tekkiva heli salvestamine	Osaliselt kasutatav
	Omaõnkesagedus	Elastsuse määramine (E; G); liimliidete seisukorra hindamine	Kasutatav
Termilised omadused	Soojuseraldumine (termograafika)	Vead pealispinnas (struktuurivead, praod)	Kasutatav
Elektromagnetlained	Nähtav valgus (vanuse määramine)	Värvuse määramine (CI-Lab), vanuse määramine, värvierisused	Kasutatav
	IR/NIR radiatsioon	Suhteline niiskus; keemiline analüüs (lisandid); lisandunud mehhaaniliste osakeste leidmine	Osaliselt kasutatav
	Röntgen (X-ray) (adsorptsioon/ difusioon)	Mahukaal, kohalikud tiheduse jaotumine ristlõike ulatuses; aastarõngaste profiil	Osaliselt kasutatav (ainult komplekssete seadmete puhul)
	Neutronikiirgus	Niiskuse jagunemine ristlõikes	Ainult laboratoorne analüüs
	Sünkrotronikiirgus	Mikrostruktuuri analüüs	Ainult laboratoorne analüüs

Lähtuvalt ülaltoodud tabeli andmetest on teadlased välja töötanud mitmeid puitkonstruktsioonide mittepurustava uurimise seadmeid. Enne, kui neid tutvustama asuda, peab rõhutama asjaolu, et seadmetega saadavad näidud ei anna meile midagi. Iga seadme ja iga meetoodika juurde kuulub näitude seletamine (analüüs). Parimad tulemused saadakse erinevate seadmete näitude omavahelisel võrdlemisel ning meetodite kogunud kasutamisel.

Eestis on seadmetest kõige enam kasutusel mitmesugused elektrilised niiskusesisalduse mõõtjad, mis annavad olulist informatsiooni niiskusesisalduse, õhu suhtelise niiskuse, temperatuuri ja kastepunkti kohta. Niiskusemõõtja peaks olema iga hoonete seisundi hindaja varustuses ning mida rohkem võimalusi nimetatud aparatuur pakub, seda parem. Elektriliste niiskusemõõtjate juures tuleb arvestada, et elektrijuhtivus sõltub lisaks niiskusesisaldusele ka materjali omadustest (tihedus, struktuur, puiduki suund jne). Teiseks on viimasel ajal laialdaselt kasutusele võetud termograaf. Termograaf on seade, mida kasutatakse rohkem hoonete piirete soojajuhtivuse analüüsimiseks, kuid mis annab kogunud spetsialistidele informatsiooni ka puitdetailide ning -konstruktsioonide seisukorra kohta. Kahjuks ei näita termograafi joonised puidu sisemuses leiduvaid kahjustuspiirkondi ning selle kasutamine üksikult ei anna piisavalt andmeid analüüsiks.

Eesti Maaülikoolis on kasutusele võetud ultraheli aparatuur ning resistograaf, mis töötavad akustiliste ja mehhaaniliste omaduste mõõtmise printsiibil. Nimetatud seadmed on ka teistes Euroopa Liidu liikmesriikides kasutusel ja nendest saadud andmekogu täieneb pidevalt. Ultraheli eeliseks on puitdetailidest tervikliku ülevaate saamine. Ultraheli andmete analüüsimisega saab leida oksakohti, lõhesid, struktuuririkkeid ja teisi looduslikke defekte. Lisaks veel biokahjustusi: puitu lagundavate seente tekitatud mädanikke ning mardikate vastsete käikude ulatust, kuid ka puuritud avasid, sisselõikeid ja muid inimese tekitatud nõrgestusi. Ultraheli puudusteks on tulemuste tõlgendamise keerukus ning suhteliselt suured veapiirid kahjustuste ning nõrgestuste asukohtade määramisel. Resistograafi graafikute analüüsiga saame määrata puidu mehhaanilisi omadusi ehk kõvadust, tihedust, tugevusklassi, jääkristlõiget, aga ka biokahjustusi, looduslikke defekte ning nõrgestusi. Resistograafi puuduseks on mõõtmistulemuste lokaalsus, kuid tugevuseks suhteliselt suured võimalused mõõtmistulemusi analüüsida. Resistograafiga saab määrata isegi puidu aastarõngaste laiust ja struktuuri ning saada olulisi andmeid kasutatud puitmaterjali kohta. Kuna resistograafiga on võimalik määrata puidu tugevusnäitajaid ja jääkristlõiget, saame kasutada ka olemasolevate puitkonstruktsioonide arvutamiseks Eurocode-5 põhjal loodud standardeid ja juhiseid. Praktilise resistograafi uuringuga saab tutvuda Merilin Meleski 2009. aastal Eesti Maaülikoolis kaitstud magistritöö



Portimeter MMS



TICO ultraheli mõõdistaja.



Konstruktsiooni kontrollimine resistograafiga.



Põrandaaluse konstruktsiooni kontrollimine fiiberoptilise boreskoobiga.
Fotod: Kalle Pilt

„Ruhnu uue kivikiriku torni mardikakahjustustega puitkonstruktsioonide tugevuskontroll”.

Lisaks tabelis nimetatud meetoditele võib mittepurustavate meetodite hulka lugeda ka visuaalse vaatluse abivahendit, mis aitavad mõista konstruktsioonide sisemust ja mehhaanilist käitumist. Üheks selliseks abivahendiks on sihtasutuses Eesti Mükoloogia Uuringutekeskus kasutatav fiiberoptiline boreskoop, millega on võimalik läbi 10 mm ava uurida konstruktsiooni materjale, kahjustusi (nt seenkahjustusi, niiskuskahjustusi) ja ka muinsuskaitsejaid huvitavaid viimistluskihte. Saadud info on võimalik salvestada digitaalsete fotodena. Boreskoobi pikkuseks on 600 mm ning vaateulatuseks 360° radiaalsuunas ning 115° pikisuunas. Fiiberoptiline boreskoop on suureks abiks seenkahjustuse ulatuse määramisel hoonetes, kus on elektri kasutamise võimalus ning konstruktsioonides õhuvahed. Sageli tekivad küsimused, kas seeneniidistik on levinud edasi leitud kahjustuse kohast kõrvalruumidesse või mitte, milline on põrandate ja seinte konstruktsioon, kas on olemas õhuvahed jne. Praktikas on sagedased juhtumid, kus pealmine põrandalaudis on tugev ja ilus, kuid aluslaudis juba väga tugevalt kahjustunud.

Fiiberoptilist boreskoopi saab kasutada mitmeti. Üks võimalus on valgustada põrandaaluseid fiiberoptilise kaabli abil soklis paiknevate tuulutusavade kaudu. See valgus on oluliselt tugevam kui enamikul taskulampidel ning peenike kaabel ei varja ära niigi väikest vaateava. Kuna seade ise ei ütle, kas kahjustusi on või mitte, vajab fiiberoptilise bores-

koobi kasutamine kogemusi, et nt eristada seeneniidistikku materjalikiududest. Vahel on mõttekas teha mõne millimeetri jagu suurem auk, et hinnata nt puidu värvust ja tugevamate seeneniitide korral on ka neid puidukiudude vahel näha. Ainuüksi fiiberoptilise boreskoobi kasutamine ei anna siiski 100% kindlust konstruktsioonide korrasoleku kohta, kuid on väga tõhus seade esialgse uuringu tegemiseks ning potentsiaalsete kahjustuspiirkondade kontrolliks neid lahti lõhkumata. Lisaks sellele on sihtasutuses Eesti Mükoloogia Uuringutekeskus kasutusel optilise suurendusega digitaalne fototehnika, mis võimaldab kõrgel ja kaugel asuvaid kahjustusi oluliselt selgemalt jälgitavaks teha ning salvestada.

Kokkuvõtteks võib öelda, et visuaalne vaatlus oli oluline, on ja jääb oluliseks hoonete tehnilise seisukorra hindamisel, kuid üha enam tuleb kasutusse uusi seadmeid, mis töötavad teaduslikult uuritud meetodikate alusel. Nende seadmetega on võimalik teha ehituskonstruktsioonide põhilist kontrolli ehk tugevus peab olema suurem või võrdne kui sisepinge. Ainult arvutusliku kontrolliga saab otsustada, kas kontrollitav detail tuleb plommida, proteesida või asendada. Kõik otsused, mis on tehtud nimetatud kontrollita, on subjektiivsed ja sõltuvad oluliselt kontrollija kogemustest ning oskustest.

Soovin tänada COST action IE0601 „Wood Science for Conservation of Cultural Heritage” juhtivkomiteed ja meeskonda enesetäiendamise ning kogemuste vahetamise võimaluse eest.