Puitehitiste arhitektuurivõistlus

Foto 1. Ridaelamu Tallinnas Lepiku teel.

MÄRT RIISTOP,
puitehitiste arhitektuurivõistluse žürii liige

Eesti Metsatööstuse Liit korraldas eelmisel aastal esimese puitehitiste arhitektuurivõistluse. Leidsime toona palju huvitavaid uusehitisi ning nägime ka päris mitmeid alles alustatuid või kuulsime ehituskavadest. Seepärast julgesime võistlust korrata selgi aastal ega pettunud.

Žürii (Veljo Kaasik, Toomas Aakre, Urmas Elmik, Tarmo Lige, Mart Kalm ja Märt Riistop) pidi mitu korda kokku tulema ja pikki kilomeetreid läbima, et 49 esitatud ehitise hulgast paremad välja valida. Vaidlused paisusid kohati päris teravaks, ent lõpuks jõuti alati ühisele otsusele, hääletamise teed tuli minna vaid korra.

Peapreemia (30 000 krooni) võitis arhitekt Aivo Schultsi kavandatud ridaelamu Tallinnas Räägu teel (vt esikaas), mille konstruktoriks on Ado Soans ja ehitajaks OÜ Merdof Ehitus. Määravaks said hoone hea sobitumine keskkonda ning puidu järjekindel ja läbimõeldud kasutus. Lõpuks ometi on meil ilus näide suuremast puitkarkasshoonest, mis elanike kinnitust mööda lisaks soojale ka heli peab.

Teise koha vääriliseks peeti arhitektide Ott Kadariku, Villem Tomiste ja Mihkel Tüüri ridaelamut Lepiku teel, samuti pealinnas (ehitaja ABC-Ehitus OÜ). Sellegi maja puhul hinnati kõrgelt head kooskõla ümbritseva keskkonnaga, keerukavõitu kaarjas välisvorm oli nurgakrundil loogiline.

Žürii hinnangul asuvad need majad (Räägu ja Lepiku teel) just seal, kuhu nad kõige paremini sobivad, asukohtade vahetus ei tuleks kõne allagi.

Martin Aunini projekteeritud eramut Mähel (konstruktor Urmas Rasina, ehitus OÜ Lahever) kaalus žürii ka liimpuidu eriauhinna kandidaadina, ent lõpuks otsustati talle anda kolmas koht. Liimpuitu on siin küll üsna kenasti rakendatud, ent üldmuljes on selle osa tagasihoidlik. Ega seda asjaolu saagi tolle maja puuduseks pidada – huvitavad leiud olid seotud teiste materjalidega, näiteks hõreda laudvoodri üleminek vaid teatud nurga alt läbipaistvaks piirdeks jpm (vt foto 3).

Eriauhind parima välisvoodri lahenduse eest (10 000 krooni AS-ilt Rait) otsustati anda arhitektidele Urmas Murule ja Peeter Perele. Nende projekteeritud eramu Kiili vallas sai žüriilt üsna üksmeelse hinnangu: huvitav ja värske, samas väljapeetud lahendus, mis on ka hästi teostatud. Kasutada välisvoodris tavalise voodrilaua kõrval ümmargust treipuitu (vt foto 4) on ootamatu, ent mõjuv.

Eripreemia vineeri parima kasutuse eest (10 000 krooni UPM-Kymmene Otepää AS-i vineeritehaselt) läks sisearhitekt Tiiu Truusile, kelle loodud sisekujundus Tallinnas Abara tänava eramus demonstreerib, et vineer sobib peaaegu kõigeks (vt foto 5).

Vineeri oli kasutatud teistegi majade sise- ja (vähesel määral) välisviimistluses,

Foto 2. Eramu Mähel.

Foto 3. Välisvooder muutub vahepeal piirdeks ja siis uuesti voodriks.

ent oma ideelt ja teostuselt oli Abara tänava maja konkurentsitu. Žürii meelest tekitas küsitavusi ainult see, kas spoonliimpuidu kasutamine seal, kus tavalisest liimpuidust oleks küll olnud, on ikka põhjendatud. Ent seegi kõhklus ei kõigutanud otsust – teatud mööndustega võib ju spoonliimpuitugi vineeriks pidada ja nii on valikus oma loogika.

Eripreemiat liimpuidu parima kasutuse eest (10 000 krooni AS-ilt Liimpuit) oli seekord kõige raskem määrata. Liimpuitu leidus nii mitmeski hoones, ent arhitektuurses mõttes oli igaühel neist puudusi. Kas oli liimpuit muude materjalide alla ära peidetud ja seega arhitektuurselt ebaoluline või oli hoone välisilme vaat et eemaletõukav. Vahel tundus ka, et ehitaja oli mõne lahenduse juures äpardunud. Seepärast otsustati eripreemia anda hoopis konstruktor Raul Lättile Võsu kooli võimla konstruktsiooni eest.

Kommenteerides äsjalõppenud arhitektuurivõistlust, tuleb paraku korrata nii mõndagi eelmisel aastal öeldust: uute elurajoonide üldilme on sageli kaootiline, ehituskvaliteet võiks siin-seal parem olla. Need etteheited ei ole muidugi seotud konkreetselt puiduga – kehva maja saab ehitada mis tahes materjalist. Siiski lootsime, et ei kohta enam näiteks roostetavate naeltega rikutud puitvoodrit, ent pidime pettuma. Samas oli nominentide hulgas mitu maja, mille juures ka tikutulega otsides poleks õnnestunud vigu leida.

Eelmisel aastal esitati võistlusele vaid üks terviklikult lahendatud elurajoon, Aaviku, sel aastal oli neid rohkem: Uus-Pärtle, Soosepa ja Veskitammi. Ka ridaelamuid

Foto 4. Eramu Kiili vallas.

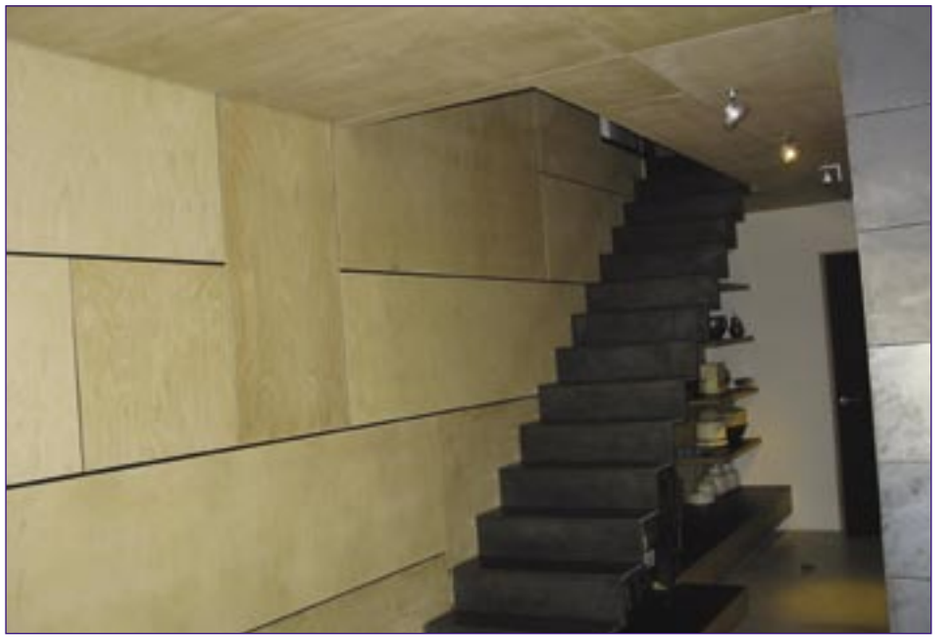


Foto 5. Tallinnas Abara tänava majas katab vineer lisaks seintele ja lagedele ka ülemise korruse põrandaid ja on uste ning põranda piirdeliistudeks. Trepi alumised massiivsed astmed ning akende ja uste lengid on vineerilaadsest materjalist – spoonliimpuidust.

Tallinnas Esku tänaval (arhitekt Emil Urbel, ehitaja KMG Ehitus) võib elurajooniks pidada. Neis oli puitu, FIBO-plokke ja betooni kombineeritud üsna huvitavalt (vt artikkel "Puit ja betoon" lk 45), kuid žürii siiski välistas nende tõsisema kandideerimise selle võistluse auhindadele.

Loodame, et silmatorkavaid puitehitisi kerkib järgmiselgi aastal, mis annab põhjust sama arhitektuurivõistlust korraldada.

Foto 6. Võsu kooli võimla.

KÕIGE LAIEM PUIDUVALIK EESTIS

Suur valik üldehitusmaterjale

PUUMARKET

Männiku tee 123 11216 Tallinn Tel 6559 232 Kauplus 6791 542, **Forelli 10a** 10621 Tallinn Tel 6563 069 Kauplus 6509 835
www.puumarket.ee

Ehitagem puidust

MÄRT RIISTOP

Eestlastele meeldib end metsarahvaks pidada, ent maja ehitamisel kiputakse seda unustama, valides liiga sageli materjaliks kõike muud, mitte aga puitu. Töö kaudu Puuinfos olen püüdnud paljudele ehitajatele ja arhitektidele tutvustada puidu eeliseid ning saanud selle tulemusena mõningase ettekujutuse nende tüüphirmudest, mida üritangi allpool kummutada.

Puidu kasutamine säästab keskkonda. Hirm metsade hävimise ees on vähemalt Eestis ja suuremas osas parasvöötmes asjatu.

Haruldaste looma- ja linnuliikide elupaigad, pärandkooslused, maastikukaitsealad ja paljud muud metsaalad nõuavad seal toimetamisel erivõtteid või vajavad täielikku puutumatust. Eestis on niisugune suhtumine au sees. Statistilise metsainventuuri järgi on 26% meie metsamaast ühel või teisel viisil kaitstud, Natura 2000 aladega suurendatakse seda osa veelgi. Järvamaal ja Lääne-Virumaal on mittetulundusmetsi metsamaast juba 51%.

Metsaga on kaetud pool Eestimaast ja igal aastal suureneb metsaala Muhu saarega võrdse pindala võrra. Aastane raiemaht on praegu 3…4 korda suurem kui 15 aastat tagasi. See on võimalik ja vajalik põhjusel, et aastakümneid raiusime lubatavast oluliselt vähem.

Järeltulijatele saab hoida metsa, kuid mitte selles kasvavaid puid – nende vahetumine on paratamatu. Süsihappegaasi seob ja hapnikku toodab vaid kasvueas mets. Vanem mets suudab seda palju vähem ja ka puidumass suureneb seal aeglaselt. Osa puid küll kasvavad, kuid nõrgemad langevad vanematele ruumi tehes välja. Väljalangenud puud tarbivad aga lagunedes ära sama koguse hapnikku ja emiteerivad sama hulga süsihappegaasi, kui kasvufaasis tootsid ja sidusid. Ainus reaalne võimalus puitu süsinikuringest välja tõmmata on see metsast välja tuua ja ära kasutada. Suurima mahuga puidu kasutuskoht on ehitus.

Puidu kasutamine pidurdab kliima soojenemist

Kliima soojenemist põhjustab kasvuhoonegaaside, eelkõige süsihappegaasi hulga suurenemine atmosfääris. Keskkonnaministeeriumi andmetel ulatus kasvuhoonegaaside emissioon Eestis 1999. aastal 8000 kilogrammini inimese kohta. Seda saaks tasakaalustada, kui kasutada iga inimese kohta aastas 10…15 tm puitu.

Londoni keskkonna- ja arenguinstituudi arvutuste järgi vähendab 1 tm puidu kasutamine alternatiivsete ehitusmaterjalide asemel süsihappegaasi emissiooni järgnevalt:

- kergbetoonplokid 725 kg;
- betoon 792 kg;
- punane tellis 922 kg;
- alumiinium 1200 kg.

Nii suur emissiooni vähenemine on võimalik tänu sellele, et puidu kasutamine nõuab vähe energiat, fossiilsed kütused jäävad põletamata.

Puitmaja ei ole tuleohtlikum kui teised majad

Viimased suurtulekahjud puitlinnades jäävad kaugete aegade taha. Tuleohutusmeetmed ja majade konstruktsioon on piisavalt arenenud, et piiranguid puidu kasutamisele linnaehituses kärpida. Seda ongi paljudes riikides tehtud, Eestiski on 1. jaanuarist 2004 talitluspõhine lähenemine lubatud.

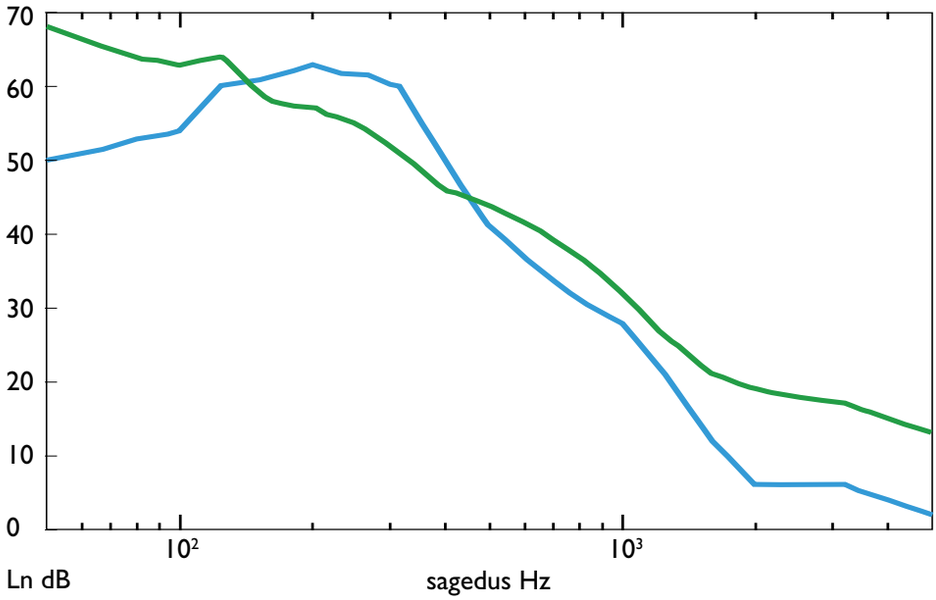
Peamine tuleohu allikas majas on ikkagi elanik ja esimesena süttib enamasti ruumi sisustus, mitte seinamaterjal. Kriitiline faktor puitmajas on tule leviku kiirus, mida aga saab üsna efektiivselt piirata. Suured puitkandurid omavad tuleohutuse mõttes terase ja betooni ees isegi eeliseid, sest nende kandevõime säilivusaega tulekahjus on lihtne prognoosida.

Helipidavus

Halb helipidavus ei ole puitmaja paratamatu eriomadus, vaid mis tahes halvasti ehitatud maja probleem. Paljud meist on ju kirunud nõukogudeaegsete paneelmajade läbikostvust või kuulnud Venemaa hotellis, kuidas naabertoas teevesi keema hakkab.

Puitkarkassil seinte helipidavus võib olla väga hea, sest nad sisaldavad rohkelt poorset materjali ja on kihilise struktuuriga.

Jooniselt 1 nähtub, et puitkonstruktsi-



Joonis 1 Löögimüra ülekanne põrandates sõltuvana müra sagedusest. Võrdlus puidust kergkonstruktsiooni (sinine joon) ja betooni (roheline joon) vahel. Joonise autor on prof. Per Hammer Lundi ülikoolist.

Foto 1 Nende Viikki majade värvkatte kümneaastane garantii saab täis järgmisel aastal. Ilmselt jäävad nii tellija kui ka ehitaja rahule.

oon on halvem vaid madala helisagedusega löögimüra takistamisel. Sel juhul saab müra ülekannet vähendada, suurendades põranda massi. Endisaegadel võeti selleks appi liiv, tänapäeval valatakse ca 5 cm betoonikiht.

Õhu- ja löögimüra otsese ülekandega võrreldes on suurem probleem heli ülekandumine läbi külgnevate konstruktsioonide. Selle tõkestamiseks on töökindlad lahendused. Kõigepealt tuleb vältida materjalikihtide katkematut üleminekut ühest ruumist teise. See nõue kehtib ka eespool mainitud betoonikihi kohta – valu ei tohi vahetult kokku puutuda vaheseintega. Vahelaeplaatide ja seinakatteplaatide liitumisel laega tuleb kasutada elastseid tihendeid või vuugitäiteid jne.

Puitfassaadid püsivad kaunitena aastaid

Õige tehnoloogiaga toodetud välisvoodrilaudu ja välisvineeri on Eestis kasutatud liiga lühikest aega, et kohapealsete näidete põhjal nende püsivuse üle otsustada. Skandinaavia maades on kasutusel sama tehnoloogia ja samad viimistlusmaterjalid. Vaatlemegi neid põgusalt.

Teadaolevalt on kõige pikem – 15-aastane värvigarantii nn Kauna märgiga (iidne ruunimärk) välisvoodrilaudadel 10-aastast garantiid antakse sagedamini (vt foto 1). Samas vaidlevad tootjad ja ehitajad omavahel vastutuse jagamise üle ja seepärast pakutakse reaalseid pikki garantiisid esialgu tagasihoidlikult. Kuna tegelikkus on näidanud, et probleeme puitfassaadidega on vähe, ei ole selliste garantiide hankimine ka eriti aktuaalne. Tehases karestatud pinnaga laudade kruntimine-värvimine kaasaegsete materjalidega on oma eeliseid tõestanud. Ka järgitakse laialdaselt head ehitustava.

Puit ei ole teistest ehitusmaterjalidest kallim

Sel kevadel tudengitega ekskursioonil olles imetlesime Helsingi lähistel valmivas Friisilä elurajoonis uudset välisvoodrimaterjali, ca 300 mm laiust liimpuidust voodrilauda (vt foto 2).

Küsimusele, ega selline laud liiga kallis

ole, saime rahuliku vastuse: “Aga tellisvooder on ju palju kallim!”

Puit võib olla teistest materjalidest nii kallim kui odavam. Kõik sõltub valitud lahendustest ja materjalidest.

Üks Poola puitkarkasshoonete infokeskuse töötaja kirjeldas kümne aasta eest juhtunut. Põhja-Ameerikast Poolasse naasnud mehed asutasid sageli väikesi ehitusfirmasid. Kuna ookeani taga on puit valitsev ehitusmaterjal, hakkasid paljud uued ehitusfirmad ka Poolas laialdaselt puitu kasutama. Õnnetuseks valisid nad vale turundusloosungi, rõhutades puidu odavust. Tagajärjeks oli see, et kliendid hakkasid nõudma muude materjalidega võrreldes väga madala hinnaga maju. Kahjuks leidus neid, kes sellise väära suhtumisega kaasa läksid ja ehitasid üliodavalt. Et hinge sees hoida, kasutati lubamatult nigela kvaliteediga märga puitu ning ülemäära lihtsustatud konstruktsioonilisi lahendusi. Loomulikult ei lasknud tulemused end kaua oodata. Puitmajade esialgne populaarsus ja hea maine kaotati mõne aastaga. Praegu nähakse Poolas kurja vaeva, selgitamaks tarbijatele, et viga polnud puidus, vaid ehitajates.

Puidu “õnnetus” on selles, et talle on võimalik leida odavat asendusmaterjali. Kui näiteks projekt näeb ette Fibo plokki, siis ehitajal pole sellele odavamat asendusmaterjali kusagilt võtta ja ta kasutabki Fibo plokki. Kui aga projektis on kirjas kuivatatud ja tugevussorteeritud karkassipuit, on odavamat ja paraku ka ebakvaliteetset asendajat lihtne leida.

Sarnaseid probleeme kätkevad ka konstruktsioonilahendused. Näiteks saab puitvahelae ehitada piisavalt helikindlana, kuid sellekohased lahendused on keerukad ja kallid. Lihtsustustega on võimalik hinda alandada, ent paratamatult langeb siis ka vahelae mürasummutusvõime.

Seepärast peaks tulevane majaelanik endale kõigepealt selgeks tegema, mida ta tahab: kas võimalikult odavat kodu või teatud elukvaliteeti. Selliseid otsuseid tuleb langetada mis tahes ehituse korral, ent puidu puhul on mänguruum laiem. Asjatundliku projekteerimise ja ehitamise tulemusena ei tohiks puitmaja muudest materjalidest majadest sugugi kallim tulla, pigem vastupidi.

Puitmajad tehasest

Tehases valmistatavad majakomplektid on kogu maailmas valdavalt puidust, sest muud materjalid teeksid need liiga kalliks. Asjatu on seejuures karta üheülbalisust: tänapäevase arvutiseeritud tootmisega tehasest ei pruugi väljuda ühtegi samasugust maja. Sarnasusi neil muidugi on, ent kui vaadata praegu Tallinna ümbruses laiutavat stiililist segapudru, võib seda pigem eeliseks kui puuduseks pidada.

Kasvava ehitusaktiivsuse ja jõukates naaberriikides avanevate tööturgude tõttu ei jätku meil ilmselt õige pea enam töökäsi, et maju kivihaaval üles laduda. Seega on puidust tehasemajadel roheline tee.

Foto 2 Uudne ca 300 mm liimpuidust välisvoodrilaud valmivas Friisilä elurajoonis Helsingi lähistel. Foto: Märt Riistop

Indrek Allmann: puitmaja ei tunne piire

Lehisest terrass on nägus ja kestab kaua. Arhitekt Indrek Allmann. Autori foto

ELL-MAAJA RANDKÜLA

Kui inimene on otsustanud rajada kodu, tuleb tal lahendada võrrand paljude tundmatutega. Kõigepealt – kuhu maja ehitada, kui suur, missugusest materjalist? Kui need asjad on selgeks mõeldud, võib hakata otsima lahendusi.

Inimene on otsustanud ehitada puitmaja. Kindlasti leidub tema mõttele nii pooldajaid kui vastaseid. Puit on soe ja hubane, kerge, kuid tugev ja hästi töödeldav, ütlevad ühed. Puitmaja ei kõlba ehitada soliidsesse elurajooni, see kuulub agulisse või maale põllu äärde; puitmaja on tuleohtlik ega pea ajahambale vastu, räägivad teised.

Asjatundjad kinnitavad, et puitmaja võib püsida aastasadu. Kõik sõltub sellest, kuidas on täidetud ehituslik-konstruktiivsed nõuded.

Arhitekt Indrek Allmanni arvates ei saa tõmmata piiri, kuhu puitmaja sobib, kuhu mitte. Tõsi, mõnikord on detailplaneeringuga reglementeeritud, missuguseid ehitisi võib piirkonda püstitada. Tegelikult oleneb kõik siiski projektist. Üheks võtteks on sobitada kokku erinevaid materjale, mis annab võimaluse sulandada erinevad ehitised ühtsesse ansamblisse. Mõni kataloogist võetud "piparkoogimaja" tõesti valgete funkvillade vahele ei passi, küll aga võib nende vahel hästi mõjuda stiilne, väärika arhitektuuriga puitmaja.

Kuidas valida krunti?

Kui hakatakse otsima, kuhu oma maja püsti panna, lähtutakse esmajoones krundi hinnast, asupaigast ja looduspildist. Olulisi tegureid on teisigi: missugune on kommunikatsioonide – vee, kanalisatsiooni ja elektri kättesaadavus, milliseks kujunevad liitumistasud, kas krundil on kehtiv detailplaneering jne. Need kõik on küsimused, millele peaks vastuse saama pädevalt maaklerilt ja kinnisvarabüroost.

Teine, vahest tähtsamgi pool on, mida saab krundile reaalselt ehitada. Võib juhtuda, et kujutletav hoone sinna ei mahu või kehtivad piirkonnas ehitise välisvormi osas ettekirjutused, mis inimese soovidega ei haaku.

Probleemide vältimiseks soovitab Indrek Allmann valida endale meelepärane arhitekt juba enne ostutehingu vormistamist. Professionaal märkab krundil ehk mõndagi, mida kogenematu silm ei adu. Kindlasti on konsultatsioonist kasu juhul, kui krundi müük ei toimu pädeva maakleri kaudu.

Allmann kogenud arhitektina teab, et kui inimene tuleb krunti vaatama, tabab ta tavaliselt üsna kiiresti ära, kustpoolt paistab päike, kuhu tuleks paigutada maja ning teha sissesõidutee. Harvem tehakse käik naaberkrundile. Seda peaks siiski tegema ja vaatama seal ringi samasuguse pilguga nagu oma krundil. Võib selguda, et tulevasel naabril on kõige optimaalsem paigutada oma maja nii, et teie tulevase elutoa aknast jääb paistma vaid tema garaaž – pole just kõige rõõmustavam perspektiiv, kuid asja saab projekteerimisega parandada ja võimalikke ohte vältida.

Tandem – tellija ja arhitekt

Kuidas arhitekti leida? Kui varem pole selles vallas toimuvale tähelepanu pööratud, siis nüüd on aeg seda teha: tutvuda valminud ehitiste ja ajakirjades ilmunud projektidega, et selgust saada, kelle käekiri isikliku maitsega kokku sobib. Mõistagi pole see ainus kriteerium – professionaalne arhitekt pole kunagi kinni ainult ühes stiilis. Määravaks saavad alati tellija mõtted, arhitekti ülesanne on need panna reaalsesse vormi.

Et jõuda mõlemat poolt rahuldava tulemuseni, on arhitektil vaja teada, missugune on perekonna eluviis, vajadused, harrastused ja tulevikukavad. Teisiti öeldes – ta peab end mõtlema pere liikmeks. Kui arhitekt esitab "konksuga" küsimusi, millel näiliselt pole ehitisega mingit seost, ei maksa imestada – see on üks viis oma klienti igast küljest tundma õppida.

Probleem, mis Allmanni sõnul tihti esile kerkib, on vastuolu kujutluste, vajaduste ja võimaluste vahel. Tellija loetleb ridamisi ruume, mida ta oma majas näha soovib, kuid sellele, mis see ruutmeetrites kokku teeb ja maksma läheb, ta sageli mõelnud

Ka kaasaegne puitelamu sulandub keskkonda. Arhitekt Indrek Allmann.

Autori foto

Erinev puidu kasutus siseruumides. Arhitekt: Indrek Allmann. Autori foto

pole. Arhitekti ülesanne on vaagida kõiki aspekte, teha selgeks, missugune on optimaalne ruumivajadus (tihti pingutab klient oma mõtetes sellega üle) ja välja tuua konkreetne ehitusmaksumus. Rahast rääkimisest ei pääse: kroonidega, millest jätkub 150 m² suurusele majale, poole suuremat püsti ei pane.

Põhjuseid teha koostööd pädeva arhitektiga on teisigi. Kindlasti tuleks kokku leppida autorijärelevalves, mille käigus arhitekt ehituskvaliteedil silma peal hoiab. Puitmajade ehitusel on Allmann kokku puutunud kahetsusväärse tõega: nii mõnedki meistrimehed ei oska puitu käsitseda. Tegu pole seejuures keerukate konstruktiivsete lahendustega, vaid elementaarsete asjadega: ei osata puitu aluskonstruktsioonile kinnitada ega veeplekke paigaldada, ei tunta lauakoode jms. Eksimuste hind on kõrge – valesti kinnitatud puit hakkab mõne aasta pärast lagunema. Just taolised tehnoloogilised vead toidavad arvamust, et puit pole vastupidav ehitusmaterjal.

Kuidas puitu kaitsta?

Puitmajade ilmastikukindlus sõltub oluliselt viimistlusest. Võimalusi selleks on väga palju. Indrek Allmann juhib tähelepanu suunale, mis levib maailmas üha laiemalt: vältida, kus võimalik, keemiat ning kasutada looduslähedasi kaitsevahendeid, või neist kõigist hoopiski loobuda.

Eestis on siiani laialdaselt kasutuses kõrge immutusklassiga puitmaterjal. Soomes, näiteks, on mindud seda teed, et puidupinnad, millega inimene otseselt kokku puutub (terrassilauad, rõdupiirded jms), tehakse ilmastikukindlamast puidust, mis oma omadustelt sobib ka katmatult välistingimustesse. Üheks selliseks puiduliigiks on lehis. Lehis kestab kaua ka immutamata ja on seetõttu muuhulgas ideaalne fassaadimaterjal, mis omandab ajapikku ilusa hõbedase halli tooni. Lehis on männist-kuusest mõnevõrra kallim, kuid ainuüksi lõhn, mida naturaalne puit pikka aega eritab, on suuremat hinda väärt.

"Moeasi" pole alati otstarbekas

Üks, mille eest Indrek Allmann hoiatab, on "riiulilt" ostetud odav projekt – see võib hiljem kaasa tuua üpris suuri kulutusi. Projekteerija peab alati lähtuma krundist ja selle iseloomust, suvalise projekti puhul pole sellega arvestatud.

Allmannile on silma hakanud kapitaalsed rajatised õhukese mullakamaraga paepealsetel kruntidel: suured laiad vundamendi taldmikud koos drenaaži ja soklikorrusega – justkui oleks tegu nõrga pinnase ja kõrge veetasemega. Rajada selline pae peale on kõige otsesem raha tuuldeloopimine.

Ebaotstarbekaid kulutusi tehakse teisigi. Näiteks toob Allmann moeteema – maaküte. Ekslik on arvata, et maaküte on efektiivne igal pool ja igas olukorras. Kui pinnas pole sobiv, ei saa pump sealt soojust kätte ja loodetud küttekulude kokkuhoidu ei saavutata. Allmann märgib, et tal on kahju inimestest, kes oma ilusa kõrghaljastusega krundi lasevad maakütte nimel segamini sonkida, lõhkuda paasi või tõsta pinnast. Kui tingimused sobivad ja süsteem on korralikult paigaldatud, tasub maaküte end aga tõepoolest ära.

Ühest moeasjast räägib Allmann veel: soojusvaheti ja kõikvõimalike filtritega ventilatsioonisüsteemidest, mida on hakatud paigaldama ka eramutesse. Tulemuseks on nn külmkapi-tüüpi maja, kus aknad lahti ei käi, sest kogu õhuvahetust reguleeritakse mehaaniliselt. Allmanni arvates õigustab selline süsteem end linnasüdames või suure magistraali ääres, rohelises keskkonnas muutub see aga küsitavaks. Tõsi, need süsteemid aitavad energiat kokku hoida ja tagavad õhu steriilsuse, kuid kui kaugele võib minna? Põhjamaades, kus filtersüsteeme kasutatakse laialdaselt, on leitud, et üheks allergia tekke põhjuseks on inimeste kaugenemine loodusest, sh filtreeritud õhu kasutamine.

Tehnika pole kõikvõimas, ta võib alt vedada. Seepärast soovitab Allmann uue maja ehitajal mõelda alati alternatiivsele kütteallikale. Kaminat või kaminahju ei ehitata ainult ilu pärast, need aitavad ellu jääda ka pika elektrikatkestuse korral.

Igasugune tulekolle tekitab küsimuse tuleohutusest. Tõsi, puiduga kaasneb teatav tuleoht ja seda tuleb ehitamise juures arvestada. Tegelikult on Eesti tuletõrjenormid kohati liiga karmid ja Allmanni sõnul lausa puitmajade-vaenulikud. Norras, näiteks, võib puidust ehitada viiekorruselise korterelamu, meil on lubatud ainult kaks.

Üks, millesse puidust eramuehitajal tasuks suhtuda ettevaatlikult, on metallist moodulkorsten. Kuigi sertifitseeritud, litsentseeritud ja vastavalt eeskirjadele paigaldatud, on nendega juhtunud tuleõnnetusi. Ohtude vältimiseks soovitab Allmann võtta tarvitusele lisaabinõud: täiendavaid mansette, kraesid ja tulekindlat villa tunduvalt suuremas ulatuses, kui normid ette näevad.

Ettekujutus puitmajast kui triviaalsest odavast onnikesest ei pea kindlasti paika. Arhitekt Indrek Allmann. Autori foto

Palkmaja vajab moderniseerimist

Indrek Allmannile on südamelähedane teema meie palkarhitektuur, õigemini selle puudumine. Palkmajade valmistajaid on Eestis päris palju, kuid nende toodang meenutab kõike muud kui Eesti keskkonda sobivaid ehitisi. Tootjaid selles otseselt süüdistada siiski ei saa – täidavad nad ju oma tellijate soove ja jälgivad ka nende ette antud projekte. Tellijad on aga Norrast, Prantsusmaalt, Singapurist, Jaapanist… Nii kajastabki kohalik palkmajatööstus oma sihtturgude ehitustraditsioone, mis aga paraku Eesti omaga eriti kattuda ei taha. Samas on palk hästitöödeldav materjal, mida saab kasutada mitmel moel. Palkmajas on hea mikrokliima ja tervislik keskkond.

Moodsa palkmaja loomisega tegeldakse kogu maailmas. Soomlased on otsinud linnapilti sobivaid lahendusi juba kümmekond aastat, aeg oleks teema päevakorda tuua meilgi. Esmajoones nõuab see rutiinivaba mõtlemist. Professionaalse, kaasaegselt mõtleva arhitekti ja tugeva tootja koostöös sündiv hoone võiks oma kvaliteedilt olla selline, et keegi ei julgeks enam öelda, et palkmaja linna ei sobi.

Puit Põhjamaade ehituses

MÄRT RIISTOP

Puit on Põhjamaade traditsiooniline ehitusmaterjal, tänapäevalgi on siin üle 90% kõigist eramutest ehitatud puidust. Ehitistes, kus tuleb sillata suuri avasid, tarvitatakse laialdaselt liimpuitu ja spoonliimpuitu. Mitmekorruseliste elamute ja ärihoonete ehitusel on puidu kasutamine siiski piiratud, ehkki tuleohutusreeglitesse talitluspõhise lähenemise sisseviimine lubaks puidul neiski valdkondades saada peamiseks ehitusmaterjaliks.

Universeumi (Göteborg) materjalid valiti ehitise elutsükli analüüsi tulemusel: puit on taastuv, klaas ja betoon aga taaskasutatavad.
Foto: Gösta Wendelius, Nordic Timber Council.

Kui eramute puhul on puit Põhjamaades valitsev materjal, siis mitmepereelamute puhul jääb puidu osa tagasihoidlikuks, ulatudes näiteks Rootsis 7%-ni ja sellestki on enamik kahekorruselised. Kõrge keskkonnateadlikkusega Põhjamaades niisuguse olukorraga ei lepita ja nii ongi puidu laialdasem kasutamine saanud riiklike arengukavade kindlaks osaks.

Aastatel 1995...2000 teostati Põhjamaade Tööstusfondi finantseerimisel ulatuslik teadus- ja arendusprojekt "Põhjala puit", milles uuriti uusi puidu kasutamise võimalusi. Põhitähelepanu oli suunatud järgmistele valdkondadele:

* elamuehitus;
* äri- ja ühiskondlikud hooned;
* sillad;
* mürabarjäärid (vt artikkel "Puidust müravarjed" lk…).

Ehkki uuringu tulemused on üsna olulised, ei ole Põhjamaad ühisprojekte samas mahus enam korranud – edasi on tegutsetud omaette. Rõhuasetused riigiti on olnud pisut erinevad, mis riikide erisuste tõttu on ka paratamatu.

Elamuehitus

Soome ja Rootsi eripära muu Euroopaga võrreldes on see, et seal ehitatakse suhteliselt palju korterelamuid. Samas on ehitusaktiivsus Rootsis madalam kui üheski teises Euroopa riigis (vt joonis 1).

Selleks, et korterite keskmine seisukord ühes piirkonnas ei halveneks, peaks seal pikema perioodi vältel lisanduma aastas keskmiselt neli uut korterit tuhande elaniku kohta. Euroopas keskmiselt see nii ongi, kuid erinevus Iirimaa ja Rootsi kui äärmuste vahel on mõtlemapanevalt suur.

Kuna mitmekorruseliste kortermajade osa ehitusturul on üsna arvestatav, oli "Põhjala puidu" üheks põhiteemaks ka uued puidust korrusmajade ehitamise meetodid. Arendati edasi Põhja-Ameerikast pärit platvormmeetodit ja jõuti päris heade tulemusteni, kuid ulatuslikku läbimurret siiski ei toimunud. Ebaedu on põhjendatud mitmeti, alates sellest, et meetod on nõudliku Põhjala tarbija jaoks liiga primitiivne ja et põhjamaises kliimas võtab suuremate hoonete katuse alla saamine liiga palju aega.

Tundub siiski, et asja tuuma on paremini tabanud Hans-Eric Johansson (3), kes tõi selle esile ka puidu kasutamist käsitlenud seminaril. Rootsis läbi viidud uuringud ja teostatud pilootprojektid sedastasid, et ehkki puitkarkassil korruselamute tootmiskulud on 10… 15% väiksemad kui betoonmajadel, on see hinnavahe liialt väike selleks, et ehitaja tavapärastest meetoditest loobuks. Pealegi tasub kulud tellija.

Lahti Puu-Vallila majad on puitkarkassmajad, vaid soklikorrus on betoonist.
Foto: Märt Riistop

Omalt poolt lisaksin ehitajate nappuse ning nende kõrged palgad, mistõttu majaehitus tehases valmistatud elementidest on kõige konkurentsivõimelisem. Nii on see ka eramuehituses, kus puit on peaaegu ainuvalitsev. Suurem osa eramuist on nn tehasemajad, kus platvormmeetodist rääkida pole mõtet. Kahjuks tegeles ka puidutööstus liialt kaua lihtsate toodete aktiivse müügiga, enne kui hakkas ehituseks vajalikke lahendusi välja töötama ja tootmisse juurutama.

"Põhjala puidu" projekti kaudu arendati ka massiivpuidust ehitamist. Praegu on rajamisel esimene massiivpuitelementide tehas.

Huvitav on, et soomlased ja rootslased tegid "Põhjala puidu" ebaedust platvormehituse juurutamisel üsna erinevad järeldused. Rootslased haarasid kinni massiivpuidust ehitamise positiivsest kogemusest ja on tänaseks sel meetodil püstitanud üsna suuri maju, näiteks Universeum Göteborgis ja Vaxjö ülikool. Seda on soosinud muidugi ka see, et Rootsis pole puitmaja korruste arv jäigalt neljaga piiratud nagu Soomes. Tuleb vaid tõestada, et tuleohutus on tagatud.

Oleks ilmne liialdus öelda, et soomlased

Porvoo Länsiranta uus elurajoon on üks Soome Puiduauhind 2004 lõppvooru jõudnud kolmest elurajoonist. Foto: Märt Riistop

Länsiranta elurajoon koosneb kahest alast, ühes on ridaelamud, teises ühe- ja kahepereelamud. Mõlema ala keskel on varjualune autodele (vt kõrvalolevat pilti).

Foto: Märt Riistop

Autode varjualune varjab ka üht elamuterida teise eest.

Foto: Märt Riistop

on puidust korrusmajade ehitamisest loobunud. Ent sellest rohkem pööravad nad tähelepanu nn uue puitlinna kontseptsioonile, mis tugineb traditsioonilisele skandinaavia puitlinnale, mida iseloomustab madalate majade suhteliselt tihe paiknemine. Vanu ja uusi asumeid võrreldes leiti, et korrusmajja mahub küll palju inimesi, kuid hoonete vahele jäävad suured eikellegi alad. Seega peaks eramurajoon olema tihedama asustusega, et luua seal vanale linnale lähedane elukeskkond. Madaltiheda hoonestusega saab tegelikult samale pinnale paigutada rohkemgi kortereid kui korrusmajadesse, lisaväärtuseks on tühermaade puudumine ja inimlikum elukeskkond.

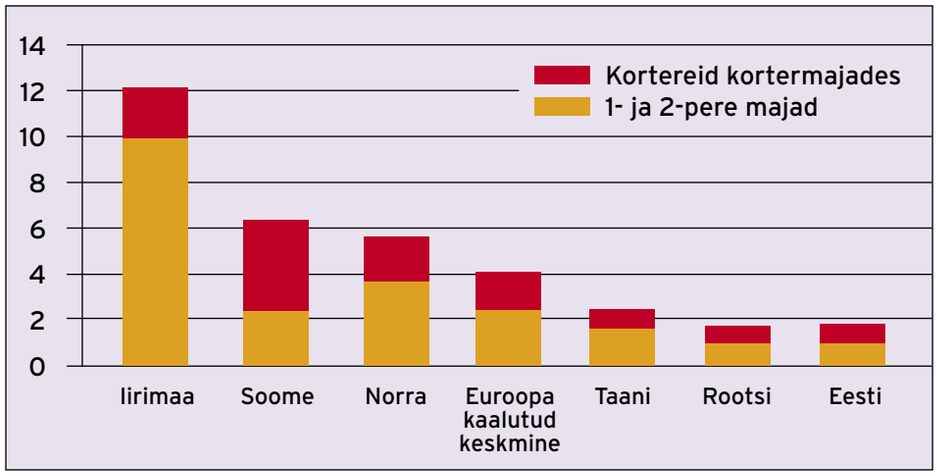
Uusi madaltihedaid puitasumeid on nüüdseks Soomes rajatud kõikjale, kokku üle paarikümne ja neid lisandub kasvavas tempos. Soome Puiduauhinna 2004 nominentidegi hulka jõudis neid tervelt kolm: lisaks Porvoole ja Friisiläle veel Lehtovuori elurajoon Konalas Helsingis.

Äri- ja ühiskondlikud hooned

Kui Euroopas seostatakse puidu tõsisema võidukäigu algust Sevilla maailmanäituseks (1992) rajatud novaatorlike puithoonetega, siis Põhjalas sai murdepunktiks Lillehammeri taliolümpiamängud. Paljugi oli tehtud enne olümpiat – ega tühjalt kohalt alustades midagi sellist saanukski ehitada. Ent norralaste sihikindlus püstitada suured rajatised just nimelt puidust avaldas muljet ja tulemus kummutas kahtlused.

Universeumi ehitades kasutati suuremate avade katmiseks liimpuidust sõrestikke ja vahelagedes ning osaliselt ka seintes pingelamellplaadist elemente. See meetod on nüüdseks laialt levinud, kuid Universeumi puhul märgitakse ehitise õnnestunud arhitektuurset mõju, eriti 15-meetrist konsooli (vt. foto artikli alguses). Ilmselt on siin üheks teguriks ka see, et teaduskeskuse mitmekesine ruumiprogramm andis arhitektile rohkem valikuvariante kui üks hiigelsaal, nagu spordihallide puhul kipub olema.

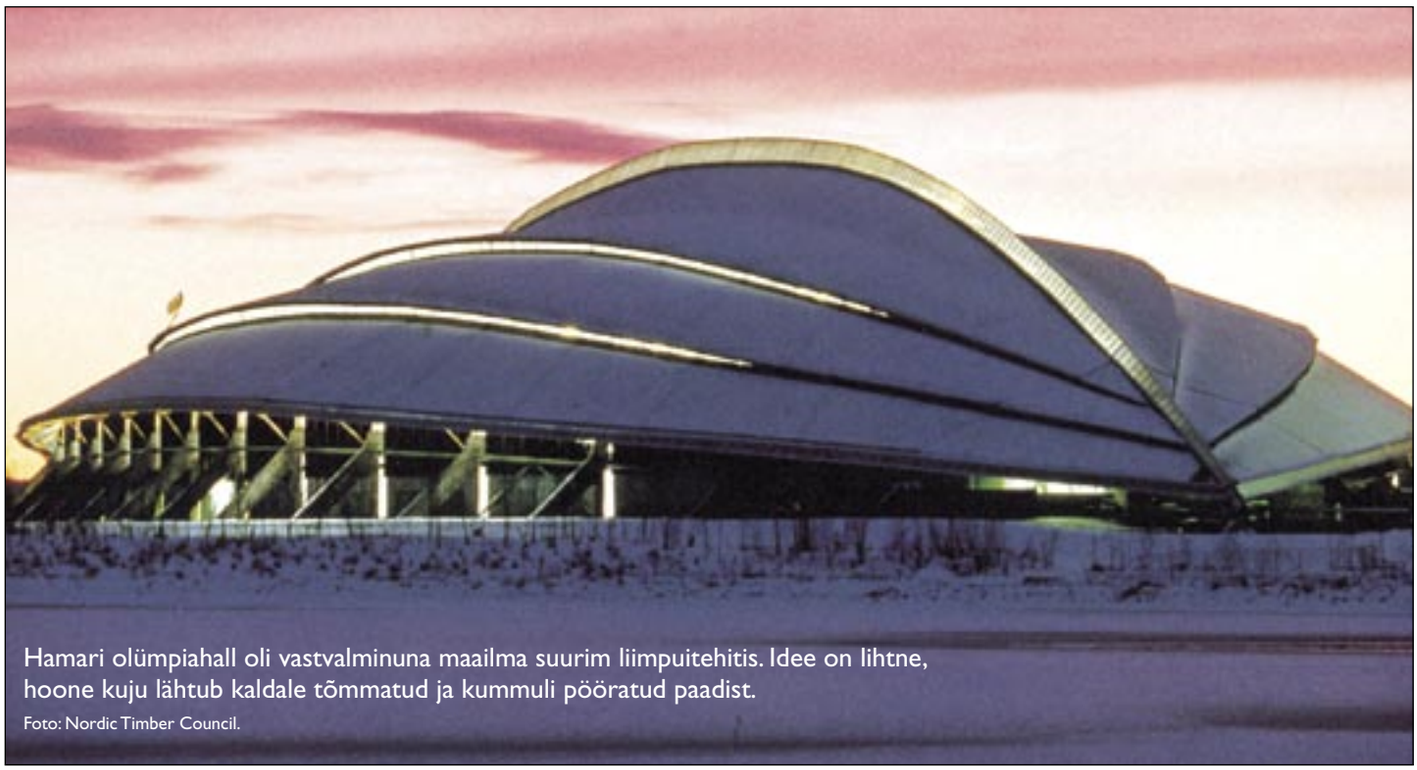
Soome ajakirja Puu 2000. aasta avanumber algab tõdemusega, et uus aastatuhat tõi endaga hea märgi tulevikuks – Sibeliustalo Lahtis. Sibeliustalo ehitamise eel ja ajal oli kahtlejaid tegelikult päris palju. Kontserdisaal aga õnnestus nii arhitektuuriliselt kui akustikalt sedavõrd hästi, et näiteks



Joonis 1. Uusi eluasemeid tuhande elaniku kohta 2001. aastal mõnedes Euroopa riikides ja Euroopa kaalutud keskmine* (2). Andmed Eesti kohta pärinevad 2003. aastast (Statistikaamet).

* Kaalutud keskmine arvestab ka elanike arvu kõnealustes riikides.

Soome Puiduauhind 2004 peapreemia jagamiseni jõudis koos Laajasalo kirikuga hoopis Friisilä Aurinkorinne elurajoon Espoos. Foto: Woodfocus OY



Hamari olümpiahall oli vastvalminuna maailma suurim liimpuitehitis. Idee on lihtne, hoone kuju lähtub kaldale tõmmatud ja kummuli pööratud paadist.

Foto: Nordic Timber Council.

Vastvalminud Joensuu universaalhall on Soome suurim puitehitis, 150 meetrit pikk ja 110 meetrit lai. Hiiglaslik katuseaken on valmistatud spoonliimpuidust ja toetub 28-le liimpuidust sõrestikuga poolkaarele. Foto: Woodfocus OY

Massiivpuidust kortermaja Rootsis. Foto: Nordic Timber Council

Savonlinnasaali puhul oli puit materjalina juba võistluse lähtetingimustes.

Kuna puidu laialdasem kasutamine on Soome riiklikus arengukavas, arvestavad sellega kõik valitsusasutused, kel selleks võimalust. Nii tellis haridusministeerium uuringu puidust koolivõimlate kohta (uuring käsitles 59 võimlat), mille alusel pakuti välja sobivaimad lahendused. Põllumajandusministeerium tegi sama põllumajandusehitistega jne. Kui veel 1990. aastal tuli isegi uue metsamuuseumi kandekonstruktsioonid projekteerida tuletõrje nõudel betoonist, siis tänaseks on taolised materjalivalikut piiravad barjäärid maha võetud.

Sillad

Viimase kümnekonna aasta jooksul on puitsildade konkurentsivõime teistest materjalidest sildadega võrreldes tugevasti paranenud. "Põhjala puidu" programmi suuremahuline teadus- ja arendustegevus mängis seejuures üsna olulist rolli.

Ainuüksi Rootsis on ehitatud üle 200 puitsilla, umbes pooltel neist on pingelamellplaadist silladekk. Paljud puitsillad on mõeldud vaid jalakäijatele, kuid on ka suuri koormusi taluvaid maanteesildu. Uhke on märkida, et Rootsi üks tähelepanuväärsemaid, 90-meetrise avaga Vaxholmi jalakäijate vantsilla konstruktsiooni arvutas Alar Just Tallinna Tehnikaülikoolis kaitstud magistritöö põhiosana.

Puidu laialdasemat kasutamist sillaehituses toetab kaks olulist tegurit. Kõigepealt – puit ei roosteta. Lumetõrjeks kasutatav sool tekitab terase, sealhulgas raudbetooni armatuuri korrodeerumisega seotud tõsiseid probleeme. Teiseks teguriks on kasvav keskkonnateadlikkus – puit on taastuv ja energiat säästev materjal.

Kirjandus:

1. S. Thelandersson, E. Aasheim, A. Ranta-Maunus. New timber constructions in Nordic countries. Proceedings of the 8th World Conference on Timber Engineering. Lahti. 2004.
2. Building Europe. Main report phase 1. HE Bostadsutveckling& Timwood AB for NTC, September 2002.
3. Hans-Eric Johansson. Puidust korruselamud. Ettekanne puitehitiste seminaril. 9. september 2003. Tallinn
4. Puu. 3, 2004. Woodfocus OY, Helsinki.
5. Internetisait www.puuinfo.fi.

Piirete õhutihedus ja selle mõõtmine

TARGO KALAMEES

Õhutihedus mängib hoonete energia analüüsi juures olulist rolli ning mõjutab otseselt maja kütte- ja jahutuskulusid. Lisaks viimasele on õhutihedusega seotud piirete niiskustehnilised probleemid (hallituse teke, niiskuse kondenseerumine), piirde pindade alajahtumine, sisekliima kvaliteet, tuuletõmbus, ventilatsioonisüsteemide toimivus, müra ja tuleohutus.

Maja ebapiisav õhutihedus väljendub planeerimatu ja kontrollimatu õhuvoolu näol läbi pragude ja ebatiheduste hoone piiretes. Seda põhjustavad tuul, temperatuuride erinevus (nn korstnaefekt) või ventilatsiooniõhu rõhkude erinevus.

Õhutiheduse tagamine nõuab keerukaid, lõpuni läbimõeldud ja komplekseid lahendusi. Piirde detailid tuleb projekteerimise ajal hoolikalt läbi mõelda, õhutõke peab olema korralikult paigaldatud ja liitekohad nõutavalt teostatud. Kuna reeglina jääb piirde õhutõke piirde sisse, tuleb õhutihedust mõõta ehitusetapis, kui lisatihendamine on veel võimalik.

Piirete ebapiisavat õhutihedust ei saa käsitada loomuliku ventilatsioonina. Läbi piirde ebatiheduste toimiv õhu liikumine ei ole kontrollitav, juhitav ega vajadusel filtreeritav. Kui näiteks niiskuskahjustuste tagajärjel on piirdesse tekkinud hallitust või mädanikku, kannab õhk hallituse eosed siseruumi. Läbi põranda võib ruumidesse tungida ka radooni.

Ka loomuliku ventilatsiooniga hoonete piirded võivad olla õhutihedad. Värske õhk pääseb sel juhul ruumi värskeõhuklappide kaudu – ventilatsioon on kontrollitav ja õhk vajadusel filtreeritav.

Sisekliima kujundamisel mängivadki peamist rolli toimiv kütte- ja ventilatsioonisüsteem.

Piirete õhutihedust mõõdetakse õhuhulgaga (l/s, m³/h), mis läbib 1 m² suuruse pindalaga piiret, mille mõlemal pool on teatud (tavaliselt 50 Pa) õhurõhkude erinevus. Valmis hoone eri piirete õhutihedust ei ole võimalik eraldi mõõta, seetõttu mõõdetakse kogu hoone õhutihedus ja väljendatakse see kõikide piirete keskmisena.

Riik	Keskmine õhuleke 50 Pa $m^3/h \cdot m^2$	Õhuvahetuvus n50 l/h
Eesti EPN 11.1	elamutel – 3; muudel hoonetel – 6	
Rootsi BFS 1998:38	elamutel – 2,9; muudel hoonete – 5,8	
Kanada R-2000		1,5
Saksamaa DIN 4108-7:2001-08	loomulik ventilatsioon – 7,8; mehaaniline ventilatsioon – 3,9	loomulik ventilatsioon – 3; mehaaniline ventilatsioon nn passiivmajadel – 0,6
Norra		väike- ja ridaelamud – 4; muud kuni kahekorruselised hooned – 3; muud üle kahekorruselised hooned – 2
Soome C3		1
Šveits SIA 180		loomuliku ventilatsiooniga ühepereelamud – 2...4,5; mitmepereelamu – 2,5...3,5; mehaaniline ventilatsioon ja jahutus – 1
Inglismaa BR 2000 / L2	10	

Tabel 1. Erinevate riikide nõuded ja soovitused piirete õhutihedusele

Hoone õhutihedust väljendatakse ka n50 arvu abil. n50 mõõtühikuks on l/h ja see väljendab hoone õhuvahetuvust, kui õhu rõhkude erinevuse kahel pool piiret on 50 Pa.

Mõlemal puhul kasutatakse sama mõõtemeetodit. Kui õhutihedust väljendatakse mõõtühikuga $m^3/h \cdot m^2$, jagatakse 50 Pa juures mõõdetud õhuvool hoone välispiirete pindalaga, kui mõõtühikuga l/h, jagatakse 50 Pa juures mõõdetud õhuvool hoone siseruumide mahuga.

Kogu hoone õhutihedust mõjutavad kõikide piirete, liitekohtade, akende-uste

jne õhutihedus. Ventilatsioonisüsteemid piirete õhutiheduse mõõtetulemust otseselt ei mõjuta, kuna värskeõhuklapid, õhu sissepuhke- ja väljatõmbeventiilid teibitakse mõõtmise ajaks kinni.

Hoonete õhutiheduse nõuded on toodud Eesti projekteerimise eelnormis EPN 11.1 "Piirdetarindid": "...piirde pinna keskmine õhuleke rõhuvahe 50 Pa juures ei tohi ületada elumajade puhul 3 $m^3/h \cdot m^2$ ja muudel hoonetel 6 $m^3/h \cdot m^2$". Tabelis 1 on toodud erinevate riikide nõuded ja soovitused õhutihedusele.

Õhulekkele esitatavad nõuded

* Õhutõkke materjalikiht peab olema õhutihe.
* Õhutõke peab ulatuma üle kogu hoone piirde pindala.
* Õhutõke ja tema kinnitussüsteem peavad vastu pidama hoone kogu kasutusea jooksul mõjuvatele koormustele.
* Õhutõkkematerjal ja liitekohad peavad säilitama õhutiheduse hoone kogu kasutusea jooksul.
* Õhutõkkesüsteem peab olema reaalselt ehitatav.

Foto 1. Mõõteseade "BlowerDoor"

Hoonete õhutiheduse mõõtmine

Hoonete õhutihedust saab hinnata:

* püsiva rõhuerinevuse juures piirdeid läbiva õhuvoolu mõõtmine nn BlowerDoor'i meetodil;
* hoone teatud sagedusega survestamine nn vahelduvsurvestuse meetodil;
* passiivse märkegaasi meetodil.

"BlowerDoor"

See on levinuim hoonete õhutiheduse mõõtmise meetod, mille metoodika on standardiseeritud ning vastav standard vastu võetud ka Eestis: EVS EN 13829:2001 "Thermal performance of buildings – Determination of air permeability of buildings – Fan pressurization method".

Hoone välisukse (või akna) avasse paigaldatakse õhutiheduse mõõteseade (foto 1). See koosneb muudetava suurusega raamist, õhutihedast kangast, ventilaatorist ja mõõte- ning juhtimisseadmetest. Mõõteseadme ventilaator tekitab sise- ja väliskeskkonna vahele soovitud õhurõhkude erinevuse. Katse ajal mõõdetakse õhu voolu, mis on vajalik etteantud rõhuerinevuse hoidmiseks. Sama õhuhulk, mis läbib ventilaatorit, tuleb hoonesse ka läbi piirde ja

"WoodPax" – höövelprofiilid

Täispuidust sise- ja välisviimistlus on olnud aastasadu eelistatuim valik põhjamaades – nii ka Eestis. Naturaalne puit on materjal, millest ehitatud elukeskkond on hubane ja mõnus.

Stora Enso Timberi tootmiskogemuste ja eestimaise puidu ühendamise tulemusena on ka Eesti turule jõudnud kaubamärk WoodPax. Selle kaubamärgi all turustab Stora Enso Timber hööveldatud puitmaterjale Euroopas.

Tootesarja WoodPax kuuluvad enamkasutatavad höövelprofiilid seinte, lagede ja fassaadide vooderduseks, põrandate katmiseks ning valik erinevaid nelikanthöövellaudu ja -prusse.

WoodPax on kaubamärk, mille tähtsamad omadused on ühtlane kvaliteet, kliendisõbralik pakend ja konkurentsivõimeline hind.

Ühtlase kvaliteedi ja kaubavaru tagavad Stora Enso Timberi pikaajalised tootmiskogemused, õige toorme valik ning kaasaegsed seadmed. WoodPaxi höövelprofiilid on punditud plastiklindiga ja/või pakendatud termokilesse, mis tagab materjali säilivuse ja mugava transpordi.

Alates 2004. aasta sügisest on WoodPaxi tooted AS-i Puumerkki tootevalikus. Puumerkki tegeleb eelnimetatud toodete hulgimüügiga Eestis, Lätis ja Leedus.

STORAENSO WoodPax

Lisainfo: AS Puumerkki, Taivo Pivnik, Taivo.Pivnik@storaenso.com, GSM: 52 17 205, Tel: 605 14 93

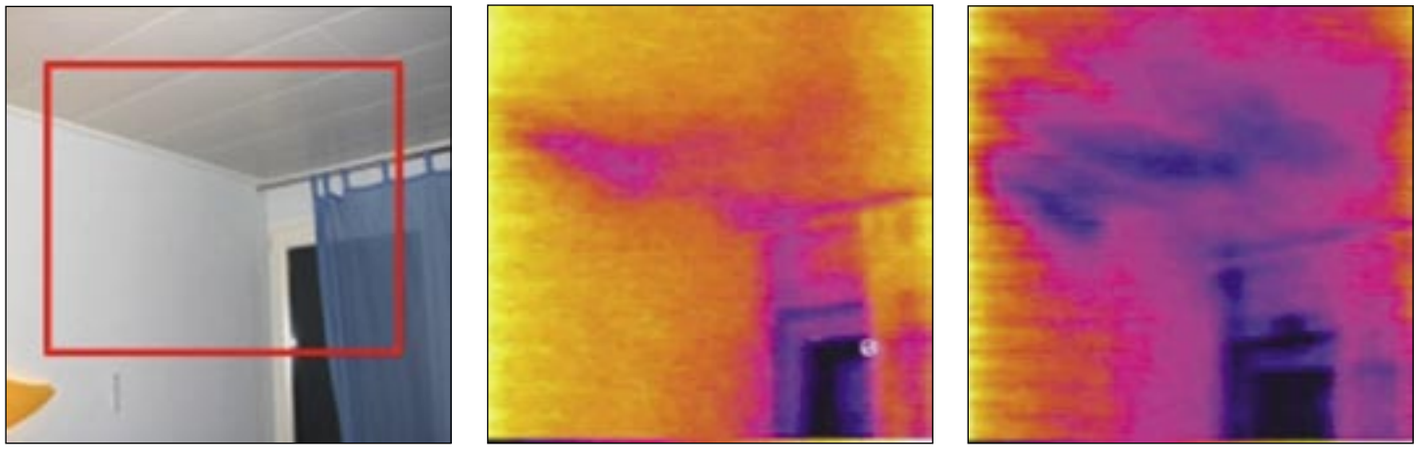


Foto 2. Õhuleke välisseina ja vahelae liitekohas. Vasakul mõõtekoht. Keskel termograafiline pilt ilma õhurõhu erinevusteta ja paremal termograafiline pilt sisemise alarõhu tingimustes. Sinised alad on madalama temperatuuriga. Alajahtumise peapõhjus on õhuleke.

pragude. Mõõtmised teostatakse erinevate õhurõhkude, nii alarõhu kui ka ülerõhu tingimustes, maksimaalselt 10 Pa sammuga, tavaliselt 0...±60 Pa.

Hoone piirete õhutiheduse mõõtmisel sulgetakse kõik muud avad: välispiirdes olevad uksed ja aknad, mis normaalasendis on suletud, värskeõhukapid ja ventilatsioonisüsteem teibitakse kinni, nagu ka ahjude ja kaminate avad, kuna alarõhu tõttu võib sealtkaudu tahma tuppa paiskuda. Sisemised vaheuksed jäetakse avatuks. Lisaks kontrollitakse, et põrandatrappide haisulukkudes oleks vesi.

Lisaks hoone kui terviku õhutiheduse mõõtmisele on alati vaja teada ka õhulekke kohti välispiiretes. Nende avastamiseks kasutatakse kas termovisiooni infrapunakaamerat või märkesuitsuandureid.

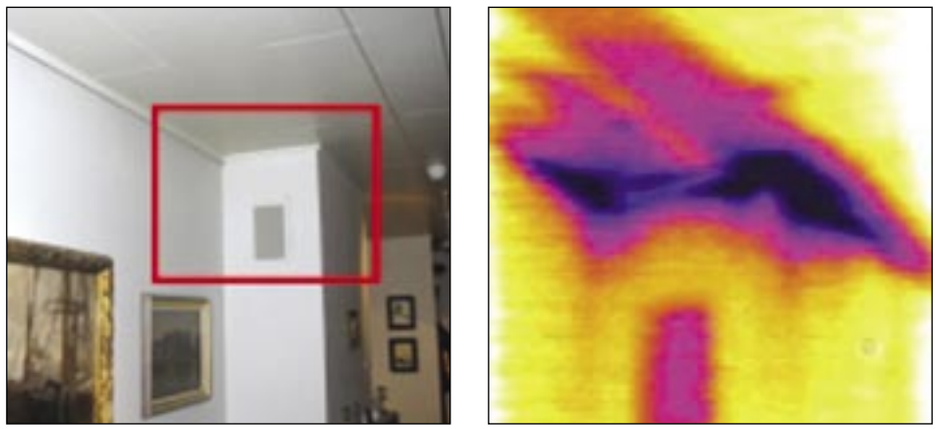


Foto 3. Õheleke katuslae ja korstna liitekohas. Vasakul mõõtekoht; paremal termograafiline pilt sisemise alarõhu tingimustes.

Õhutiheduse mõõtetulemused Eesti puitkarkasshoonetes

Tallinna Tehnikaülikoolis on professor Karl Õigeri ja dotsent Lennart Sasi juhtimisel käimas puitkarkasshoonete uurimisprojekt, mille üheks eesmärgiks on mõõta hoonete õhutihedus ja leida tüüpilised õhulekke kohad. Eramud on valitud nii, et oleksid esindatud erinevad ehitustehnoloogiad (kohapeal ehitatud või nn seinapaneelidest hooned, majaelementidest tehasemajad) ja piirdekonstruktsioonid. Eramud on ehitatud nii firmade kui elanike endi poolt. Samuti on eramud erineva korruselisuse ja ventilatsioonisüsteemidega. Uurimisprojekt viiakse läbi koostöös Eesti Teadusfondi, Eesti Metsatööstusliidu ja ehitusfirmadega AS Matek, AS EKO Majad, KMG Ehitus ning Kodumajatehase AS.

Õhutiheduse seisukohalt on kriitilised eelkõige kohad, kus ühtne õhu- ja aurutõke on katkenud või liitub teiste tarinditega. Üheks selliseks on vahelae ja välisseina liitekoht – seda näitab nii õhutiheduse mõõtetulemuste erinevus ühe (keskmiselt 2,4 $m^3/h \cdot m^2$) ja kahekorruseliste (keskmiselt 7,1 $m^3/h \cdot m^2$) hoonete vahel kui ka hoonetes tehtud termograafilised mõõtmised (vt foto 2). Tavalahendus, kus õhu- ja aurutõke vahelae juures katkeb või on viidud teatud ulatuses vahelaele, vähendab hoone õhutihedust oluliselt. Välisseina ja vahelae liitekoht vajab põhjalikumat uurimist ja arendamist.

Ehitamisel peab tähelepanu pöörama ka õhutõkke ühendamisele uste ja akendega. Õhutõkke liited korstna ja küttekoldega tuleb juba projekteerimisstaadiumis läbi mõelda. Põlevmaterjalist õhutõket ei tohi korstnale kinnitada.

Välisseinte õhutihedus on oluliselt parem, kui õhutõke ei ole elektrijuhtmetega rikutud. Seepärast on otstarbekas viia ühtne auru- ja õhutõke 30...50 mm piirde sisse. Häid tulemusi näitasid lahendused, kus oli välditud pistikupesade paigaldamist välisseintesse ja pinnapealsed pistikupesad olid paigutatud seinale põranda tasapinda ning juhtmed toodud põrandaliistu tagant.

Uuritud 31 kergkarkassil välispiiretega hoone keskmine õhuleke 50 Pa juures oli 5,7 $m^3/h \cdot m^2$ (min. 1,6; maks. 17,9) ja n50 4,8 l/h (min. 0,7; maks. 13,6). Oluline erinevus hoonete õhutiheduses oli ka kohapeal ehitatud (keskmine 7,2 $m^3/h \cdot m^2$) ja tehase tingimustes ehitatud (4,3 $m^3/h \cdot m^2$) puitkarkassmajade vahel.

Hoonete tüüpilised õhulekkekohad:

* vahelae ja katuslae liitekoht välisseinaga;
* aknad ja uksed ning nende ühenduskohad välispiiretega;
* installatsiooni läbiviigud õhu- ja aurutõkkest;
* küttekollete ja korstnate läbiviigud õhutõkkest;
* pistikud, lülitid, harukarbid.

Niiskus puitkarkasspiiretes

TARGO KALAMEES

Puitkarkasspiirded on leidnud eramuehituses kindla koha. Selle ajendeid võib leida hinnas, ehitustraditsioonis, võimaluses ise endale kodu ehitada jne. Et aga ehitis oleks soovitud kasutuseaga, tuleb selle kavandamisel ja ehitamisel tunda ning võtta arvesse puitkarkasspiirete hingeelu, mida seletab ehitusfüüsika.

Puitkarkasspiirde kui kergseina niiskusrežiim erineb oluliselt massiivseina omast – paks ja massiivne sein on asendunud kihilise kergseinaga, kus igal kihil on täita oma ülesanne. Kihtide materjalist sõltub ka kergseina niiskustehniline toimivus.

Puitkarkasspiirde materjalivalik sõltub:

* tema toimivusele esitatavatest kriteeriumidest, taotluslikust kasutuseast;
* piirkonna väliskliimast;
* ruumide kasutusotstarbest ja sisekliimast (ventilatsioonist, temperatuurist ja niiskustootlusest);
* materjalide omadustest;
* materjalide paigaldustingimustest.

Piirete toimivuse üheks põhitingimuseks on see, et piiret läbiv liikuv niiskus ei kondenseeruks, vaid väljuks piirdest auruna. Kui veeaur piirdes kondenseerub, võivad materjalide omadused muutuda: soojusjuhtivus halveneb, mahumuutus kasvab, soojustuse vajumine suureneb, materjalist haihtuvate ühendite eralduvus suureneb jne. Lisaks tekib puidumädaniku oht.

Liigniiskus peab saama kiiresti välja kuivada. Niiskuse väljakuivamist takistab näiteks selline lahendus, kus mõned piirde alad jäävad kahe aurutiheda kihi vahele. Veeavarii tagajärjel või sademetena võib piirdesse sattuda vett ka sellistes kogustes, et selle väljakuivamine võtab väga palju aega. Taolisel juhul tuleb kahjustatud kohad avada, materjalid välja vahetada või võimalusel kuivatada.

Inimese tervise seisukohalt on ülioluline, et piiretes ja piirde pindadel ei tekiks hallitust. Hallitusseened võivad kasvada kõikjal, kus on neile soodsad tingimused. Hallitusseente arengu peamiseks eelduseks on püsivalt kõrge õhuniiskus, sealjuures niiskus ei pea kondenseeruma (suhteline niiskus on 100%). Hallitus võib tekkida ka sobiva temperatuuri juures, kui õhu suhteline niiskus on >70%. Kõige soodsam aeg hallituse tekkeks on sügis, sest see on niiske, kuid veel soe periood. Kõige soodsamad tingimused niiskuse kondenseerumiseks on aga talvel.

Puitkarkass-seina uuringud näitavad selgelt õhulekete ohtlikkust. Tume laik on märgunud ala tuuletõkkeplaadi sisepinnal, mis on tekkinud piirde sisepinnas olevate õhulekkekohtade ja sisemise ülerõhu tõttu.

Veeauru difusioon

Veeauru difusiooni korral pürgivad veemolekulid tasakaalustama erineval pool piiret oleva õhu aurusisalduse või auru osarõhkude erinevust. Difusiooni teel ei liigu niiskus külmema keskkonna poole, vaid kõrgemast veeaurusisaldusest madalamasse – Eesti kliimas valdavalt siseruumidest väljapoole.

Niiskuse liikumine läbi piirde pole iseenesest probleem. Probleemid tekivad, kui veeaur hakkab kondenseeruma või niiskussisaldus seinas tõuseb kriitilise tasemeni.

Vähendamaks niiskuse sattumist piirdesse ja parandamaks niiskusrežiimi, peab piirde sisepind (suurema niiskuskoormuse poolne pind) olema suurema aurutakistusega kui välispind. See on saavutatav soojustusest seespool paikneva ühtse aurutõkkekihiga. Niiskuse difusiooni saab vähendada ka siseviimistlusega (värv, tapeet), mis toimib aurutõkkena hoone kogu kasutusea jooksul. Üldjuhul aga siseviimistlus vahetub. Pealgi valitakse siseviimistlus tavaliselt ruumikujundust silmas pidades, mitte materjalide ehitusfüüsikaliste omaduste järgi.

Aurutõkkena kasutatakse spetsiaalset kilet, samuti sobivat lamineeritud või bituumenpaberit. Aurutõke peab olema piisava aurutakistusega, tõkestamaks liigniiskuse sattumist piirde sisse.

Millal võib asendada kile (tavaliselt aurutakistuse suhtes üledimensioonitud) veeauru juhtivama lamineeritud paberi või bituumenpaberiga? Mida väiksema aurutakistusega on aurutõkkekiht või mida kõrgem on siseõhu niiskustase, seda kõrgemale tõuseb piirde materjalide ja tuuletõkkeplaadi sisepinna niiskustase. Ehk – mida niiskusjuhtivamat seina soovitakse, seda madalamal tuleb hoida siseõhu niiskustase, või mida kõrgem on siseruumide niiskustase, seda suurema aurutakistusega peab olema piirde sisepind.

Oluliselt mõjutab piirde niiskusrežiimi ka tuuletõkkeplaadi aurutakistus. Väiksema aurutakistusega tuuletõkke puhul on piirde kuivamispotentsiaal suurem.

Lisaks aurutakistusele on olulised veel tuuletõkke soojatakistus, õhujuhtivus ja mõnevõrra ka niiskusmahtuvus. Tuuletõkke suurem soojatakistus tõstab sisepinna

Tuuletõkkeplaat ei ole kavandatud taluma välisvoodrile mõjuvaid vihma- ja lumekoormusi. Tuulutusvahega välisvooder peab olema osa puitkarkassseinast.

temperatuuri, alandades selle suhtelist niiskust ja suurendades piirde kuivamispotentsiaali. Soojapidavam tuuletõke vähendab ka oluliselt külmasildade mõju.

Soojustusvillade aurujuhtivus on nii suur, et see veeauru difusiooni läbi piirde eriti ei mõjuta.

Tihti on vaieldud selle üle, kas liigne aurutihedus ei tõsta siseõhu niiskust liiga kõrgele? Tõsi on, et siseõhu niiskussisaldus võib aurujuhtivate piiretega ruumis olla talvel väiksem. Lisaks difusioonile liigub veeauru siseruumidest välja ka ventilatsiooni kaudu, sealjuures difusiooniga võrreldes mitmekordselt rohkem, mistõttu piirete niiskusjuhtivuse mõju siseruumide niiskussisaldusele on väike.

Niisiis, kui arvestada ventilatsiooni või sisekliima normides toodud õhuvahetusnõudeid, jääb aurujuhtivate piirete mõju sisekliima kvaliteedile ja niiskustasemele väikeseks. Umbse ja raske õhu põhjuseid tuleb otsida eelkõige ventilatsioonisüsteemide toimivusest. Aurujuhtivate piirete puhul ventilatsioonivajadus ei vähene.

Veeauru konvektsioon

Veeauru konvektsioon tähendab õhurõhkude erinevusest tingitud veeauru liikumist koos õhuga. Võrreldes difusiooniga võib konvektsiooni teel piirdesse kanduda mitmeid kordi rohkem niiskust. Veeauru konvektsioon on määratud õhu osarõhu erinevustega, materjali õhu juhtivusega ja õhu veeauru sisaldusega kahel pool piiret.

Homogeenses ja õhutihedas, pragudeta materjalis on konvektiivse niiskuse liikumise osakaal tühine. Puitkarkasspiire on aga kihiline ja temas esineb vuuke ning pragusid, mistõttu tuleb siin alati arvestada niiskuse konvektsiooniga läbi konstruktsiooni ja selle sees. Kui siseruumides valitseb ülerõhk, tungib niiskem siseõhk läbi piirdematerjali ja pragude väljapoole – tihti on see üks peamisi piirete liigniiskumise põhjusi. Kui siseruumides valitseb alarõhk, imendub välisõhk läbi piirde sisse – õhu suhteline niiskus langeb ja selle tulemusena võib piire teatud määral kuivada; samas liikuva välisõhu temperatuuri ja vee aurustumise tõttu langeb ka piirde temperatuur.

Õhutõke võib paikneda piirde sisepinnas, välispinnas või keskel. Oluliselt mõjutavad seina niiskust praod ja ebatihedused seina sisepinnal, kustkaudu niiskuse liikumine on kõige suurem.

Kuna siseõhu (absoluutselt niiskema) liikumine piirdesse tekitab rohkem niiskusprobleeme kui välisõhu konvektsioon, tuleb eelistada varianti, et piirde õhutihedam pool paikneb seespool. Seetõttu ongi Eesti kliimas otstarbekas ühendada puitkarkasspiiretes aurutõke ja õhutõke ühtseks materjalikihiks (aurutõkkekiled, lamineeritud või bituumenpaberid).

Kui aurutõkkekiht on ühtlasi õhutõkkeks, peab see tagama ka õhutiheduse, mispuhul nõuded materjalivalikule ja töö teostusele on palju kõrgemad. Kui õhutõke paikneb piirde välispinnas, tuleb jälgida, et tema aurutakistus ei rikuks piirde niiskusrežiimi. Et ühtset auru- ja õhutõkkekihti näiteks installatsiooni läbiviikudega mitte rikkuda, on otstarbekas viia see 30...50 mm seina sisse. Õhu- ja aurutõkke liitekohad peavad asetsema jäigal materjalil, näiteks olema kinnitatud liistuga karkassipostile. Kui õhu- ja aurutõke piirneb ühelt poolt õhuvahega, tuleb liited teipida. Teibi valikul peab arvestama, et selle liimi omadused püsiksid kogu hoone kasutusea jooksul.

Kuna õhu- ja aurutõke jääb tavaliselt teiste materjalikihtide varju, on otstarbekas selle paigaldamine võtta vastu kaetud tööde aktiga.

Niiskuse kapillaarne liikumine

Vee ja materjali kokkupuute korral "ronib" vesi mööda materjali poore edasi. Kapillaarne imemisjõud on märkimisväärne.

Kapillaarne liikumine annab tunnistust juba vaba vee olemasolust, mis võib olla tingitud näiteks ehitusniiskuse või kondenseerunud veeauru väljakuivamisest. Liigniiskuse allikaks võivad olla ka puudulik hüdroisolatsioon või selle puudumine, veeavarii või katuse läbijooks. Need põhjused ei ole otseselt seotud puitkarkasspiirete eripäraga.

Tihti märgab piirdeid tugevasti ka kaldvihm. Seda saab oluliselt vältida välisvoodri valiku ja detailide kujundamisega. Ükski värv ega immutusvahend ei suuda korvata konstruktsioonilisi vigu. Õigete konstruktsiooniliste võtetega saab ära hoida puidu püsivat ja pikaajalist märgumist ning tagada märgunud puidu võimalikult kiire kuivamine.

Arvestada tuleb siinjuures mitme asjaoluga. Kõigepealt peab takistama vee sattumist välisvoodrile (peamiselt kaldvihm, kuid ka maapinnalt üles pritsiv vesi). Siin on eriti tähtis roll räästastel ja soklisõlmedel: laiemad räästad ja vihmaveerennid vähendavad märgatavalt kaldvihma mõju; kõrgemate soklite korral aga ei ulatu üles pritsiv vesi ja talvel lumi välisvoodrini.

Soovitatav räästa laius on 400...600 mm ja sokli kõrgus 300..500 mm.

Reaalsuses aga ei ole alati võimalik vee sattumist välisvoodrile ega selle taha takistada. Seetõttu peab konstruktsioon võimaldama märgunud välisvoodri ja iseruumidest läbi seina liikunud niiskuse väljakuivamise.

Puidust välisvoodri taha tuleb jätta vähemalt 25 mm laiune tuulutusvahe, mis jäetakse avatuks räästa ja sokli juures ning akende ala- ja ülaosas. Horisontaallaudise puhul tekib tuulutusvahe tänu voodri kinnituse laudadele. Püstvoodri puhul tuleb lisalauad kinnitada horisontaalsete kinnituslaudade ja tuuletõkke vahele. Kivist välisvoodri ladumisel on eriti oluline, et tuulutusvahe jääks puhtaks ega oleks mörti täis. Mõlema voodrimaterjali puhul on soovitatav tuua voodri välispind soklipinnast ettepoole – sellega välditakse vihmavee valgumine soklile ja saavutatakse parem tuulutus.

Hoonet ehitades tuleb seada eesmärgiks karkass võimalikult ruttu katuse alla saada. Soojustustöödega võib alustada, kui karkassipuidu niiskustase on < 18%.

Et saavutada puitkarkasspiirete ettenähtud toimivus, tuleb lisaks õigele materjalide valikule need ka hoolikalt paigaldada. Muu hulgas tuleb tähelepanu pöörata alljärgnevatele asjaoludele.

* Soojustus peab täitma kogu temale määratud ruumi ja liibuma tihedasti vastu sisemist (siseviimistlusplaat, õhu- ja aurutõke) ja välimist (tuuletõke) materjalikihti.
* Soojustus peab olema homogeenne. Kui soojustus on kokku lapitud paljudest õhukestest kihtidest või liiga väikestest osadest, tekivad sellesse mõttetud vuugid ja tühemikud, kus õhk pääseb liikuma. Kihiti paigaldatud soojustuse vuugid ei tohi sattuda kohakuti – tuleb jälgida, et eri kihtide vahele ei jääks õhuvahesid. Üks paks ja homogeenne soojustuse kiht on alati parem kui mitu õhukest kihti.
* Väga paksu ja hõreda soojustuskihi korral tekib soojustuse sees mikrokonvektsioon: soojem õhk piirde sisepinnas liigub ülespoole ja piirde välispinnas jahtudes allapoole. Soojustusesisese konvektsiooni takistamiseks tuleb soojustuse sisemine osa välimisest eraldada täiendava õhutõkkega, näiteks ehituspapiga (materjal peab olema veeauru hästi juhtiv).
* Soojustuse laius valitakse karkassipostide sammu järgi. Kui soojustus on liiga lai või kitsas, siis ei jää ühendus karkassipostiga ideaalne ja sinna tekivad õhukanalid, kus õhk hakkab liikuma.
* Tarindite liitekohtades – seina ja vahe- või katuslagede sõlmedes või välisseina nurkades – tuleb soojustus paigaldada eriti hoolikalt, et sellesse ei jääks läbivaid õhukanaleid.
* Tuuletõkkeplaadid tuleb jätkata karkassipostide kohal ja jätkukohad teipida või tihendada montaaživahuga. Vuukide töökindlust saab tõsta, kui nende taha paigaldada tuuletõkkepaber.
* Õhu- ja aurutõkke liitekohad peavad asetsema jäigal materjalil, näiteks kinnitatud liistuga karkassipostile. Kui õhu- ja aurutõkke ühel pool on õhuvahe, tuleb liited teipida. Teibi valikul peab arvestama, et selle liimi omadused püsiksid ehitise kasutusea lõpuni. Õhu- ja aurutõke peab jätkuma vaheseinte ja -lagede juures.
* Enne kalleid siseviimistlustöid on nii ehitaja kui ka majaomaniku seisukohast otstarbekas määrata hoone õhutihedus ja teha termokaameraga kontrollmõõtmine.

Mõtteid puidukoolitusest

PILLE NAGEL

Puit on kaunis, soe ja kergestitöödeldav materjal, millel on oma iseloom ja ka oma kapriisid. Eestis kui metsariigis võiks puitu rohkem ja vaimukamalt kasutada. Kuid kas me ikka tunneme puitu piisavalt ja kuidas arhitektide teadmisi selles vallas tõsta saaks?

Puit on meilgi moodi läinud kui eksperimenteerimist võimaldav, samas odav ja kergesti töödeldav materjal. Puit loob sooja, rikkaliku tekstuuriga pinna. Ta tundub sobivat kõigiks hooneosadeks, vundamendist katuseni – tõsi, enim ehk pinnakatteks, moekaks kestaks seal, kus kompositsioon nõuab sooja kuldpruuni pinda, või seal, kus vajatakse ribilist vaatevarjestust, või kuhu sobib vineer silepuidulise plaatkattena. Arhitekti arvuti visualiseerib hoonele samasuguse kergusega ükskõik mis materjali, hakkamata hoiatavalt piiksuma, kui puidutekstuur "kleebitakse" katusepinnale. Noored arhitektid kasutavad puitu eelarvamustevabalt ja julgelt, rõõmustades tellija üle, kes nende eksperimente toetavad.

Puidu ümber toimuv on osa üldisest trendist materjalidega üllatada. Uudsed ja/või ebatavalised materjalid panevad hämmastama nii arhitektuurihuvilisi kui tavakodanikke. Majad tehakse lihtsad, neile antakse vaimukas vorm, et siis fassaadikattematerjaliga mõjuvalt mängida.

See on vesi materjalitootjate veskile. Mustrilised klaasid, patineeruv vask, roostetama sunnitud raud, õhukesed võrgud, kõikvõimalikult vormuvad betoonid – nende arendusse investeeritakse ja neil teemadel arhitekte lahkelt õpetatakse-nõustatakse. Materjalid tootestuvad/brändistuvad hämmastava kiirusega ja arhitektid märkavad mugavustundega, et tehnilised konsultandid on nende teenistuses.

Puit on eriline!

Tegelikult aga ei ole puit kerge materjal – tema käitumist on raske ennustada. Tootja lubadustele lootes ei tohi arhitekt unustada puithoonete projekteerimise erisusi.

Sõnastan paar mõtet puithoone iseärasustest.

Esiteks. Puithooned on tundlikumad ja haavatavamad kui teistest materjalidest hooned, eriti n-ö äärealadel – seal, kus maja kohtub maaga (sokkel) ja taevaga (katus, räästad). Ükskõik missuguseid värve, töötlusi ja immuteid ilmastikumõjude

Korkeasaari vaatetorn – Helsingi tehnikaülikooli puustuudio kursuslaste lõputöö. Foto: Märt Riistop

Metsaülikool – loodusesse sulatatud puithoone. (Pirko Võmma, TTK 2. kursus). Foto: Pille Nagel

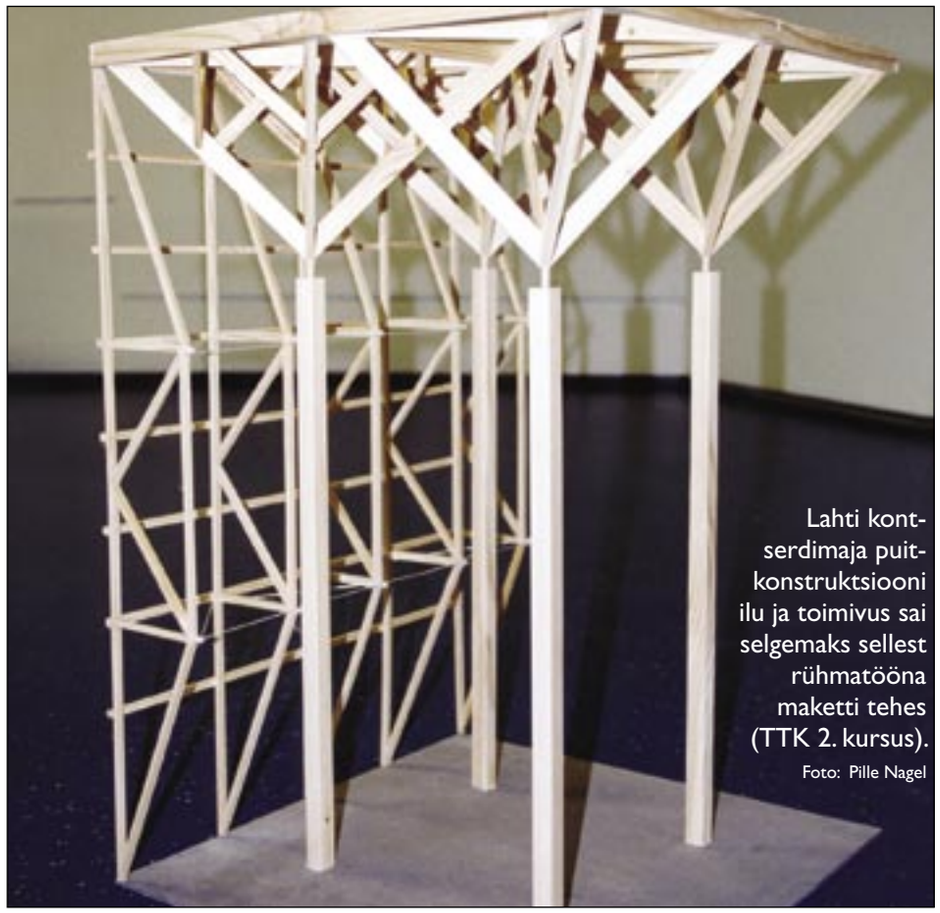
nullimiseks ka ei kasutata, tuleb vihma ja päikesega alati arvestada. Puithoone peab olema õigesti projekteeritud, valepidi laudadest löödud katuse veepidamatuses ei saa kuidagi süüdistada saeveskit.

Teiseks. Metsariigis oleks puidul suuri eeliseid, kui teda osataks kasutada ka vähetöödelduna, ökoloogilisena. Ent see ei ole ühegi tootja huvides. Seega ei saa arhitektid tootjate tehnilistele nõustajatele loota, "tarkade koda" peaks koos käima metsas.

Metsarikastes maades tehakse puidukasutuse suurendamiseks mitmesugust tööd. Puiduasjatundjad on koondunud ülikoolidesse ja instituutidesse ning sageli toetab nende tegevust tugevasti ka riik (lisaks metsatööstusettevõtete panusele). Paljudes puidumaades on arhitektuuriõpetuses materjali süvendatud õpetamiseks stuudiod, laborid ja erikursused. Lisaks omandatakse kogemusi eksperimentaalse ehitamise käigus jne.

Koolitusvõimalused

Mida saaks meil ära teha? Arhitektuuri õpetuses võiks puidukursuse eesmärgid seada väga üldiselt niisugusesse hierarhi-



Lahti kontserdimaja puitkonstruktsiooni ilu ja toimivus sai selgemaks sellest rühmatööna maketti tehes (TTK 2. kursus). Foto: Pille Nagel

Vineeri omadused said tuttavaks ja kompositsiooniülesande lahendusena sündis kerge kokkupandav riiul (Kaupo Kangro, TTK I. kursus). Fotod: Pille Nagel

asse:

I etapp – huvi puidu rikkalike kasutusvõimaluste vastu;
II etapp – keerukuse haldamine;
III etapp – innovaatika ja uus vormikeel.

Huvi puidu vastu äratada on lihtne...

Kuus aastat tagasi, kui hakkasin juhendama Tallinna Tehnikakõrgkoolis rakendusarhitektuuri tudengeid, tundus otstarbekas ja huvipakkuv piiritleda ülesandeid ka materjali poolelt. Valisin puidu, sest see on ühest küljest väiksema suvehoone projektiks loogiline ja traditsiooniline, teisest küljest maketiks hästi käepärane materjal. Pidasin oluliseks, et harjutaks mõtlema ruumiliselt ja materjalis ning et töö maketiga oleks endastmõistetav. Ja sedagi, et sõprus materjaliga tekiks enne, kui tudeng nakatub abstraktse arvutil modelleerimise hullusesse.

Puitu on tänu kergele töödeldavusele koolis hea kasutada. Esimeste kompositsiooniülesannete juurde kuuluvad nii joon- (puitvarras, liist, pulk) kui pindelement (spoon, vineer, puitlaastplaat). Tööriistad pole keerulised ja tulemus üllatab tegijaid endidki.

Suvistel kogumisretkedel avanesid tudengite silmad, märkamaks puidu huvitavaid uusi külgi. Teema "Milline võib olla puidupind?" tõi kokku üllatavalt mitmekesist materjali ja tekitas põnevaid mõtteid. Kogutut kirjeldades tuli puidupind lahti seletada: kust pärit, millisest puidust, kuidas on detailid omavahel kinnitatud jms.

Keerukuse mõistmise poole – maketeerimine ja õppekäigud

Järgmiseks sammuks puithoone projekteerimisoskuse poole on heade näidete tudeerimine.

Rakenduslikus arhitektuuriõppes on praktikal suur osatähtsus. Tehnikakõrgkooli esmakursuslased õpivad tundma puithoonete ehitusvõtteid ja teevad töökojas valmis väikese puithoone või hoone osa.

Teise kursuse maketeerimise praktikal on tudengid (paari-kolmeliikmeliste gruppidena) ehitanud huvitavate puitkonstruktsioonidega hoonete karkasse, erinevaid katuseid, puitsildasid. Töised mõttevahetused ja pärastised kommentaarid näitavad, et uuritava ja teostatava tarindiga tekib õppuritel analüüsiv ja ka kriitiline suhe.

Ka õppekäigud valmis hoonetesse, kommentaatorina kaasas nende autor või ala asjatundja, on tõhusa õppe lahutamatu osa. Paraku see osa, mille rahastamine riikliku hariduse raamesse ei taha mahtuda. (Lähimad õppematerjaliks sobivad puitmajad asuvad Soome lahe põhjakaldal, põnevamad ehk Lõuna-Euroopas.)

Puithoone projekteerimise mäng

Arhitekti erialane õppetöö kulgeb traditsiooniliselt läbi projekteerimisprotsessi. Projekteerimine on loominguline probleemilahendus ja iteratiivne protsess, milles tudeng omandab uusi oskusi ja kogemusi iseseisvalt tegutsedes, ülesandeid lahendades. Juhendaja rolliks on avada tee otsingutele ja olla kogu protsessis nõuandjana abiks.

Juhendajal on siin võimalus genereerida ülesandeid, mis muu hulgas annaksid rohelise tee ka tehnoloogilisele ja materjalikasutuslikule loovusele. Ülesanne ei pea otseselt suunama ega kohustama leiutama

– see peaks õhutama vormi ja esteetika otsingutesse loovalt kaasama ka materjali ja konstruktsiooni. Paremini õnnestub see juhul, kui eeskujusid ja eelarvamusi ei saa kasutada. Valides projekteeritavale hoonele eripärase paiga, inspireeriva maastiku ja sellise funktsiooni, millesse tudeng hästi sisse elada oskab, vallandub ka tema loovus kergemini – skaudibaasile, loodusvaatlustornile, väikesele metsaülikoolile või hobiklubile suudavad teise kursuse arhitektuuritudengid pakkuda hoopis huvitavamaid arhitektuurseid lahendusi kui lihtsalt suvilale (mille puhul on liiga palju eeskujusid). Kui ülesanne inspireerib, ollakse ka materjali ja konstruktsiooni osas vabamad ja isikupärase nägemuse kallal töötatakse innukamalt edasi.

Kestvama puidurakenduse poole

Arhitekti õppeprogrammis materjaliteemasid küll puudutatakse, kuid puitu käsitlevate erikursusteta pole siin süvitsiminekust võimalik rääkida.

Eespool kirja pandud koolituseesmärkide esimese etapiga – huvi äratamisega materjali vastu – saame praegu hakkama. Teise etapi puhul – puidu keerukuse haldamine – aga jäävad kõrgkooli võimalused kasinaks. Oma oht on selleski, et liigselt tagantõhutatud puidu esteetiliste võimaluste otsing võib loodetud puidubuumi lühendada ja see jahtub koos efektsete puithoonete ilme muutumisega (välimuse väsimisega) aastate jooksul.

Kolmandas etapis (“Innovaatika ja uus vormikeel”) võiks õppetöö olla korraldatud arhitektuuri, ehituse ja puidutehnoloogia tudengite koostöös oma ala asjatundjate juhendamisel. Eeskuju tasuks siin võtta Soomest. Näiteks Helsingi tehnikaülikooli puustuudios ehitatakse lõputööna üks uudse arhitektuurse ja konstruktiivse lahendusega hoone. Parima projekti saamiseks korraldatakse ideekonkurss ning sellest võitjana väljunud lahenduse kallal töötavad edasi kõik puustuudio tudengid. Viimane selline lõputöö on 10 m kõrgune skulptuurne “punutud” vaatetorn Korkeasaari loomaaia territooriumil, varasematest meenuvad kerge riiulina näiv liimpuitpaneelidest Hiili kohvik, mille välisviimistluseks oli tõrvatud ja söestatud puidupind, ja hõljuv-skulptuurne näitusepaviljon. Kõik need objektid on Helsingi linnapildis olulisel kohal.

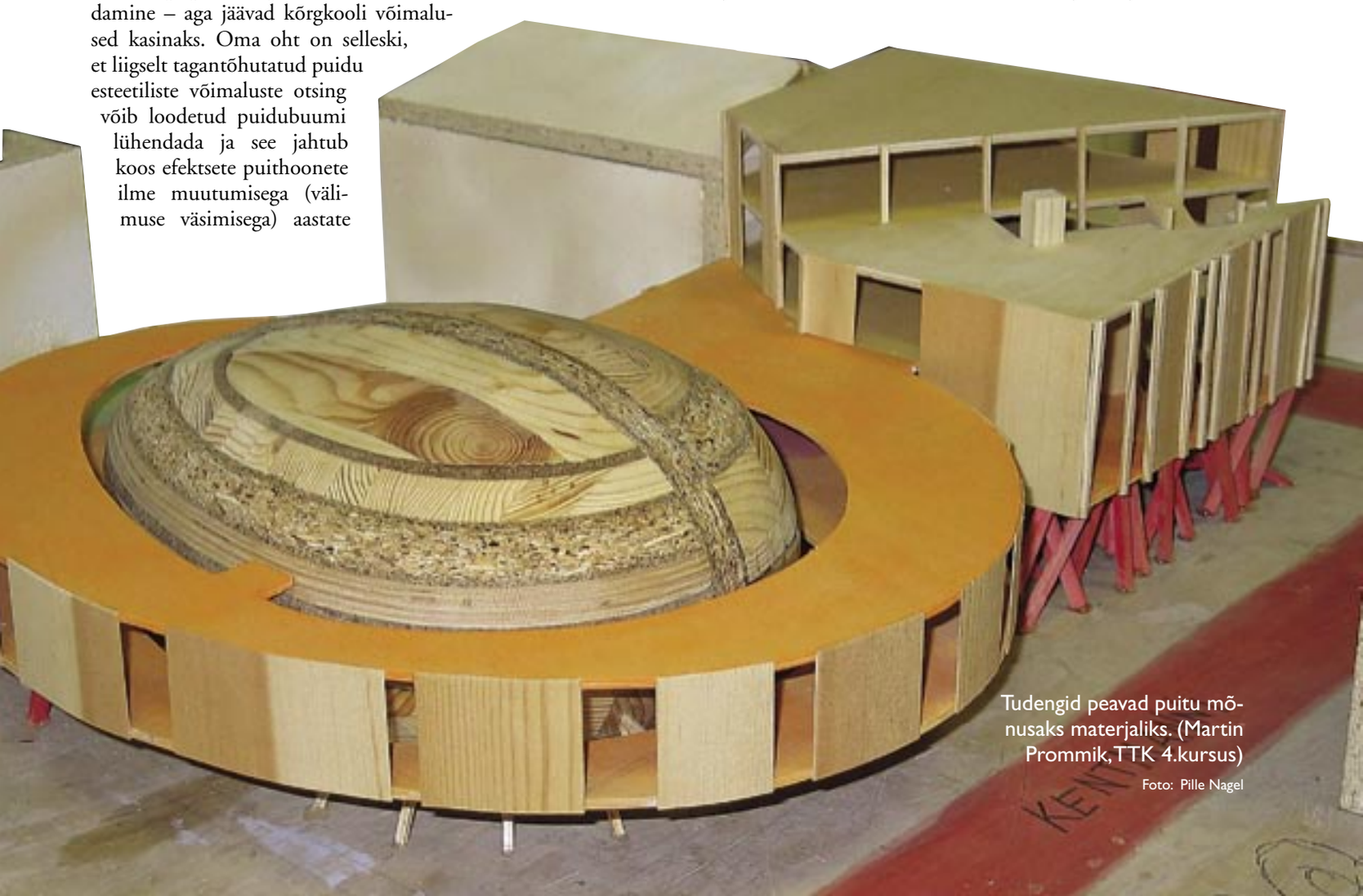
Helsingi tehnikaülikoolis korraldatavatele rahvusvahelistele puiduõppe süvakursustele oleks võimalik minna ka Eesti arhitektuuritudengitel. Ehk paneks mõni meie puidufirma selleks välja stipendiumi?

Metsatööstuse Liidu sihtprogrammile Puuinfo kuulub mõnigi hea algatus, näiteks ekskursioonid ja seminarid.

EKA ja TTK arhitektuuritudengitele on korraldatud puitarhitektuuri õppereise nii Eestis kui Soomes, parimad tudengid kutsuti kaasa ka arhitektide Šveitsi-reisile. Seminaridel on loenguga puidukasutuse keerukamatest aspektidest esinenud nii Soome kui Rootsi professorid ja teadlased.

Puudub aga aktiivne õpe meistriklassi tasemel – see osa, mis kinnistaks teooriat, laseks konstruktsiooni arhitektoonikas kaasa rääkida ning pinnamoodustamise võimalusi katsetada ja testida. Tõsi, koht väiksemate katsehoonete ehitamiseks on siiski olemas – Priit Valge ja Silver Kuusik on Tehnikakõrgkooli õppetöökodades loonud selleks võimalused.

Millised need meistriklassi projektid võiksid olla? Näiteks bussipeatuste varjualused maakohtadesse, puhkeonnid riigimetsa jmt. Ent ülesanne võib pakkuda põnevaid tulemusi ja kasulikke kogemusi ka siis, kui piiritleda materjal ja konstruktsioon mõne tarinditüübi katsetamiseks – kokkunaelutatud prussidest plaadid, painutatud vineer, tappimistehnikad. Mõte sellistel kursustel (näiteks suvekoolina) oleks siis, kui kokku saaksid eri erialade – arhitektuuri, ehitustehnika, puidutehnoloogia – tudengid ja kui juhendajaks on kutsutud mainekaid asjatundjaid.



Tudengid peavad puitu mõnusaks materjaliks. (Martin Prommik, TTK 4.kursus)

Foto: Pille Nagel

Orgaanilised puidust külakoolid

PILLE NAGEL

Koolimaju ehitatakse Eestimaale jälle, aga mitte enam tüüpprojektide järgi – igas paigas ja olukorras sünnib oma lahendus. Räägime uutest väikestest puitkoolidest arhitekt Maarja Nummertiga, kel seljataga pikk koolihoonete projekteerimise praktika ja kes pälvinud preemiaid mitme kooli kavandamise eest.

Kui Käru vallavanem Jaak Herodes Maarja Nummerti töölaual rõngakujulise plaaniga koolivisandeid nägi, mõistis ta, et oli leidnud päästerõnga. Käru saab rattad alla ja koolimaja veeretatakse arendusraskustest välja.

Käru vallas käis tollal vaidlus, kas kooliruumid mõisahoones renoveerida või ehitada uus kool. Lapsevanemad ja osa õpetajaid olid mõisahoone poolt – nad hindasid sealset keskkonda. Vallal aga ei jätku jõudu vana maja väärikalt renoveerida ega hallata. Mõeldi, et kui uus hoone pakuks midagi võistlevat – sõbralikku, vaheldusrikast, huvitavat (eks muidugi arvestades eelarvet), küllap siis sobiks see kõigile.

Rattad saadigi veerema vallavanema tugeval toel. Üks otsus oli kindel – ehitatakse puidust. Ringikujulise maja idee, päikesering ja kaitstud siseõu arenesid arhitekti arvutis edasi ja kahtlejadki hakkasid uude majja uskuma.

Romantilise loo saab pajatada ka Hageri algkooli maja sünnist. Siingi tekkis vallaja koolirahval kõhklusi, vaidlusi ja võitlusi. Algkooliklassid seoti Hageri rahvamajaga, et lapsed saaksid kasutada sealset saali. Ka materjalivalikus polnud kahtlusi – puidust rahvamajaga liituv koolitiib pidi loomulikult tulema puidust, arvestama keskkonnaga.

Kohila vallalehe artiklis “Ja nii sai Hageri oma koolimaja…” kirjutati ehitajate ponnistustest ja nimeliselt talgulistest, õnnistajatest ja vallategelastest. Uue kü-

Kooli siseõu mõjub piduliku ruumina. Foto: Märt Riistop

lakooli valmimine oli justkui valla, koolmeistrite ja lapsevanemate kangelastegu. Ju ta nii ongi. Arhitektist räägitakse siis, kui midagi viltu läheb. Kui ei räägita, ju siis maja toimib.

Puidu roll kooliarhitektuuris

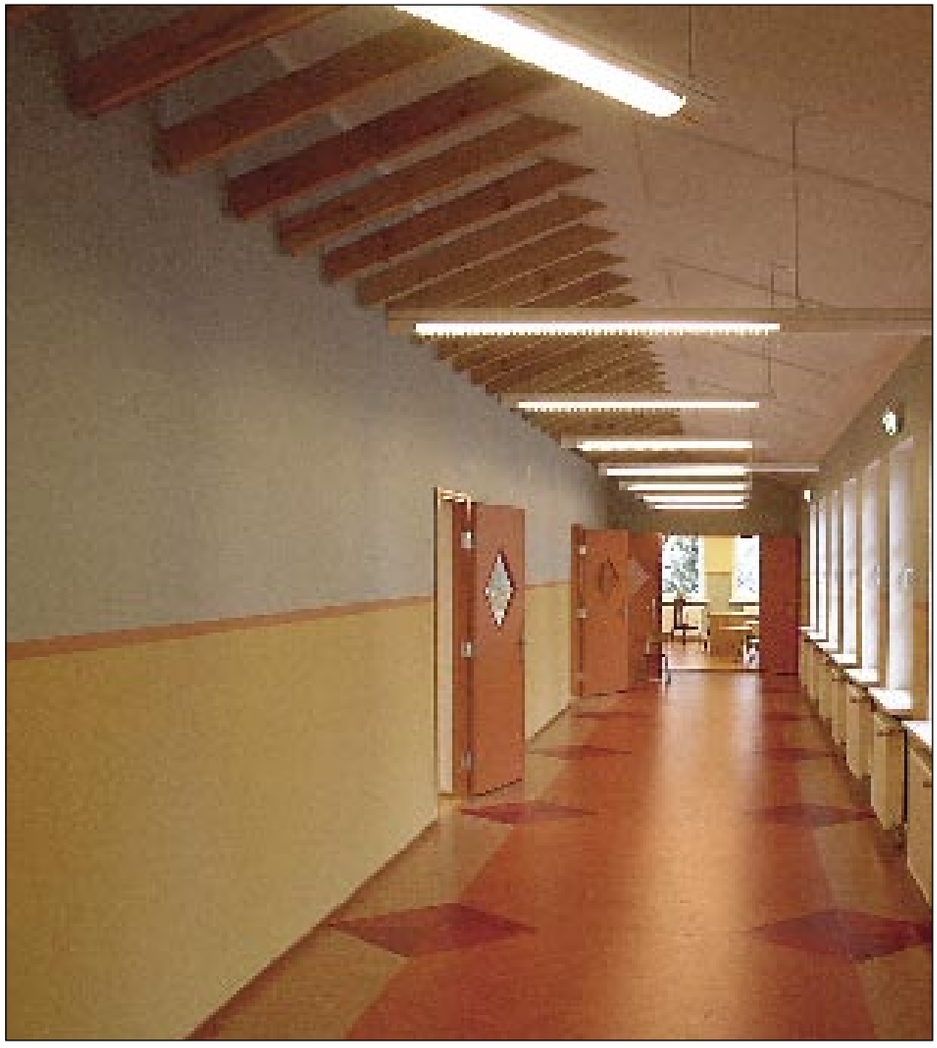
Maarja Nummert räägib oma lapsepõlvest, pidades kasvukeskkonda tähtsaks mõjutajaks.

"Ema oli mul õpetaja, elasime Malla mõisas, kooliga samas majas. Ruumid olid uhked – nelja meetri kõrgused, võlvlagedega. Kõrged gooti stiilis aknad, paksud seinad ja laiad aknalauad, kus sai istuda või mängida, ahjud kui šokolaadist. Kõik see pakkus lapse fantaasiale palju ainet," meenutab Nummert lapsepõlve.

Maarja Nummert arvab, et ta on tuge saanud ka antroposoofiast, ta hindab ruume, millel on emotsionaalne mõju. Ruum ei tohiks olla lihtne ega liiga konkreetne – silm peab saama seal ringi rännata ja teisedki meeled midagi leidma. Kaar ja

Kaarjas koridor tundub lühem ja elavam. Foto: Maarja Nummert

Käru kool on huvitava kaarja plaaniga. Foto: Märt Riistop



↑ Hageri rahvamajaga on liitunud uued kooliruumid. Foto: Märt Riistop

← Hõõguvad värvid ja nähtav puittalastik teevad koridorist omanäolise.
Foto: Maarja Nummert

ring on koolimajale soodsad vormid. Ring seostub kaitstusega, kaarjas maja loob hubase siseõue, kaarjas koridor tundub lühem ja vaated ning valgus muutuvad sujuvalt. Ruumikõrgused peaksid vahelduma, et "hingel ja vaimul õhuruumi oleks".

Orgaaniline arhitektuurisuund tundub Maarja Nummerti meelest koolidele väga sobivat. Ehitusliku külje pealt jõuab ta kergesti tõdemusele, et ühekorruselise maja puhul pakub puitkonstruktsioon ruumikujunduse rikastamiseks ammendamatult võimalusi. Nähtavale jäetud sarikad ja kaldtoed rõhutavad ruumi iseloomu, lisavad rütme. Toekate postide rida demonstreerib konstruktiivset selgroogu. Liimpuidust sarikad joonistavad kuppel- ja kaarruumide laestruktuuri paremini välja.

Ehitusviisist, akendest

Koolimaja akende suuruse juures tuleb arvesse võtta praktilisi elutarkusi.

"Mis rõõmu on maani akendest, kui konvektorid neile ette istutakse – aknakatted takerduvad konvektoritesse ja lapsedki komistavad nende otsa. Akende suurendamine laiuses sunnib aga üle minema kallimale post-talasüsteemile ja välisseinu lihtsama puitsõrestikseinana teha ei saa. Ka koolijuhid ei poolda suuri aknaid, sest päikeselistesse ilmakaartesse avanevad klassiruumid kuumenevad siis kergesti üle. Aknad peavad võimaldama ruume kergesti õhutada ja selle juures on tähtsad suurus ja avanemisviis," räägib Nummert.

Nii Käru kui Hagudi kooli fassaadis on jäädud lihtsa laudise juurde. Maarja Nummert arvab, et maja enda mänglev vorm ja kaarjas kontuur tulevad niimoodi paremini esile ja eks see ole ka ehituslikult kindla peale minek.

Kui poleks piirangud?

Suuri takistusi seavad arhitektile tulekaitsenormid.

"Tore oleks, kui kooliruumidesse saaks rohkem puitpinda, olgu vineeritahvlid või puitpaneelid, – need on soojemad. Puitpinda on ka kergem puhas hoida kui värvitud kipsplaatseina. Puitpindade suur eelis on võime vähendada mürafooni – see on eriti vajalik võimlates – ja luua head akustilist sisekliimat. Selleks saaks kasutada puitvõresid või ribiseinu.

Muidugi on tehnilisi lahendusi, kuidas puidu tulekindlust suurendada. Näiteks võib puidupinnad üle võõbata toredat tooni lasuurvärviga, sprinklersüsteemgi on mõeldav. Ent tulekaitse-lasuurvärvid on kallid ja sprinklersüsteem võib saada lastele lõbusaks mänguasjaks.

Veel ideid puidu kasutamiseks

Maalastel on loodusega tundlikum suhe. Soojal ajal väljas tunde pidades süveneks see veelgi, hoiaks õpilasi paremini aastaaegade vaheldumise rütmis. Seega võiksid maakoolides olla ka mitmesugused vabaõhuklassid: talveaiad, majaga kokkuehitatud terrassid, varjualused, eraldiseisvad paviljonid ja lehtlad. Paviljonid peaksid olema puidust ja lapsed võiksid nende ehitamisel abiks olla. Siin saaks proovida ka traditsioonilisi ja ökoloogilisi puitehitusviise, milleks maakoolid kõige paremini sobivad."

Ümar klassiruum kus liimpuitsarikad tunduvad päikesekiirtena. Foto: Maarja Nummert

Insener Marek Siim valminud liimpuitkonstruktsioone takseerimas. Foto: Maarja Nummert

Hageri klassid hargnevad rohelusse. Foto: Märt Riistop

Vorarlbergi fenomen

KMG Ehitus korraldas hiljuti õppereisi Austriasse Vorarlbergi. “Õppurite” hulgas oli ka kolm arhitekti: Emil Urbel, Hanno Grosschmidt ja Ivar Lubjak.

BTV pank Wolfurtis, Baumschlager ja Eberle 1998.
Hanno Grosschmidt (H. G.): Tahaksin näha, kes Eesti pankuritest nõustuks sellises majas istuma, ehkki maja on minu meelest vahva.
Ivar Lubjak (I. L).: Kui jätta kõrvale T. Dvoraki mullikujuline hoone, olid kõik valdavalt traditsioonilised ja võimalikult ökonoomsed lahendused. Samas võis ökonoomselt ehitatud majal olla fassaad, mille puhul raha poleks nagu üldse loetud.
H. G.: Kõik oli väga ratsionaalne, samas fassaadid olid kallid. Eriti klaasfassaadid, kus tundus olevat ka lihtsalt efektitsemist, sest nii paljude kihtide kasutamine ei ole ilmselt praktiline. Üldiselt olid suured klaasipinnad alati varjatud kas puitribidega, rulooga vms.
(I. L): Majade ümbrus on hästi läbi mõeldud. Ilmselt oli enamasti projekti kaasatud ka maastikuarhitekt. Tundus, et palju oli kasutatud tehases valmistatud elemente, mis ehitusplatsil käivad kokku nagu legoklotsid.
(H. G.): Üllatas see, kuidas ajakirjades nähtud värsked oranžid majad tegelikkuses välja nägid – nii suurt erinevust ei oodanud.

Sissejuhatus Emil Urbelilt:

Vorarlberg on Austria läänepoolseim liidumaa, asub Reini orus ja külgneb Šveitsi, Saksamaa ja Liechtensteiniga. Pealinn Bregenz on kasvanud Bodeni järve äärde. Ja sellele pindalalt Harju maakonnaga võrreldavale maa-alale on viimase paarikümne aasta jooksul ehitatud muljetavaldavalt palju kõrgetasemelise arhitektuuriga hooneid. Miks just sinna?

Kõik sai alguse 1980. aastate alguses Viini ametliku liiniga vastuollu sattunud noorte arhitektide rühmituse tegevusest. Seltskond võttis endale nimeks Vorarlberger Baukünstler. Tänaseks on mõnedel kunagistel "paharettidel" rahvusvaheline maine – tuntumad neist on vahest Carlo Baumschlager ja Dietmar Eberle.

Vorarlberger Baukünstler ei lähtu esteetilistest ega vormilistest kriteeriumitest, pigem on loomingu lähtekohad konstruktsioonis, ehitustehnoloogias ning kohalikes traditsioonides. Ja on millele toetuda.

Esmapilgul põllumajanduslikuna näiv maanurk on tegelikult üks Euroopa industrialiseeritumaid regioone. Seal on arenenud tekstiili-, elektroonika- ja puidutööstus. Palju tähelepanu pööratakse säästlikele tehnoloogiatele, ehkki üldjuhul ei viita majade välimuses sellele miski. Teinekord võib aga fassaadi tulikirjast lugeda, kui suur on näiteks päikesepatareide hetketootlus. Säästlikkus on seegi, et kõikvõimalik vana on püüdlikult säilitatud. Pean seda isegi luksuseks, kui väikelinna keskuses seisab kaubamaja kõrval sajanditagune küün.

Infrastruktuur meenutas mulle kohati kommunistlikke utoopiaid maa ja linna kokkukasvamisest: põllupidaja laut ja elektroonikafirma peakorter seisid kenasti kõrvuti, samas naabruses asusid veel saekaater, tuletõrjemaja ja ülikooli korpus. Kõik, mis käib mõiste alla munitsipaalehitus, oli tehtud väärikalt ja kõrgtasemel.

Vorarlberglased on oma kodukoha moodsa arhitektuuri üle uhked. Reisijuhtides leiab igakülgset infot ka vaid paar aastat tagasi kerkinud hoonete kohta. Majaseintel nägime tihti selle arhitektuuri tunnustavaid raamitud diplomeid või aukirju. Ja keegi ei pahandanud huviliste peale, kui nad, fotoaparaat kaelas, hetkeks võõrale krundile astusid.

Kokkuvõttes arvan, et Vorarlberg on arhitektuurireisiks väga sobilik maanurk. Nelja päeva jooksul vaatas meie kriitiline seltskond üle 130 objekti, mis kõik palju mõtteainet pakkusid.

Kommentaare

Reisi ei korraldatud spetsiaalselt puitarhitektuuriga tutvumiseks, ent kuna Vorarlberg on tuntud ka puidu ulatusliku kasutamise poolest, palus Puuinfo arhitektidel oma muljeid jagada just sel teemal.

Emil Urbel (E. U.): Meelde jäi rohkem elukeskkond oma korrastatuses kui üksikud hooned. Maad näib Austrias jätkuvat, ent nii mõnegi maja puhul tundus, et maa-alune garaaž on kallim kui maja ise. See-eest olid autorisud jalust ära. Meeldis, et sindelfassaadid ei olnud pelk moevärk, vaid need tuginesid traditsioonidele ning olid tihti kombineeritud kõrgtehnoloogiaga. Rohkem meenuvad ilusad lahendused, näiteks nurkades, fassaadide liigenduses, soklites jm.

St Antoni suusastaadion.
E. U.: Siin on fassaadilaudade otste vahele kinnitatud plekist veenina. Akende puhul tundus Vorarlbergis, et kõik on erilahendused. Tegelikult pandi klaaspakett otse seina.
(I. L.): Akende ja fassaadi liitmisel torkas silma ülitäpne töö, seetõttu polnud vaja Makroflexi ega piirdeliistu nende varjamiseks. Meeldis fassaadide "triibutamine".

Foto: Märt Riistop

Lot Holzbau tootmishoone Feldkirchis.
E. U.: See hoone sai vist üldiseks lemmikuks.

Foto: Märt Riistop

Foto: Märt Riistop

Lot Holzbau hoone nurgalahendus.
E. U.: Nii klaaspaketid kui OSB-plaadid on kinnitatud karkassile ülekattega kõigest eterniidiribade abil. Kuidas rasked klaaspaketid tegelikult paigal püsivad, jäigi arusaamatuks.
Märt Riistop (M. R.): Hoone sai 2001. aasta puitehituspreemia, järelikult on OSB ja selle värvkate väljas hästi vastu pidanud vähemalt kolm aastat.

Foto: Märt Riistop

St Antoni puhkekeskus.
E. U.: Lahendused on väga ökonoomsed. Kalleid süvistatud lampe ja ventilatsioonireste enamasti ei näe, selle asemel on vineerlakke jäetud valgustite või ventilatsiooni jaoks piisava suurusega avad. Hästi lihtsad on ka mitmesugused piirded, näiteks serviti püsti Luja plaat.

Kaubanduskeskus Dornbirnis.
E. U.: Siin meeldis, kuidas on kasutatud OSB-d, ja hõre puitlaudis.

Foto: Hanno Grossschmidt

Kaubanduskeskuse sisevaade. Laes on viimistlemata OSB, seintel sama materjal värvituna. Liimpuittalad toetuvad paarile metallpostile.

Foto: Märt Riistop

Kaubanduskeskuse hõre puitlaudis.
E. U.: Ise poleks sellise lahenduse peale tulnud – laudise taga on tuuletõke ja sellest piisab.

Foto: Märt Riistop

Foto: Märt Riistop

Walch's Event Catering hoone Lustenau Milleniumsparkis.
E. U.: Tore lahendus. Näib, nagu oleks uks lahti, aga siis märkad vundamenti selle all. Hoone on ümbritsetud kangaga, mis ilmselt võtab vastu suuremagi saju ja betooni peal olev OSB pinnakatet ei vajagi.

Foto: Märt Riistop

Karkass kanga kinnitamiseks ja pingutamiseks. Vedrud on karkassi teises ääres. Hoone betoonkarkass on kaetud OSB-ga (vt ka artiklit "Puit ja betoon").

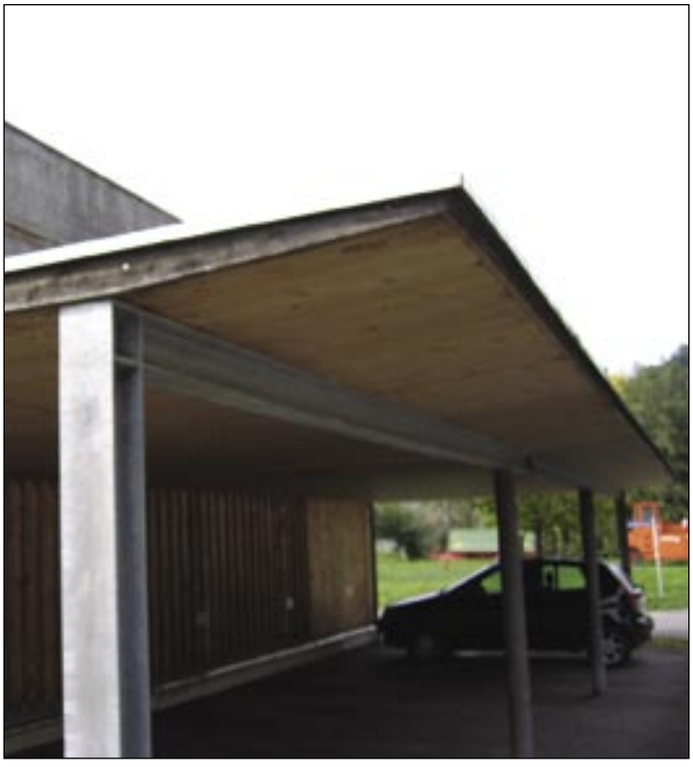


Foto: Ivar Lubjak

Autode varjualune Hermann Kaufmanni büroo juures Schwarzachis. E. U.: Karniiside-konsoolide otsad vaevuti õhemaks töötlema ja tulemuseks on hoopis ilusam välimus. I. L.: 10 × 10 cm postid tagaseinas on puhtalt disaini huvides. Lahendused olid üldiselt ratsionaalsed, ent kui vaja, siis materjaliga polnud koonerdatud.

45-kraadist liidest on täiendatud tugiastmega, tala toetub seega postile ja tala ots on vee eest kaitstud.

Foto: Ivar Lubjak

Arhitektuuribüroo Schwarzachis.
I. L.: Kaufmanni büroo juures meeldis vineer, mis oli küll viimistlemata, kuid servad ei lokkinud. Hoone sulas hästi ümbrusse, mis oli ilmselt taotluslikult lastud pisut võpsikuks kasvada.
M. R.: Büroo valmis 1999. aastal, vineer jäeti viimistlemata meelega, et oma büroo peal ohutult jälgida, mis temast aastate jooksul saab.

Foto: Ivar Lubjak

Teefirma hoone Hohenemsis. Spoonliimpuidust rippkatus katab 24-meetrist ava.
Hanno Grossschmidt (H. G.): Eeskätt väärib tähelepanu hea insenerilahendus.

Foto: Märt Riistop

I. L.: Tore nurgalahendus. Plekk on valtsitud nurgaprofiiliks ja selle servad ulatuvad laudade ja kinnituskruvide alla.

Foto: Ivar Lubjak

Sild puidust?

Puitsildadele kiputakse sageli ette heitma nende lühikest kasutusiga ja vähest mädaniku-, tule- ning vandalismikindlust. Puitehitisi peetakse ajutisteks pahatihti põhjusel, et paljud nõukogudeaegsed palksillad, mille hooldamiseks ei raatsitud anda kopikatki, on kõdunenud ja lagunenud.

Tegelikult on puitsildadel palju eeliseid: madalad ehitus- ja hoolduskulud, keskkonnasõbralikkus ning külmumis-sulamisprotsesside hea taluvus. Puit on ka lumetõrjekemikaalide suhtes palju vastupidavam kui teras või betoon ning puitsild ei vaja kallist deformatsioonivuuki, kuna puidu deformatsioon piki kiudu on väga väike. Üks puidu eelis sillamaterjalina on veel dünaamilise koormuse hea sumbuvus.

Puit pole sugugi nii vähe vastupidav, kui tavaliselt arvatakse. Küsimus on õiges projekteerimises – õigesti valitud konstruktiivsetes lahendustes ja keemilistes kaitsemeetodites.

Meenutagem, et puit on üks vanimaid sillaehitusmaterjale. Esimesteks puitsildadeks võib pidada üle kuristiku langetatud puid.

Kuni üle-eelmise sajandini oli puit valitsev sillamaterjal. Pärast Teist maailmasõda on aga puitsildu Euroopas ehitatud vähe. Eesti NSVs täideti 1960. aastatel väga usinalt ka "Puitsildade likvideerimise programmi" – puitsildade osakaal maanteesildade hulgas langes 90%-lt ca 10%-ni. Asemele tulid valdavalt raudbetoonsillad, mida nüüd demonteeritakse, remonditakse või laiendatakse, kuigi enamik neist pole vanemad kui 30...40 aastat. Selline eluiga on puitsildade puhul täiesti normaalne. Korralikult kaitstuna ja hooldatuna kestab puit aga kauemgi.

Puitsildadel on tänapäeva kiirelt muutuvas maailmas veel üks eelis – neid on tunduvalt lihtsam lammutada või teisaldada uude asukohta.

Kõige paremini sobib puit jalgtee- ning väiksema liiklusega maanteesildadeks, kuid samas on puitsildu ehitatud ka tiheda liiklusega suurtele maanteedele.

Juhised puitsildade projekteerimiseks annab Eesti standard EVS 1995-2:2003 "Puitsillad" ning koormused sildadele standard EVS-EN 1991-2:2004.

Väiksemate sildade puhul tasub alati uurida tegelikku vajadust suurte koormuste kandmiseks. Juhul kui sillalt ei hakata

Tagavere sild. Väike, aga tähtis. Esimene pärast 40-aastast vaheaega, 1998. aastal riigimaanteele ehitatud puitsild.

Merirahu sild. Rõduga kaasaegne puidust jalgteesild Rocca al Mares. Silla kaari katab viis kihti alküüdvärvi, muud osad immutatud CCA-ga ja värvitud – hea näide konstruktiivsest kaitsest: vesi juhitakse pikikalde ja ääreprusside abil silla otstes olevatesse rennidesse ja sealt kanalisatsiooni. Äärmiste pikitalade ääres on veekindlast vineerist kaitsesirm. Teras on roostevaba.

lund koristama raskete teenindusveokitega, võib tellijaga kokkuleppel selle kaalu arvestamisest loobuda. Loomulikult peab siis raskete masinate pääs sillale olema reaalselt takistatud.

Samuti ei ole otstarbekas projekteerida kõrvaltee väikest silda suurte riigimaanteesildade koormustele. Praegused sillakoormuste normid ei määratle eri teede klassidele koormusi väga täpselt. Puidust jalgteesildadel ei nõuta ka liikluskoormusest põhjustatud väsimuse kontrolli.

Puitsilla vastupidavus

Puidu arvutuslik tugevus sõltub kliimast ning koormuse iseloomust.

Sillad töötavad kõige raskemates tingimustes, olles sademete, tuulte jms meelevallas. Meie kliimas kuuluvad sillakonstruktsioonid tavaliselt 3. kasutusklassi ja nende arvutustugevus on oluliselt väiksem kui näiteks katusetaladel.

Põhilised puidu kahjustajad meie kliimas on seened. Oma osa puidu lagunemisse annavad ka ultraviolettkiirgus ja kuumus. Niiskumise-kuivamise tõttu puit praguneb – ja mida suurem on nende tsüklite arv, seda kiiremini puit kahjustub.

Puidu vastupidavuse võti – konstruktiivne kaitse

Väga tähtis on vältida vee kogunemist põhitarinditesse, st hoida neid kuivana.

Silla peatalad kaitstakse otseste sademete eest neist üle ulatuvate sillaplaatidega, mis paigaldatakse kaldega nii, et juhiksid vett ära. Ühendussõlmed detailide ja sillaplaadi vahel isoleeritakse korralikult jne. Takistada tuleb ka otsest vee imbumist betoonvundamendist puitu.

Sõlmed tuleb konstruktiivse kaitse eesmärgil läbi mõelda kõrgendatud tähelepanuga. Samas pole alati otstarbekas kõiki konstruktsioone ja detaile ühepalju kaitsta. Praktikas lähtutakse põhimõttest, et põhikandekonstruktsioonid kestaksid ettenähtud eluea – 50 või 100 aastat – ning teisejärgulisi konstruktsioone, nagu laudis, käsipuu jms, saaks vahetada ca 20...30 aasta pärast.

Autor: Kalvi Krass

Tehvandi rolleriraja sild. Silla kandevõime ei tekita ilmselt kahtlust. Kaarsild, millele toetuvad pikitalad ja dekilaudis. Katteks on asfalt.

Autor: Åge Holmestad

→ Flisa silla monteerimine. See asub Norras Hedmarki maakonnas, kus uute suurte sildade projekteerimisel arvestatakse esimese variandina alati puiduga.

Aalborgi puitsild. Puitelemendid on väljastpoolt kaitstud veekindla vineeriga ja tänu sellele kogu aeg kuivades tingimustes. Ehitusaasta 1968, seni kahjustusi pole.

Kreosoot on küll tõhus kaitsevahend, kuid võib esimeste suvede kuumusega välja tilkuda

Kreosoodiga immutatud ruumistest sõrestikest sild Osis on hea näide arhitekti ja inseneri mõtete ühendamisest.

Keemilised kaitsevahendid

Efektiivne viis puidu eluiga pikendada on keemiline töötlus – puitu sisestatakse surve all toksilisi kaitsvaid kemikaale.

Norras nõutakse, et sildade eluiga peab olema vähemalt 100 aastat. Puitsildade puhul tagatakse see kreosootimmutusega (kreosoot – söe ja tõrva baasil valmistatud puidu impregneerimisvahend). Kreosoot on hea vastupanuvõimega peaaegu igas keskkonnas ning tõstab ka puidu taluvust niiskuse muutuste suhtes. Kreosoot võib aga puidu välimust rikkuda: paaril esimesel aastal kipub ta päikese käes välja tilkuma ja moodustab hiljem kobrutava pinna. Kreosoodi tõhusust kinnitab ka fakt, et sellega immutatud sillakonstruktsioonid kuuluvad 2. kasutusklassi.

Kaitsevahend, mida Eestis palju kasutatakse, on CCA. See veepõhine lahus sisaldab kroomi, vaske ja arseeni. Need kemikaalid jätavad puidu pinna suhteliselt puhtaks, andes sellele vaid kerge roheka tooni. Vastupidiselt õli baasil valmistatud kaitsevahenditele veebaasilised nahakahjustusi (tavaliselt) ei põhjusta. Pärast kuivamist võib CCA-ga töödeldud puidu pinda värvida ja peitsida.

Muuhulgas on avastatud, et CCA on galvaniseeritud metallosa korrodeeriv. Korrosioonioht varieerub sõltuvalt puiduliigist ning immutustingimustest. Sellist korrosiooni ei ole täheldatud sildadel, kus on kasutatud kuumtsingitud detaile.

Tähtis on, et liimpuidu lamellid oleksid enne liimimist immutatud. Immutades suuri liimpuitelemente, võib neis niiskumis- ja kuivamisprotsessis tekkida dimensioonilisi muutusi, pragusid ja lõhesid, samuti võivad nad kõmmelduda.

Immutatud puidu puhul sobib toormaterjaliks hästi mänd.

On ka muid kaitsevahendeid. Näiteks loodussõbralik linaõli. Sageli kasutatakse suurte ja keerukate konstruktsioonide puhul tõhusat mitmekihilist värvimist.

Ent Eestis tuleks kaaluda ka lehise laialdasemat kasutamist konstruktsioonides, sest ta ei vaja mitte mingisugust keemilist kaitset.

Kokkuvõtteks.

Uue silla kavandamisel tasub puiduga arvestada sama tõsiselt kui muude sillamaterjalidega. Kaasaegne puitsild ei ole ajutine nähtus meid ümbritsevas keskkonnas.

Puitkonstruktsioonide liited

ALAR JUST

Liidete koostamine on puittarindite juures üks tõsiseim probleem. Sageli osutuvad just kohmakad liited sedavõrd ületamatuks takistuseks, et puidu kasutamisest konstruktsioonis üldse loobutakse.

Kunagised SNiP-normide nn rusikareeglid ja üsna üldine arvutus aitasid sellisele kohmakusele kaasa. Praegu Eesti standardina kasutatav Eurokoodeks 5 on liidete arvutustes palju mahukam ja täpsem ning võimaldab luua kompaktsed ja kokkuvõttes ka odavamad liited. Peagi ilmuva Eurokoodeks 5 osa 1.1 uut versiooni on liidete osas veelgi edasi arendatud.

Puitkonstruktsioonide kandevõime ja deformatiivsus olenevad suuresti elementide ühendustest. Liited võivad töötamise iseloomu järgi olla kas jäigad või järeleandvad. Jäiga ühenduse puhul võib ühe detaili habras purunemine otsustada kogu liite saatuse. Paljude paralleelselt töötavate sidemetega deformeeruv liide (nt naelliide) on palju töökindlam: taolise liite deformeerudes hakkavad kinnitid enam-vähem võrdselt tööle.

Puitkonstruktsioonide elementide ühendused jaotatakse jõudude ülekandmise järgi järgmiselt:

1 puit-puiduga ühendused, kus jõud kantakse üle vahetult (nt tapid);
2 mehaanilised ühendused (nt tüüblid, naaglid, ogaplaadid);
3 liimühendused.

Levinumad puiduühendused

Tappliide on traditsiooniline puitelementide ühendamise viis. Surve kantakse ühelt elemendilt teisele vahetult, ilma lisasidemeteta. Tapiga saab elemente ühendada nii piki- kui ristikiudu, samuti nurga all. Tappliidet tehes tuleb jälgida, et sisselõikega elementi ei satuks ohtlikku pragu. Kuna tappliide on väga töömahukas ja nõuab suurt käsitöötäpsust, siis tänapäeval seda enam kuigi palju ei kasutata.

Tüübelühendused kuuluvad suhteliselt jäikade ühenduste hulka, mis nõuavad väga täpset tööd. Liidetavate elementide vahele paigutatakse teatud vahemaa tagant tüüblid, mis valmistatakse tavaliselt konstruktsiooniga samast materjalist, harvem kõvast lehtpuidust. Kui liide kaotab kandevõime, võib tagajärjeks olla tüüblite järkjärguline habras purunemine nihkele.

Näide traditsioonilistest puidu liidetest: all tappliide, ülal tüübelliide.

Naagelliide sissefreesitud terasplaatidega. Kinnititeks koonilise otsaga naaglid, mis puidu pinnast välja ei ulatu.

Abitalad on kinnitatud toekingade abil peatalade vahele. Nii saab võita vahelae kõrguses. Posti ja peatala ühendus on poltliitega.

Hammasliide.

Liidet koos hoidvad poldid tuleb asetada võimalikult tüüblite lähedale, kuna puidu töötamine nihkele sõltub suurel määral poltide tekitatud survest.

Naagelühendused. Naagliks nimetatakse silindrilist varrast või plaati, mis läbib ühendatavate elementide kokkupuutepinna ning takistab nende omavahelist nihkumist, töötades seejuures peaasjalikult paindele ja lõikele.

Silindriliste naaglite hulka kuuluvad ümarterasest valmistatud naaglid ja poldid, naelad, tammenaaglid, kruvid, võtmega keeratavad puidukruvid. Plaatnaaglid valmistatakse kas tammepuidust, immutatud kasepuidust või terasest.

Naagelühendusega tehakse peamiselt laudade ja prusside tõmbejätkud, sõrestike sõlmede ühendused jne. Ühendus koosneb tavaliselt suurest arvust naaglitest.

Tänu piirolukorras esinevatele suhteliselt suurtele deformatsioonidele, loetakse jõudude jaotus naaglite vahel ühtlaseks. Liite suure pinna ja ühendatavate elementide vähese nõrgestuse tõttu mõjutavad puidu looduslikud vead liite kandevõimet vähe.

Naagelühendused võivad olla ühe- või mitmelõikelised. Tähelepanu: Eurokoodeks 5-s on valemid antud ühe lõike kohta.

Kuna puidu omadused on eri suundades erinevad, siis tuleb kindlasti arvestada jõu suunda puidukiu suuna suhtes. Kui jõud mõjub ainult pikikiudu, on tegu ühe tugevusega, kui ainult ristikiudu, siis on teine tugevus oluliselt väiksem. Tavaliselt toimib resultantjõud teatud vahepealse nurga all ja tugevus tuleb iga kord sellest tulenevalt leida.

Naelühendus. Puitkonstruktsioonide liidetes kasutatakse naaglitest kõige enam naelu. Need on kas siledad, kammnaelad või spiraalkeermega. Naelad töötavad ühenduses nagu silindrilised naaglid.

Enamasti lüüakse naelad puitu auku ette puurimata. Seetõttu on puitu lõhestavad pinged suuremad ja naelte piki- ning põikvahekaugused peavad olema suuremad kui naaglitel või poltidel.

Et kõik naelad korralikult töötaksid, tuleb järgida normides etteantud vahekaugusi (neid on uues eurokoodeksis vanaga võrreldes vähendatud). Tavalises konstruktsioonipuidus on nõutud vahed kuni 5 mm läbimõõduga naela puhul pikikiudu 10 d ja ristikiudu 5 d (d – naela läbimõõt).

Poltliide on samuti paljukasutatud naagelühendus. Poltidele puuritakse alati augud ette. Augu läbimõõt ei tohi olla poldivarda läbimõõdust suurem rohkem kui 1 mm võrra.

Puitkonstruktsioonides kasutatavate seibide läbimõõt peab olema vähemalt 3 d ja paksus vähemalt 0,3 d (d – poldi läbimõõt).

Poldid ja kruvid peavad olema pingutatud nii, et elemendid kinnituksid tihedalt ja neid saaks puidu tasakaaluniiskuse saavutamisel konstruktsiooni kandevõime ning jäikuse tagamiseks järele pingutada.

Tavalises konstruktsioonipuidus on poltide nõutud vahekaugused pikikiudu 5 d ja ristikiudu 3 d (d – poldi nimiläbimõõt). Need kehtivad juhul, kui konstruktsioonile ei esitata tulepüsivuse nõuet. Tulepüsivas liites tuleb vahekaugusi vastavalt suurendada. Samuti freesitakse tulepüsivuse ning ka väljanägemise eesmärgil teraslapid puidu sisse või kasutatakse liites puidust kattelappe.

Poltide tugevusklassid antakse kahe numbri kombinatsioonina.

Näide:

Tugevusklass 4.6
voolupiir fy = 4 × 6 × 10 = 240 N/mm^2
tõmbetugevus fu = 4 × 100 = 400 N/mm^2
Kruvisid projekteeritakse poltliite või naelliite reeglite järgi sõltuvalt läbimõõdust ja keermest.
Mõned soovitused poltliite projekteerimiseks

* Kui liide poldi enda tugevusest ei sõltu, siis on ökonoomsem projekteerida madalama tugevusklassiga polte.

* Kui poltliites kasutada puitelementide vahel veel täiendavalt ralvasid, võib poldi ühe lõike kandevõime suureneda ligi kaks korda.

Ogaplaate kasutatakse puitsõrestike ja raamide sõlmede ühenduselementidena, mis võimaldab neid konstruktsioone valmistada ka mehhaniseeritult. Ogaplaat kujutab endast tsingitud terasplaati paksusega 1...2 mm, mille ühele küljele on stantsitud ogad.

Ogaplaadid paigaldatakse ühendusele kahelt poolt spetsiaalse pressi abil, kusjuures ogade read asetatakse paralleelselt selle elemendi kiudude suunaga, kus normaaljõud on suuremad.

Liimühendused. Liimliidet kasutatakse laudade (lamellide) omavaheliseks ühendamiseks nii pikkuses, laiuses kui kõrguses, samuti laudade ühendamiseks vineeriga. Liimliide on täiesti jäik.

Liim peab olema küllaldase kohesiooni, adhesiooni ja elastsusega ning moodustama kõvastumisel mahus minimaalselt kahaneva tugeva liimvuugi. Puit peab olema kuiv.

Laudade ja prusside pikisuunaliseks jätkamiseks kasutatakse hammasliidet. Korralikest lähteainetest ja eeskirjadekohaselt valmistatud liimvuuk, eriti sünteetiliste vaikliimide puhul, on tunduvalt tugevam kui puidu lõiketugevus pikikiudu. Seega annab ennem järele puit kui õigesti tehtud liimvuuk.

Liimpuitelemente arvutatakse kui täisristlõikega puitelemente, võttes arvesse liimpuidu arvutustugevused. Hammastapiga jätkatud prusse võib arvutustes käsitleda kui terveid, jätkamata elemente.

Puitu sisseliimitud polte on viimasel ajal hakatud meilgi rohkem kasutama, näiteks jäikade raamisõlmede konstrueerimisel ning paindejäiga posti jala tegemisel. Polt sisestatakse puitu 20…25 läbimõõdu ulatuses. Liimidest on end kõige paremini näidanud epoksüvaikudebaasilised.

Taolise liite arvutuseeskirjad on praegu olemas Eesti standardis EVS 1995-2:2003 "Puitsillad". Uues redaktsioonis on see peatükk üle viidud üldisesse puidunormi EN 1995-1-1, mis eestikeelsena ilmub eeldatavalt alles suvel-sügisel 2005.

Kuhu edasi?

Eeltoodu puudutas põgusalt vaid traditsioonilisi puiduühendusi. Puitkonstruktsioonide liitmise võimalusi on tunduvalt rohkem ja see valdkond ka areneb kiiresti. Näiteks pingelamellplaatide puhul pingestatakse puit terasvarrastega kuni piisava lamellidevahelise hõõrde saavutamiseni. Euroopa koostööprogrammi COST (European Cooperation in the field of Scientific and Technical Research) raames esitles Bieli ülikooli professor Milena Properzi hiljuti puidu keevitamise patenteeritud tehnoloogiat DuroWell. See võimaldab teha puiduliiteid spetsiaalses keevitusmasinas hõõrde ja surve kasutamise teel. Keevitatud puitu kasutatakse esialgu parketi tootmisel.

Puidu liidete edasine uurimine ja arendamine puidust konstruktsioonide konkurentsivõime tõstmise eesmärgil on väga tähtis. On ju puit põhiehitusmaterjalidest üks suurema kandevõimereserviga.

Sisseliimitud poltidega posti jalg. Ühendus on paindejäik.

„Ameerika mäed" Oslo lähistel on veenev näide turvaliste liidetega puitkonstruktsioonist.

Puit ja betoon

Puitu kasutatakse sageli koos teiste materjalidega. Klaasi, telliseid ja metalli kulub kuigipalju lihtsa palkmaja ehitamiselgi. Kahjuks on puidu osakaal ehituses siiski vähene, ehkki selle suurendamist soositakse ka riiklike programmide kaudu, ja seda mitte ainult Põhjamaades (vt artikkel "Puit Põhjamaade ehituses" lk …), vaid isegi Inglismaal, Prantsusmaal ning mujal.

Ehitajad küll tunnustavad puidu keskkonnasõbralikkust, kuid eelistavad muid harjumuspäraseid materjale. Lootustandvaks märgiks mõtteviisi muutusest on levima hakanud puidu kombineerimine teiste materjalidega, eriti betooniga. Taolise tendentsi tagamaad on ilmselt puht pragmaatilised – püütakse ära kasutada eri materjalide eeliseid. Ent seda kindlam võib olla sellise arengu jätkumises.

Betoonkarkass ja puidust välisseinad

Selline on levinuim kombinatsioon. Betoonist tehakse nii vahelaed kui siseseinad – neist moodustub kandev betoonkarkass, millele kinnitatakse puidust välissein (vt foto 1).

Puidust välisseinte ja betoonist või plokkidest karkassi kombineerimisel toetutakse asjaolule, et puitkarkasssein on kõigist sama soojapidavusega seintest kõige õhem, kuna karkassipostid soojustusmaterjali sees ei kujune külmasildadeks.

Puitkarkassil välisseinad võib ehitada ehitusplatsil või tuua tehasest valmis paneelidena. Variante puitkarkassil välisseina ehitamiseks kirjeldab joonis 1.

1a. Välissein toetub vundamendile ja on karkassi külge vaid kinnitatud (vt ka foto 1). Sellist seina nimetatakse ka isekandvaks välisseinaks. Soojustehniliselt on see parim variant, sest välisseina paksus on kõikjal sama, k.a välisseina ja karkassi kokkupuutekohtades. Katkematu välisseina puhul võib aga tekkida heli ülekanne ühest ruumist teise välisseina kaudu. See sunnib tegema välisseina konstruktsiooni mõnevõrra keerulisemaks: vööprussid tuleb elastse vahetükiga katkestada jmt.

1b. Välisseinapaneelid valmistatakse karkassi avade mõõtmetes. Paneelide alumine serv toetub ruumi põrandale, paneelid ulatuvad ca 10 cm ulatuses

Foto: Tiit Nurklik

Esku tänava majades Pirital on siseseinad Fibo plokist ja vahelaed raudbetoonist, puitkarkassil välissein toetub vundamendile ja on karkassi külge vaid kinnitatud.

Foto: Märt Riistop

Austrias on tavaline, et ka üpris suured valatud betoonkarkassid kaetakse OSB-puitlaastplaadiga ja välisseinad on puitkarkassil täidisseinad.

Foto: Märt Riistop

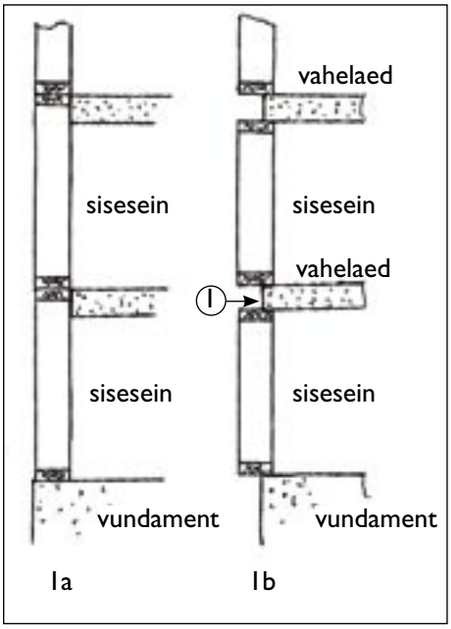
karkassi sisse. Vahelaepaksused "kanalid" (vt. nool 1 joonisel 2b), mis jäävad välisseinapaneelide vahele, täidetakse soojustusmaterjaliga. Samasugused "kanalid" jäävad ka siseseinte kohale. Seal tuleb need täita soojustusmaterjaliga, et takistada heli levikut. Selline lahendus on heliisolatsiooni mõttes parem, sest otsekontakti puudumise tõttu välisseinapaneelide vahel on heli kaudse ülekande oht läbi välisseina väiksem.

Puitkarkassil välisseina puhul on loomulik, et ka fassaadi kattematerjaliks valitakse puit (vt foto 3). Palju kasutatakse ka erinevaid plaatmaterjale (vt fotod 4, 5 ja 6).

Puidust ja betoonist paneelid

Lihtsaim näide betooni ja puidu kooskasutusest on suuremates puitkarkassmajades vahelaele valatav ca 5 cm betoonikiht. Sellega tõstetakse puidust vahelae massi ja parandatakse vahelae helipidavust madalatel helisagedustel. Selline betoonikiht toimib eeskätt siiski lisamassina, sest puidu (vineeri või puitlaastplaadi) ja betooni vaheline side on nõrk (helispektri keskmises ja kõrgemas osas on soojusisolatsiooni ning puittaladega vahelagi betoonist isegi parem, vt artikkel "Ehitagem puidust" lk …).

Suuremates puithoonetes kasutatak-



Joonis 1 Puitkarkassil välisseinte variandid.

Joonis 2. Puidust pingelamellplaat.
Professor Sten Ljunggren, Stockholmit Tehnoloogiaülikool.

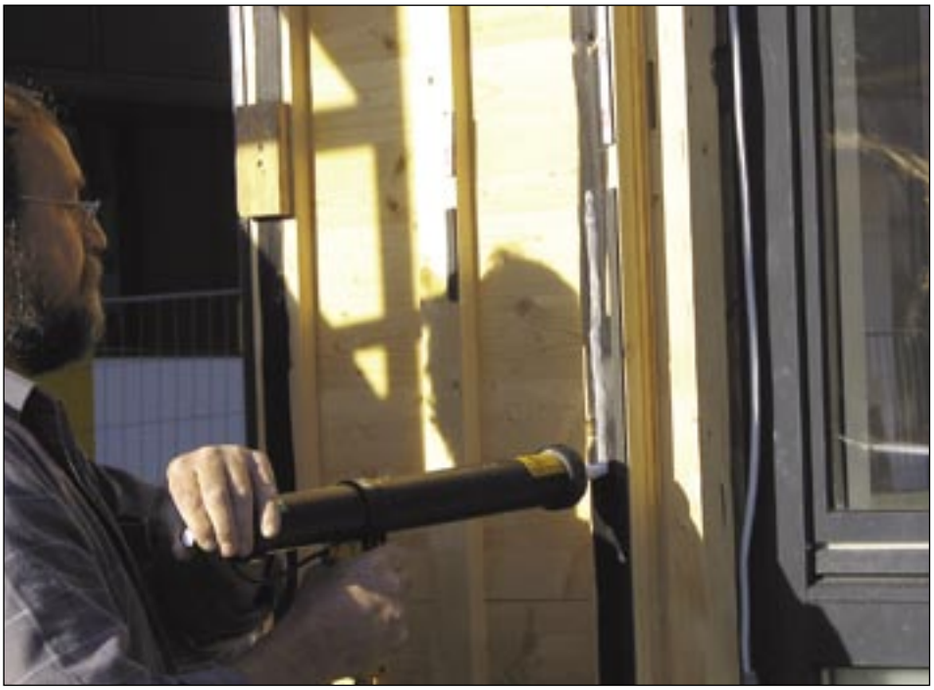


Foto 5. Plaatmaterjali saab fassaadile kinnitada ka silikooniga. Plaat fikseeritakse silikooni kõvenemise ajaks kahepoolse liimteibi ribaga.

← Betoonkarkassi ja puidust välisseinte väliskattes saab kombineerida vineeri voodrilaudadega.

Foto 6. Plaatmaterjali liimimine fassaadile (vt ka foto 4).

Foto 8. Vihantasalmi silla liimpuidust kandurite ühendamisel on kasutatud betooni ja kuumtsingitud terast.

se vahelagedena nn pingelamellplaate (vt joonis 2).

Pingelamellplaat valmistatakse terasvarrastega kokku tõmmatud prussidest. Prussidevaheline hõõre on nii suur, et pingelamellplaat toimib konstruktsioonis ühtse massiivse plaadina. Avade kasvades läheks pingelamellplaadi vajalik ristlõige liialt suureks ja tuleks kasutada raudbetoonpaneele. Viimastel aga on omad puudused:

* kandevõime ja omakaalu suhe on puidust mitu korda halvem;
* raudbetooni tõmbetugevuse tagab põhiliselt temas olev terasarmatuur, terase hind aga tõuseb jätkuvalt.

Puitbetoonpaneelid, mis koosnevad tavaliselt pingelamellplaadist ja sellele valatud kerge terasarmatuuriga betoonikihist, kätkevad mõlema materjali tugevaid külgi. Puit töötab hästi tõmbele ja vähendab oluliselt paneeli massi, betoon aga on hea survetugevusega, annab paneelile stabiilsuse ning parandab helipidavust.

Betooni ja puidu liide peab suutma vastu võtta olulise suurusega nihkepingeid. Seda tagavad meetodid on praegu tõsise uurimise all. Lihtsamal juhul freesitakse pingelamellplaadi pealispinda sälgud. Betoon valgub ka neisse ning pärast betooni kõvenemist on ühenduse vastupidavus nihkele piisav. Nii talitati näiteks Vihantasalmi silla ehitamisel (vt fotod 7 ja 8).

Puidu ja betooni liitmiseks kasutatakse veel mitmesuguseid mehaanilisi kinniteid. Näiteks keeratakse puidu pealispinda puidu suhtes 45-kraadise ja teineteise suhtes 90-kraadise nurga all paarikaupa kruvid jmt. Seda võtet rakendatakse eriti siis, kui puidu mahu vähendamiseks on pingelamellplaadi asemel üksikud liimpuittalad, millele valatakse näiteks eelpingestatud raudbetoonist plaat.

Uusi lahendusi puidu ja betooni kombineerimiseks tuleb üha juurde, jääb vaid loota, et mõni neist jõuab ka suurtootmisse.

Kirjandus:

1. Per-Erik Eriksson. Wood components in steel and concrete buildings – In-fill exterior wall panels. Study compiled for the Nordic Timber Council, December 2003.

→ Vihantasalmi silla kogupikkus on 182 meetrit, pikimad silded 42 meetrit. Sillas on kasutatud puidust pingelamellplaate, millele on valatud betoon. Sõidutee on asfalteeritud.

PUIT EHITUSES • 2004

Puidust müravarjed

HEINO PEDUSAAR

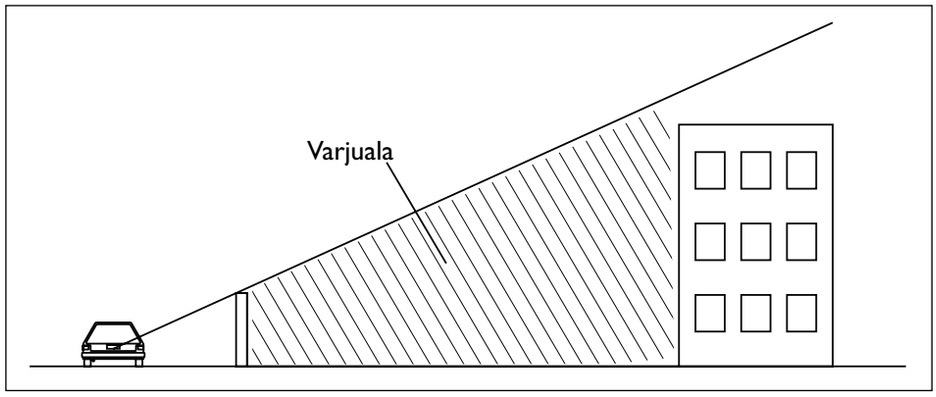
Juba aastaid on nii tervise- kui miljöökaitseorganite kesksete ülesannete hulgas seisnud müravastase võitluse tõhustamine. Kõrgkontsentreeritud asustusega linnad, intensiivne liiklus ja paraku üha lärmakamaks muutuv tootmistegevus nõuavad otsustavat sekkumist akustilisse situatsiooni peaaegu kõikjal. Väga oluliseks osaks selles on ka liiklusmüra valjastamine või vähemalt varjestamine.

Kuivõrd mitmesuguseid müra allikaid – ronge, autosid – ei õnnestu kuigivõrd vaigistada, tuleb abiks võtta varjed, st müra levimist tõkestavad, helienergiat tagasipeegeldavad ja summutavad seinad (fotod 1). Nende püstitamiseks vajatakse vaba pinda võrdlemisi napilt ja ka konstruktsioonilt saab need kujundada üsna nägusana. Materjalide valikul nõutakse üha rõhutatumalt vastavust ökoloogia praegusaegsetele seisukohtadele. Niisiis tuleks kõigi teiste võimaluste kõrval otsustavalt eelistada taastuvat ja odavat looduslikku tooret – puitu.

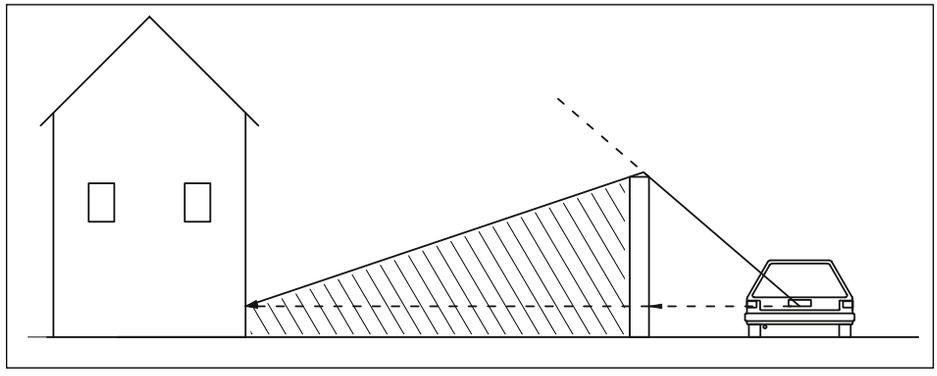
Müravarjed ja akustika

Müravarjed, niisiis piisavalt kõrged kas tavalised või erikonstruktsiooniga seinad, asetatakse akustiliste ekraanidena piki liiklusartereid – maanteid ja raudteid – eeskätt sinna, kus need läbivad tihedamalt asustatud paiku või jäävad üksikute elumajade või puhketsoonide lähikonda. Varje põhiülesanne on tõkestada müra levikut teatavas suunas, harvadel juhtudel ka seda summutada.

Liiklusvahendite müra puhul moodustub varjeseina taha akustiline varjuala (joonis 2). Paraku pole see – erinevalt valguse varjust – täiuslik, sest helilaine A paindub piirde ülaservalt difraktsiooni tõttu allapoole, muutudes sealgi kuuldavaks (joonis



Joonis 1. Helivarju tekkimine müratõkke taga.



Joonis 2. Helilaine paindumine müratõkke taha (difraktsioon

3). Nähtus avaldub eriti ilmekalt madalatel helisagedustel. Kuid paraku just need prevaleerivadki liiklusmüras, mida varjetega talitseda püütakse.

Seetõttu tuleks kasutada võimalikult kõrget müratõkkeseina. Samas oleneb tehnoloogiliselt mitte ülemääraselt keeruka ja massiivse ning kõrge ekraani toime konstruktsioonist, kasutatavatest materjalidest ja ka nende füüsikalistest omadustest suhteliselt vähe.

Heli peegeldavad kõik lamedad jäigad pinnad, massiivne kivisein heidab tagasi 99% sellele langenud helienergiast. Mida õhem ja elastsem on tõke, seda rohkem ta helilaine vahelduva rõhu toimel deformeerub ja hakkab võnkuma, ning konstruktsiooni tagapind osutub omakorda õhku kiirguva heli allikaks.

Sellegipoolest peegeldab ka suhteliselt kerge, kuid tihedast (poorideta) materjalist sein helienergiast tagasi vähemalt 80%. Ometi sellest ei piisa. Seepärast võetakse eeskätt ruumiakustikas kasutusele mitmesugused helineeldurid. Heli sumbub nendes hõõrde toimel – võnkeenergia muutub soojuseks. Tõsi, seda eraldub üsna tagasihoidlikult: pneumovasara vahetus lähikonnas tekkiva üsna valju, 100-detsibellise müra täielikul summutamisel eraldub soojusvõimsust kõigest 0,01 vatti ruutmeetri kohta.

Samas tähendab heliintensiivsuse kahanemine 80% võrra helitaseme langust napilt 7 dB jagu, mis on kuulmise logaritmilise olemuse tõttu täiesti tühine (näiteks muutus alla 3 dB võib jääda koguni märkamatuks). Nii tulebki tõdeda, et müravarjeseina sisse monteeritud tavakasutatavad poorsed helisummutusmaterjalid, eeskätt mitmesugused mineraal- ja klaaskiudmatid, isoleerivad läbivat heli väga tagasihoidlikult.

Siinkohal tuleks vahemärkusena lisada, et need on igati omal kohal seal, kus on vaja kohendada ruumide akustilisi omadusi, nende järelkõla kestust talitseda. Nimelt langeb summutavalt pinnalt tagasipeegelduv heli (olgu seda näiteks 20%) ruumi vastasseinas samalaadselt summutavale pinnale ja lakkab pärast paari-kolme niisugust edasi-tagasi-tsüklit olemast. Vabas õhus asuvate müravarjete puhul on olukord hoopis teine: korduvaid peegeldumisi pole, mistõttu peegeldunud komponendi sumbumise määrab üksnes esimene ja ainus peegeldumine. Nii nõrgenebki varjelt tagasipõrkuv heli üsna napilt, näiteks 7 dB, ning meluallikas, olgu rong või auto, jääb ikkagi prevaleerima. Nii poleksi nagu mõtet varustada müravarjeseinu küllaltki kallite summutavate manustega, sest kasu neist on enamjaolt pigem näiline.

Tõsi, tänu neeldematerjalile seina läbiva heli intensiivsus mõnevõrra kahaneb. Kuid siin põrkub konstruktorite taotlus füüsikaga. Tavaliselt kasutatavad poorsed (kiudstruktuuriga) helisummutusmaterjalid toimivad eelistatult kõrgematel sagedustel, madalamad helid – liiklusmüra! – pääsevad sellest juhul, kui sein pole väga massiivne, päris hõlpsasti läbi. Tõelise tegususe tagamiseks peaks isoleerkihi paksus olema võrreldav helilaine pikkusega, aga madalamatel toonidel on see üsna mitu meetrit! Seepärast ei hakkagi konstruktiivselt vähegi vastuvõetav, võrdlemisi õhukese kihina paigaldatav summutusmaterjal seina või varjet läbivat heli kuigivõrd isoleerima.

Võrdluseks: hoonetes peaks korteritevahelise seina helisumbumus olema üle 40 dB(A). See aga tähendab heli intensiivsuse 10 000-kordset kahanemist, mis on võrreldav valju hüüde ja võrdlemisi vaikse sosina erinevusega. Liiklusmüra varjestamisel tuleb muidugi piirduda märksa nigelamate, kuid praktiliselt saavutatavate näitajatega.

Puidust müratõkked

Puidust saab valmistada nägusaid, nii linnakeskkonda sulanduvaid (üksluisete kivi- ja betoonstruktuuride ning suurte asfaltpindade veeres tekib "rahustav" kontrast) kui maale sobivaid (loomuliku seotisena maastiku ja rajatiste vahel) müra tagasipeegeldavaid tõkkekonstruktsioone ning kujundada need suurepinnalised ja sageli üsna kõrged seinad meeldivana nii müraallika poolelt kui ka müra eest kaitstavalt küljelt, kus see jääb vaateväljas paratamatult domineerima. Sageli kombineeritakse puitu klaasi, betooni ja alumiiniumiga, loomaks omanäolist disaini, teinekord lisatakse ka ronitaimkate.

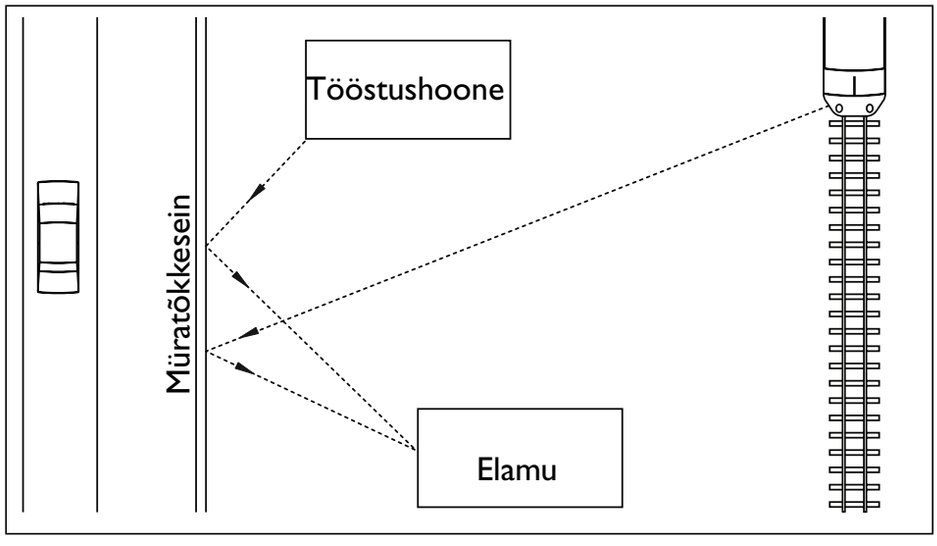
Alatasa viidatakse puidust müratõkete napile vastupidavusele välistingimustes, kuid mitmete katsetega on tõestatud selle väite paikapidamatust juhul, kui materjalina kasutada immutatud puitu.

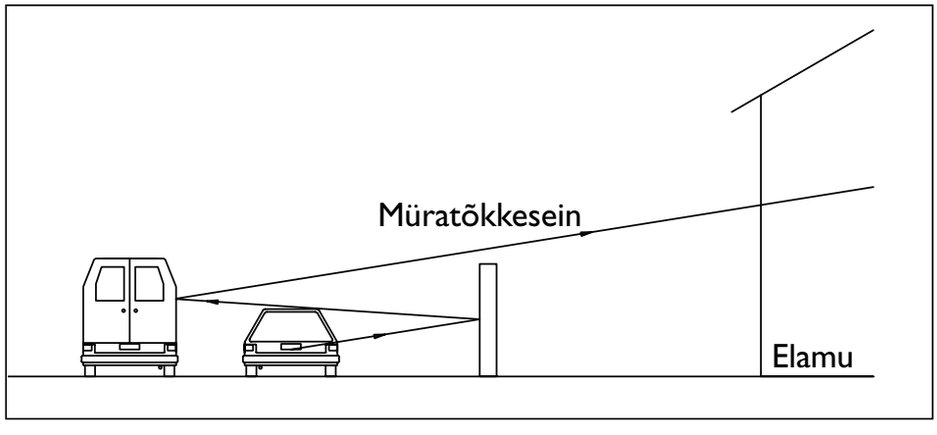
Pinnalt peegelduva heli seisukohalt jagunevad müratõkkeseinad järgmiselt:

- reflekteeriv pind;
- absorbeeriv (ühtlasi reflekteeriv) pind;
- kõrgabsorbeeriv (vähereflekteeriv) pind.

Puidust müratõkete puhul tuleb arvestada eeskätt:

- ehitustehnilisi ja akustilisi reegleid;
- konstruktiivseid lähteandmeid ja esteetilisi nõudeid;
- materjali püsivuse tagamise meetmeid.





Sobimatu paigutusviis: tekivad korduvad peegeldused.

Materjalid ja disain

Puidust müratõke võib olla kas lihtne "üleni" puitsein või puidust karkass, millesse on asetatud spetsiaalsed mineraal- või klaaskiust helisummutusplaadid, näiteks lahtiste pooridega mineraal- ja klaaskiudvilt. Samas väidetakse, et nende toime ei ole korrelatsioonis tehtud kulutustega.

Tavaliste liiklusmüravarjete valmistamiseks võib soovitada immutatud männipuitu. Vajadusel, näiteks seintel, mis jäävad inimeste puuteulatusse, või kõnni- ja jalgrattateede veeres lisatakse niisugusele varjele kaitsekate (joonis 4). Selleks sobivad ka tehismaterjalist geotekstiilid ja metallvõrgud, kuid enamasti kinnitatakse müravarjele kitsad latid, mis ühtlasi annavad talle nägusa liigenduva disaini.

Summutusplaadid peavad olema vetttõrjuvad ja valguspüsivad, taluma sooldumist, mitte kõdunema ning vastama DIN 4102 kohaselt ehitusmaterjaliklassile B1. Plaadid tuleb paigaldada nii, et need ajapikku või vananemise tõttu ei nihkuks ega vajuks. Mineraal- ja klaaskiudplaadid, mille toortihedus on 90...100 kg/m3, tagavad selle nõude probleemitult.

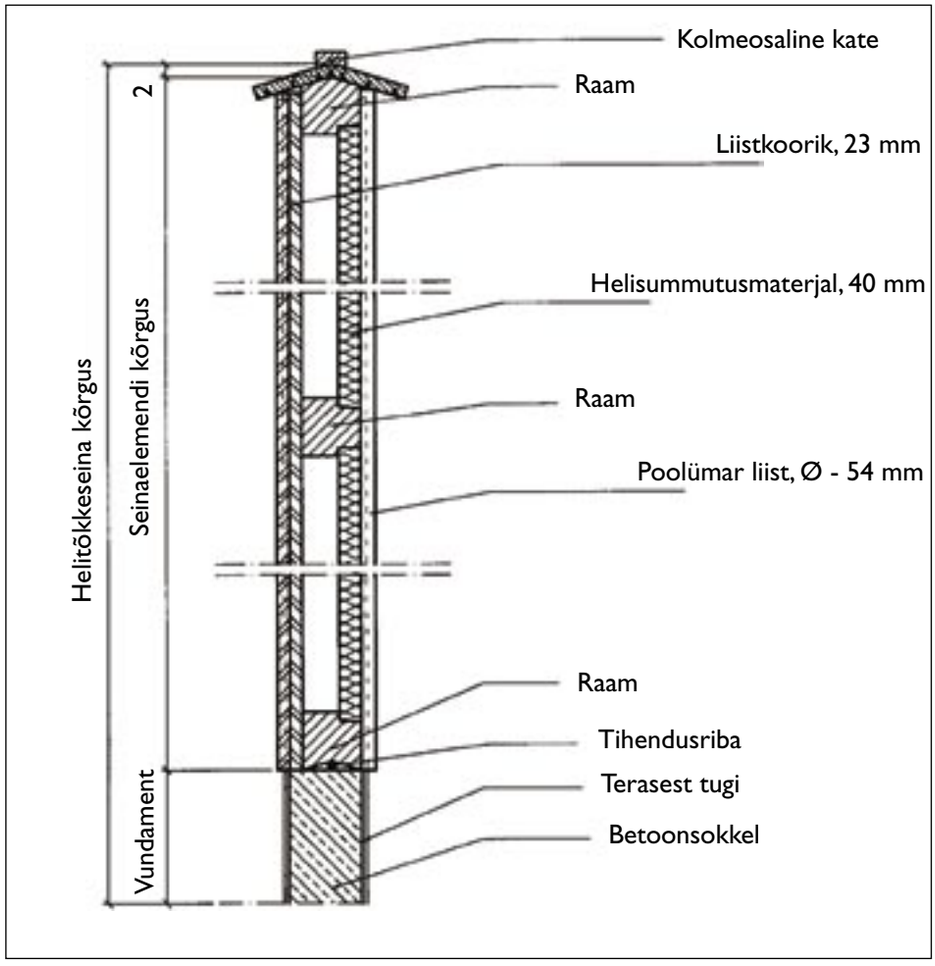
Müratõkked liiklusmagistraalide veeres

Neid võib püstitada nii tee ehitamisel selle "ametliku" koostisosana kui ka vajaduse tekkimisel erakrundile. Ekraanid kinnitatakse maasse puuritud/rammitud või betoonvundamentidele asetatud vaiadele.

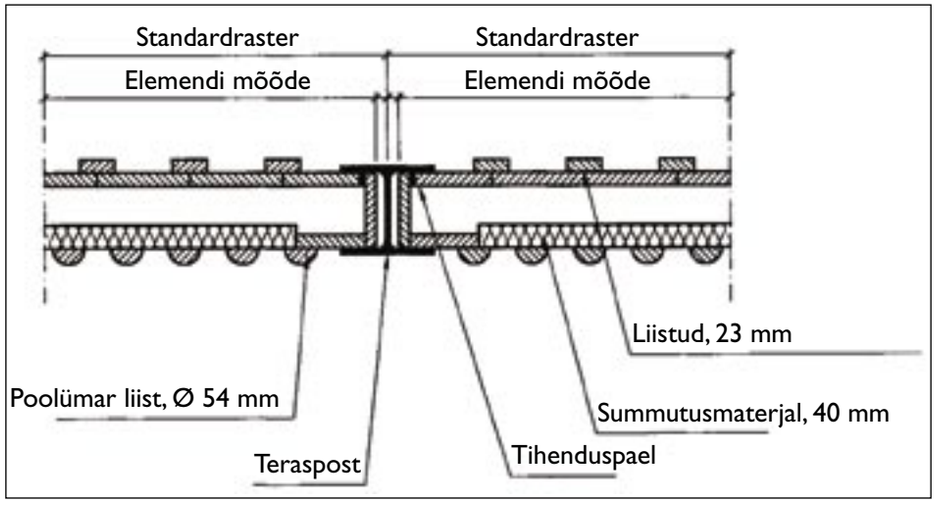
Põlevast materjalist müratõkkeseinas peavad olema tule levikut takistavad postid või mõnemeetrilised mittepõlevast materjalist, näiteks betoonplaatidest lõigud.

Muidugi tuleb arvestada tuulekoormust. See jaguneb kogu seina pinnale, vaheldumisi mõlemal küljel. Tekkiv jõud oleneb eeskätt seina kõrgusest ja maastiku profiilist, kuid ka lähedal asuvatest suurematest ehitistest, mis võivad õhuvoogu suunata. Järelikult vajab kõrgem tõke täiendavat toestamist (foto 6).

Müratõkkeseinte praktilise toime saab välja arvutada. DIN EN 1793-2 (Saksamaal) või normi ZTV-Lsw 88 järgi peavad nad kahandama ehitisse pääsevat müra vastavalt kas vähemalt 24 dB(A) või 25 dB(A). Kui seina mass kõige õhemas kohas jääb alla 40 kg/m2, tuleb selle vastavust nendele nõuetele eraldi katsetada. Selgituseks: inimkõrv tajub keskmise kõrgusega toone subjektiivselt valjemana kui madalaid ja üsna kõrgeid. Seda A-mõõtmisel arvestataksegi. Näiteks tuvastatud



Heli neelav müratõke lõikes.



Helienergiat neelav sein rõhtlõikes.

helitaseme vähenemist 10 detsibelli võrra tajutakse enam-vähem kui subjektiivselt tajutava helitugevuse kahanemist pooleni esialgsest.

Kõrvuti helilaine difraktsiooniga seina ülaserval (joonisel 3: A) võib osa helienergiast ka seda läbida (B). See osis tuleb hoida võimalikult napp; näiteks määrab Saksamaa norm ZTV-Lsw 88, et müratõket läbiv heli peab kahanema vähemalt 25 dB(A).

Müra absorbeerimine

Teatud juhtudel oodatakse kasu helienergiat absorbeeriva esiküljega müratõketest. Suur osa seina tabanud sõidukite mürast sumbub selles ja peegeldub tagasi üsna tühiselt. Kui teisele poolele teed jääb suuremaid ehitisi või muid objekte, siis teine peegeldumine nendelt on juba nõrgem (joonis 7).

Puidust müratõkete tegusust saab mõnevõrra suurendada poorse absorberi, näiteks 50 mm paksuse mineraalkiudplaadiga (joonis 8), mille toortihedus on ca 100 kg/m3. Varje absorbeerival küljel võib kiudplaati mehaaniliselt kaitsta dekoratiivsete puidust trapetsliistudega, kitsaste laudade või poolkumerate varbadega (foto 4), paigaldades need küllaldase vahemaaga, et heli saaks vabalt absorberisse siseneda.

Poorne helisummutusmaterjal (mineraal- või klaaskiudmatid) paigaldatakse enamjaolt tõkkeseina tagaküljele; kui sein ise on tihedast materjalist, piisab tavaliselt kogusest 15 kg/m2. Helienergiat neelav poorne materjal summutab müra kõrgemasageduslikke komponente paremini kui madalaid. Samas, piisava kõrgusega seina puhul pole 25-detsibellist miinimumnõuet raske saavutada ka lihtsate puidust seinaelementidega.

Poorse absorberiga müratõkke toimekus oleneb selle akustilistest omadustest, paigaldamise viisist (õhuvahemiku olemasolu kiudmati ja konstruktsiooni tagaseina vahel) ning helilainele avatud pinna suurusest. Fotol 9 on erakordselt lahtine, ent samas nägus helienergiat neelav konstruktsioon. Enamasti ongi tulus jätta absorbtsioonimatt tagaseinast veidi eemale – see suurendab helisumbumust (joonis 10).

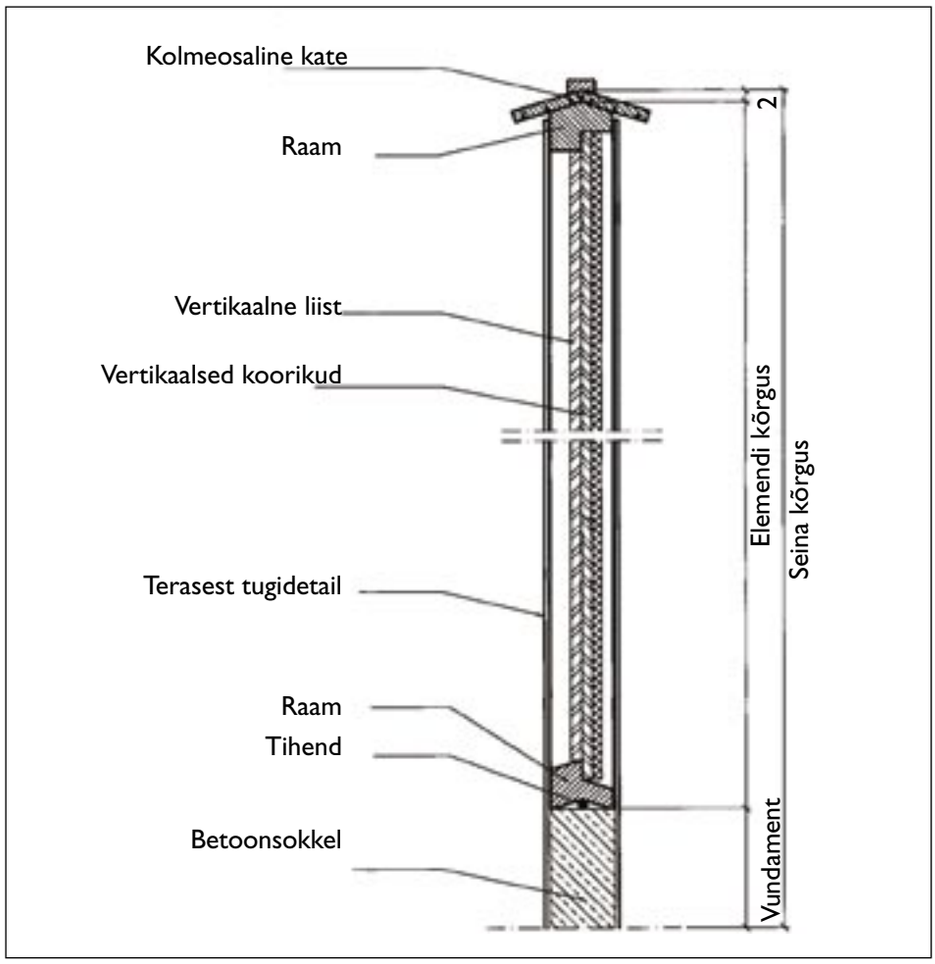
Müra reflekteerimine

Peegeldavaid, helineeldurita müratõkkeid (joonis 11) tohib asetada piki tänavaid või raudteid ainult sinna, kus nende vastas ei ole mürakaitse seisukohalt olulisi objekte, näiteks elamuid, lasteaedu või vaba aja veetmise paiku. Nimelt "põrkub" müra selliselt pinnalt tekitaja suunda tagasi.

Vundament

Müratõkkerajatise vundamendi valik oleneb aluspinnast, materjalist ja kohalikest oludest. Lamepõhjaline toestus on erandlik: kui vundamendi tegemine sügavamale ei tule torustike jm kommunikatsioonide tõttu kõne alla. Tavaliselt kinnitatakse müratõkkeseinad sissepuuritavatele terasbetoon- või rammitavatele metallvaiadele. Eriti soodne on kasutada torumaterjali.

Kui kandevaiad on puidust, on soovitatav need asetada õõnsatesse betoonist soklitesse (joonis 12). Vundamendi ülapind peab olema mõlemale poole vähe-



Peegeldava pinnaga müratõke püstlõikes.

malt 1:20 kaldu. Metallpostid tuleb katta korrosioonivastase kihiga (näiteks etüülsilikaat + tsingipulber paksuses ca 80 µm). Sildadel ja tugirajatistel kinnitatakse vaiad aluse külge näiteks ankurkruvidega. Tänavate veeres valitakse postide vahekauguseks tavaliselt 5 m, sildadel jt juhtudel soovitatavalt 2 m.

Müratõkke seinaelemendid valmistatakse reeglina tehases. Vajadusel võib neid monteerida ka ülestikku. Standardkonstruktsioon tagab hõlpsa paigaldatavuse ja asendatavuse. Hea heliisolatsiooni saavutamiseks tuleb hoolitseda vuukide tiheduse eest.

Puidu kaitsmine

Müratõkked on ilmastiku meelevallas. Seepärast tuleb need valmistada suhteliselt kvaliteetsest ja optimaalselt töödeldud puidust. Ehitustehnilised kaitseabinõud on puitu hävitavate putukate eemalhoidmine ja püsiva niiskumise vältimine. Keemilised vahenditega kaitstakse puitu seen- ja hallituskahjustuste ning kõdunemise eest.

Puitkonstruktsioonide säilivuse olulisim parameeter on materjalis leiduv loomulik niiskus. See antakse veesisaldusena protsentides kuivmassist. Seenetamine tekib siis, kui puidu niiskus ületab 20% ja see võib ilmuda alles mitme kuu pärast. Lisaks peavad sobima välistingimused, nagu temperatuur, hapniku juurdepääs ja toitainete sisaldus puidumassis.

Puidu niiskusesisaldus võib olla olenevalt ümbrustingimustest erinev. Aja jooksul kujuneb välja teatav keskmine niiskusprotsent ehk niiskustasakaal, mis enamasti on 15...20 protsendi ringis. Kui kuivamine on takistatud, näiteks mittepiisava aurumisvõimaluse tõttu (ehitusvead), võib niiskusprotsent tõusta kõrgemaks.

Primaarne puidukaitse põhimõte nõuab niiskuse hoidmist madalamal tasemel kui kahjurorganismide elutegevuseks vajalik (DIN 68 800-2). Selleks võib müratõkkeseinale kinnitada katte, põiki süüd lõigatud pinnad peitsida, horisontaalsed laud asetada teineteisele lapiti kaldu, vältida pinnapragusid ja liitekohti, kuhu võiks vesi koguneda jne. Sobivate soklielementide abil tuleb hoolitseda selle eest, et puitdetailid jääksid maapinnast vähemalt 30 cm kõrgusele. Vähemkvaliteetseid puiduliike kasutades peab abiks võtma ennetava keemilise kaitsetöötluse (DIN 68 800-3).

Müratõkkeseinad tehakse enamasti okaspuidust – männist, kuusest, sest need on pidevalt muutuva niiskuse suhtes küllalt vastupidavad, eriti kui neid on keemiliselt töödeldud. Ennetava keemilise töötlemisega saab kaitsta ka madala kvaliteediga puitu. Sellekohased meetmed (DIN 68 800-3) on juba aastakümneid kasutusel elektriliinide puitmastide puhul, mis on vahetus kontaktis pinnasega. Samad preparaadid on andnud häid tulemusi ka müratõkete juures.

Soovitatav on puitmaterjali immutada rõhu all. Saksamaal tohib müratõkete staatiliselt koormatud detailide töötlemiseks kasutada ainult ehitusjärelevalve lubatud kaitsepreparaate. Nende, nagu ka mittekandvate konstruktsioonide puhul annab DIN 68 800-3 konkreetsed viited. Lisaks kontrollitud toimekusele peavad keemilised vahendid olema ökotoksikoloogiliselt sobivad ja inimesele ohutud. Need on kantud puidukaitsevahendite loetelusse DIBt 1999, mis ilmub (Saksamaal) täiendatuna igal aastal.

Kujundusvõimalused

Nõudlikuma disainiga müratõkkeseintesse integreeritakse mõnikord ka läbipaistvaid materjale (joonis 5), olgu klaasi või transparentseid plaste, et anda suurele seinapinnale nägusaid aktsente. Kenad on ka erivärvilised geomeetrilised mustrid, taime või muud motiivid.

Nüüdisaja puidust müratõkked on nägusad ja materjali omapära esile toova disainiga. Rajatis peab olema funktsionaalne, kuid sobituma kontinuiteedilt või liigenduselt ümbrusse. Et seda saavutada, kasutatakse värviaktsente, korduvat mustrit, kombineeritakse erinevaid materjale või, vastupidiselt, piirdutakse tagasihoidlike loomulike värvidega, säilitades puidu suuremustrilised struktuurid või jooned.

Liiklussoone veerde jääv müratõke ei tohiks sõiduturvalisuse huvides autojuhi pilku köita. Maanteeäärsed müravarjed võiks kohati katta elavate ronitaimedega, et kahandada pikal teekonnal tekkivat väsitavat monotoonsust (mõlemal pool maanteed kümnete kilomeetrite kaupa kõrguvad "helikilbid" loovad klaustrofoobiataolise muust maailmast eraldatuse tunde).

Väljaande Informationsdienst Holz. Holzbau Handbuch. Reihe 1 Teil 6 Folge 1 järgi Arvo Kiiver

Veel puudest

Baobab – kaktus või puu?

Baobab ehk ahvileivapuu kasvab Madagaskaril (seitse liiki), Aafrikas ja Austraalias (kummalgi mandril üks liik). Ladinakeelse nime Adansonia digitata sai ta prantsuse loodusteadlase Michel Adansoni järgi, kes nägi seda puud esmakordselt Senegalis 1749. aastal. Pärast seda, kui ahvileivapuust Prantsuse entsüklopeedias kirjutati, said selle kokkupanijad lugejailt ja botaanikuilt hulga kaebekirju, kus arvati, et Adanson on niisuguse puu ise välja mõelnud. Seepeale otsustati teisest trükist sõna "baobab" välja jätta.

Baobab pole ühegi teise puu moodi ja mõned teadlased liigitavad ta koguni kaktuseliste hulka. Kuigi ahvileivapuu kasvab enamasti kuivades savannides, võib tema tüve läbimõõt ulatuda kuni 30 meetrini. Zimbabwes on üks igivana baobab, mille õõnde mahub korraga 40 inimest. Aafriklased on nende tüvedesse ehitanud nii poe, bussipeatuse, viljaaida kui koguni vangla.

Baobabi koor on sile ja läikiv. Tüvi on enamasti roosakashall või koguni vasekarva. Baobabil on suured valged õied, mis avanevad ainult öösel. Kurgikujuline vili või "leib" on umbes 30 cm pikk, selle jahu meenutav sisu sisaldab palju vitamiine. Kohalikud valmistavad "jahu" vees leotades karastusjooki, kuid "leiba" saab ka röstida ja kohvi asemel kasutada.

Bušmanite uskumuse kohaselt ei tohi ahvileivapuult toorest vilja võtta – lõvi sööb selle keelu rikkuja ära. Seevastu need, kes joovad baobabikohvi, on kaitstud krokodillide eest.

Lisaks viljadele kasutatakse baobabi koort, mille kiududest valmistatakse köisi, matte, paberit ja kangaid. Ahvileivapuu keedetud lehed on samuti söödavad ja tema õietolmust saab valmistada liimi.

Baobab on äärmuslike kasvutingimustega nii hästi kohastunud, et teda on peaaegu võimatu hävitada. Isegi tules kannatada saanud või loomade poolt vigastatud puud jäävad ellu. Ainus olevus, kes suudab ahvileivapuuga hakkama saada, on näljane elevant.

Ahvileivapuu on ka üks pikemaealisemaid puid sekvoia ja jaapani seedri kõrval. Seni leitud vanim liigi esindaja on 3000 aastat vana. Baobabid kipuvad seestpoolt mädanema ja võivad ühel päeval iseenesest kokku langeda. Bušmanite arvates ahvileivapuu ei kõdune, vaid jumal tõmbab ta oksipidi taevasse tagasi.

Euroopas on baobabid levinud bonsaipuudena, kusjuures neid kasvatatakse seemnest.

Eebenipuu – klaveriklahvide materjal

Eebenipuuks nimetatakse mitteametlikult tegelikult mitut erinevat troopikas kasvavat puuliiki ja ta võib olla must, valge, hall, roheline, pruun, punane või triibuline. Kõigist neist valmistatakse iluasjakesi.

Suurem osa eebenipuid on tänapäeval looduskaitse alla võetud. Kõige haruldasemaks neist peetakse Indoneesias Sulawesi saarel kasvavat Macassari eebenipuud, mida paarsada aastat tagasi kasutati luksusmööbli valmistamiseks. Macassari puit pole täiesti must, vaid pigem triibuline. 17. sajandil hakati Lääne-Euroopas tegema perekonnaportreedele eebenipuust raame, kuna ta on äärmiselt vastupidav, ja see on ka üks põhjusi, miks ehtsat eebenipuud tänapäeval nii vähe leidub.

Kõige levinum on praegusel ajal Tseilonil kasvav eebenidiospüür (Diospyros ebenum), millest tehakse klaveriklahve, küünlajalgu, golfikeppe ja viiulidetaile. Enamasti müüakse eebenipuu pähe hoopis aafrika musta diospüüri (Dalbergia melanoxylon), mille pind ei ole tuhm, nagu peab, vaid veidi läbipaistev.

Kõige, kõige, kõige...

Taimeriigis lüüakse rekordeid hoopis kiiremini, kui arvata võiks. Konkurents on nii kõva, et isegi Guinnessi raamatu koostajail on raske kõige vanemat või jämedamat puud välja valida. Kõik alljärgnevad rekordid käesoleva väljaande trükkimineku ajal veel kehtisid.

Maailma kõige pikem puu

Kõige pikem elus puu on sekvoia nimega Stratosphere Giant, mis kasvab Humboldti rahvuspargis Californias. 2002. aasta mõõtmistulemuste kohaselt oli ta 112,6 meetri pikkune. Kõigi aegade kõige pikem puu kasvas ilmselt Austraalias – 1885. aastal leiti seal üles 143 meetri kõrgune eukalüpt.

...pikem puitsild...

asub Jaapanis Shizuoka prefektuuris. 1879. aastast pärinev Horai sild Oi jõel on 897,422 meetrit pikk.

...kiirema kasvuga puu...

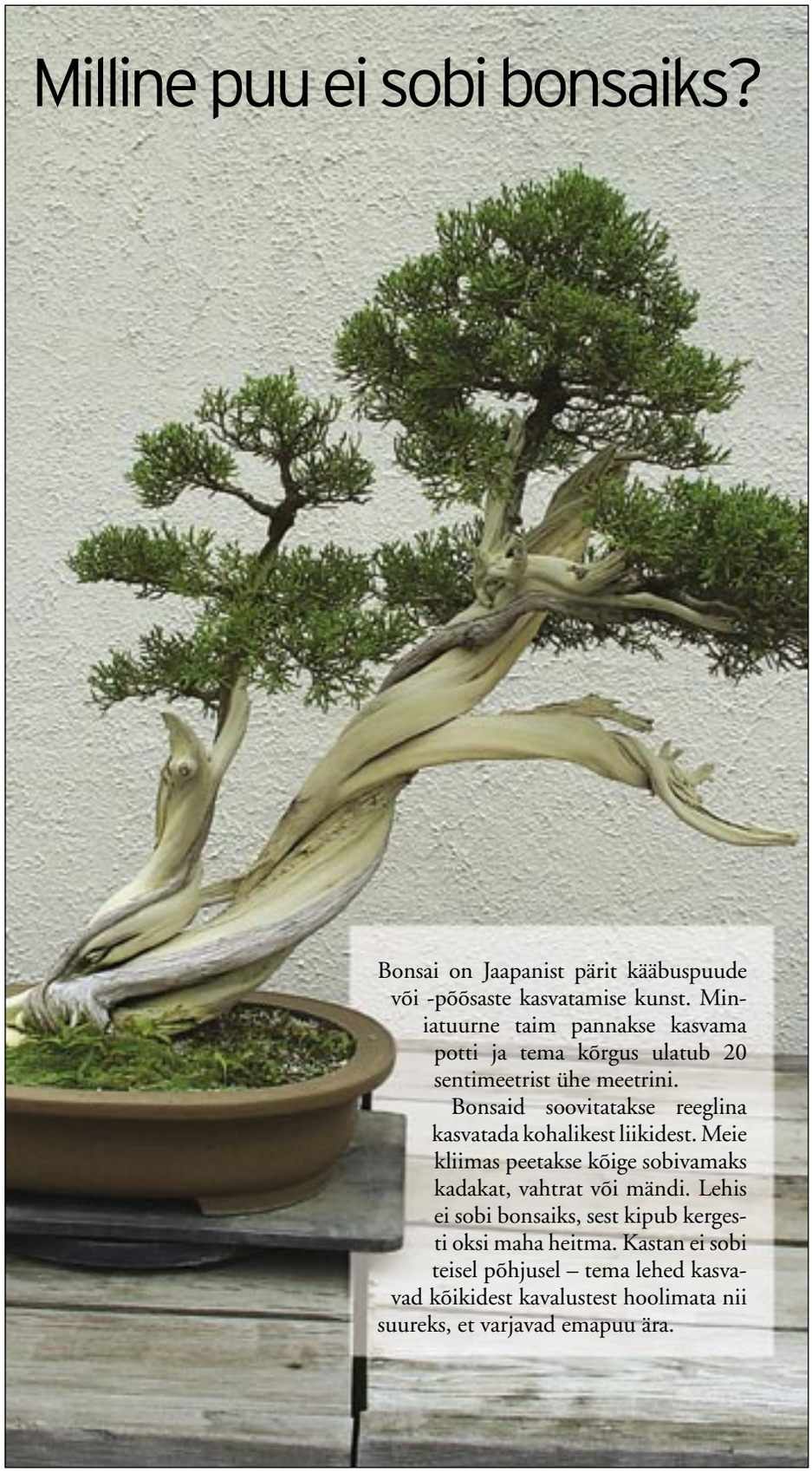
on bambus. Mõned liigid sirguvad ühe päevaga üle 90 sentimeetri pikkuseks.

...aeglasema kasvuga puu...

on kanada harilik elupuu (Thuja occidentalis). Suure järvistu lähedalt leiti puu, mis 155 aasta jooksul oli kasvanud vaid 10,2 cm pikkuseks ja kaalus 17 grammi. Keskmiseks kasvuks aasta kohta teeb see 0,11 grammi.

...rohkem aastarõngaid...

leiti 1963. aastal USAs Nevada osariigis maharaiutud männilt (Pinus longaeva) – Prometheuse nime kandnud puul oli 4867 rõngast. Teine sealsamas kasvav mänd nimega Metuusala on 4793-aastane.



Milline puu ei sobi bonsaiks?

Bonsai on Jaapanist pärit kääbuspuude või -põõsaste kasvatamise kunst. Miniatuurne taim pannakse kasvama potti ja tema kõrgus ulatub 20 sentimeetrist ühe meetrini.

Bonsaid soovitatakse reeglina kasvatada kohalikest liikidest. Meie kliimas peetakse kõige sobivamaks kadakat, vahtrat või mändi. Lehis ei sobi bonsaiks, sest kipub kergesti oksi maha heitma. Kastan ei sobi teisel põhjusel – tema lehed kasvavad kõikidest kavalustest hoolimata nii suureks, et varjavad emapuu ära.

...suurem ümbermõõt...

on Itaalias Etna vulkaani nõlval kasvaval kastanil nimega Saja Hobuse Puu. Enne kui see kastan kolmeks jagunes, oli tema ümbermõõt 57,9 meetrit.

...sügavam juur...

on viigipuul. Lõuna-Aafrika vabariigis Transvaalis kasvab puu, mille juured on tunginud rohkem kui 120 meetri sügavusele.