

EESTI KUNSTIAKADEEMIA
Kunstikultuuri teaduskond
Muinsuskaitse ja restaureerimise osakond

Maksim Kurotskin

PUHJA KIRIKU NIISKUSKAHJUSTUSED

Puhja alevik, Puhja vald, Tartu maakond

2009/2010. õ-a. Arhitektuuri konserveerimise ja restaureerimise täiendkoolituskursuse
lõputöö

Tartu 2010

Sisukord

1.Sissejuhatus.....	3
1.1. Lühidalt kiriku ajaloost.....	3
1.2. Ehitus- ja ajalooline väärtus.....	4
1.3. Ajaloolised fotod.....	5
1.3. Hilisemad restaureerimistööd.....	7
1.3. Hilisemad restaureerimistööd.....	8
2.Puhja kiriku seisukorra kirjeldus.....	9
2.1. Üldist.....	9
2.2. Katused ja katted.....	10
2.3.Fassaadid.....	11
2.4. Aknad ja uksed.....	13
2.5. Põrandad.....	14
2.6. Pööning ja katusekandjad.....	15
Olulisemate defektide põhjused ja kõrvaldamise teed.....	18
2.7. Pööning ja katusekandjad.....	18
2.8. Vihmaveesüsteemid ning lõpetusplekid.....	21
3. Kokkuvõtte.....	37
4. Kasutatud kirjandus ja teised allikmaterjalid.....	39
5. Detailid.....	41
7. Panoraamid.....	47
8. Lisad.....	48
8.1.Mõõdistus.....	48
8.2. Krundi plaan.....	48
8.2 Puhja kiriku plaanid, lõiked.....	49

1.Sissejuhatus

Käesoleva kursusetöoga antakse ülevaade Puhja Dionysiose kirikust. Selleks esitatakse lühiülevaade kiriku ajaloost, ehitise seisundist, materjalide kasutamisest, teostatud restaureerimise- ja hooldustöödest. Hoone on ehitatud tõenäoliselt 14. sajandil. Kirik on mälestiste registris alates 16.09.1997. Mälestise registri number on 7248 ning asukohaks on Tartu maakond, Puhja vald, Puhja alevik (asukoht vt. Joonis.1.). Puhja kirik kuulub Valga praostkonda.

Käesoleva teema valik on tingitud soovist kaasa aidata maakirikute niiskuskahjustusest tingitud probleemide lahendamisel ja lootusest osaleda kirikute restaureerimisprotsessis.



Joonis.1.Puhja kiriku asukoht

1.1. Lühidalt kiriku ajaloost

Puhja Dionysiose kirik ehitati arvatavasti 14. sajandil 3-löövilise, krohvitud tellistest maakirikuna. 15.sajandil sai kirik tugevasti kannatada, taastati ja ehitati juurde viilutorn. Algne portaal on säilinud. Kooriruumi tähtvõlv pärineb 15. sajandi taastamistöde ajast. Pikihoone võlvid on hävinud. Kirik sai uuesti kannatada 17.sajandi algul ja taastati. Praegune barokse kiivriga puidust haritorn ehitati 18. sajandi lõpul. Nii torni kui ka viilu liigendavad

pikad kitsad petiknišid. Kiriku sisustus on neogooti vormides. 1868. aastal valminud altariseinal maal "Kristus ristil" (ostetud Münchenist 1859)¹.

1.2. Ehitus- ja ajalooline väärtus

Puhja Dionysiose kirik. Keskaegne tellistest maakirik, esma-mainitud 1397. Oletatavasti 14. s. püstitatud kirik koosnes kooriruumist ja toenäoliselt. 3-löövilisest pikihoonest, mille välisküljel olid tugipiilarid (likvideeritud 17. s), SW-nurgal ümaralt eenduva seinaga keerdtrepp. Oli ehitatud puhta vuugiga laotud tellistest.

Algkiriku W-seinast on säilinud üksnes selle allosa portaaliga, mille mitmeastmeliselt profileeritud palestikul Lõuna-Eesti tellisgootikate iseloomulikult puudub talumi- või kapiteelitsoon. Portaali on raaminud eenduvad seinaosad, mille algne funktsioon on selgitamata (kuulusid kas eeskojale või viilutorni toetanud tugipiilaritele nagu Põlva kirikus). Tõenäoliselt 15. s. II p. sai kirik tugevasti kannatada: hävisid nii otsaviilud kui ka võlvid. Kirik taastati arvat. 1495-99, mil ehitati ka konsoolidele ja kande-kaarele toetuv viilutorn. Nii torni kui ka viilu liigendavad pikad kitsad petiknišid. Rekonstrueerimisel on säilinud müüritist maksimaalselt ära kasutatud, mistõttu portaal, selle kohal olev aken ja torn pole sattunud ühele teljele. Samal ajal ehitati ka kooriruumi tähtvõlv, mis toetub faasitud nurgaturpadele; see on ainus põhijoontes säilinud hilisgooti koor Lõuna-Eestis. Pikihoones on võlvid hävinud; säilinud on üksnes võlve toetanud faasitud nurgaturbad. Väga erandlikult on pikihoone seinte allosa liigendatud avarate nišsidega kõrvalal-tarite jaoks eeskujuks Tartu toomkirik. Pikihoone seintel mitu maalitud pühitsusristi. - Kirik jäi Liivi sõjast puutumata, purustati Poola-Rootsi sõdade (1600-29) lõpp-perioodil. 1630 paiku taastatud kirik sai praeguse barokse kiivriga puidust haritorni arvatavasti 18. s. lõpul. Sisustus on neogooti vormides. 1868 valminud altariseinal (J.G. Mühlen-hausen) maal „Kristus ristil“ (ostetud Münchenist 1859). Kantsel 1872, orel 1882 (W. Müllver-stedt). KA.2

Gooti stiilis Püha Dionysiose kirik on Lõuna-Eestis üks kolmest kõige vanemast kirikust.

Kirik on hea akustikaga ja haruldase mehhaanilise Müllverstädti oreliga (1882), on parim kontserdipaik kohaliku rahva jaoks ning arvestatav koht muusikaüritusteks Tartu maakonnale.³

¹Kultuurmälestiste register, Saadaval:[<http://register.muinas.ee/?menuID=monument&action=view&id=7248>]

² Altoa, K.1999. Eesti Arhitektuur. Puhja Dionysiose kirik. Tallinn : Valgus, lk 46

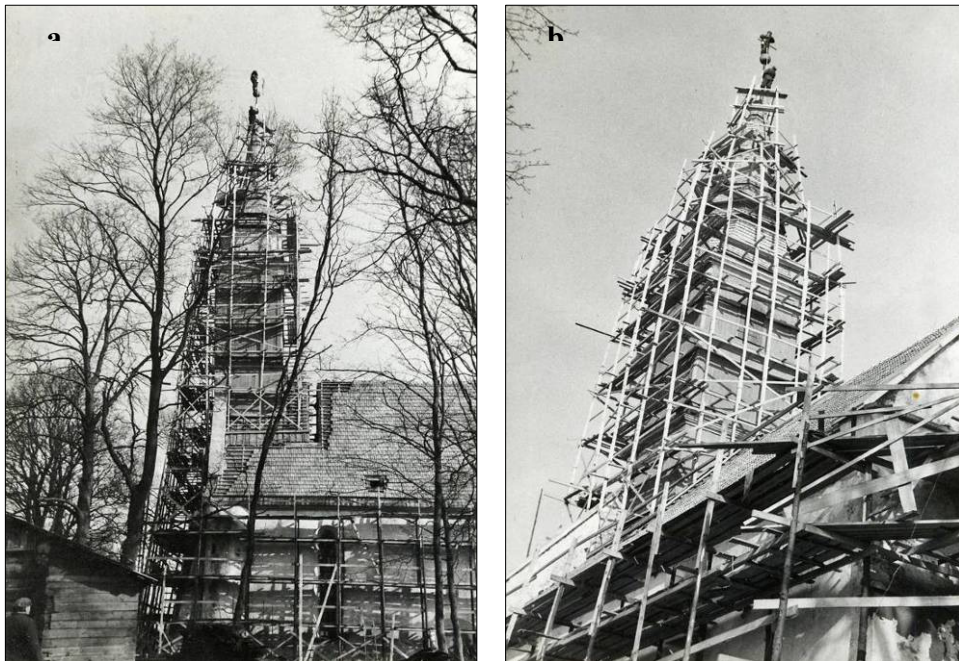
³Puhja valla koduleht. Vaatamisväärsused: Puhja kirik. Saadaval:[<http://www.puhja.ee/index.php?page=99&>]

1.3. Ajaloolised fotod

Fotot joonistel 2.; 3; 4 a ja 5 pärinevad Lea Stroh eraarhiivist, ning nende dateering ei ole täpselt teada. Fotod joonistel 5; 6; ja 7 pärinevad lähiajas, ning kajastad puitpõrandaga vahetusega seonduvaid sündmusi.



Joonis.2. Puhia kiriku fotod: (a) vaade läänest; (b) rōdult seestvaade itta.



Joonis.3. Puhia kiriku fotod: (a) vaade lõunast; (b) vaade idast tonni.



Joonis.4. Puhja kiriku fotod: (a) vaade läänest(1920-1930?); (b) vaade läänest (2008)



Joonis.5. Vana seenekahjustusega põranda fragmendid, mida hiljem eemaldatakse.
Foto: Lea Stroh 2003..



Joonis.5. Puhja kiriku fotod: (a) seest vaade itta, puit põrand eemaldatud ; (b) siseinte saneerimistööd; (c) lahti võetud rõdu posti, enne tugevdamist;(d) posti tugevdamine.
Foto: 2005.Wunibald Ehitus OÜ, M. Perm.



1.3. Hilisemad restaureerimistööd

Katuse kandekonstruktsiooni remont .Tartu MEK-i poolt. 1984..

Katuse ja torni tehnilise seisukorra ülevaatus. Ins. A.Danil ja Arh. T.Parmakson 1996.

Puhja kiriku niiskuskahjustuste ülevaatus aruanne. Lea Täheväli Stroh. Uppsala.

2003 Arheoloogilised tööd Puhja kiriku vundamentide uurimisel. Peeter Sillus. Arheoloogia ja ehitusajaloo grupp EAG. Tartu 2004. Tellija OÜ.H.Uuetalu.vt Joonis.6.



Joonis.6. Puhja kiriku Arheoloogilised tööd
Foto: 2004. EAG



Joonis.7. Puhja kiriku põrandakivide paigaldamine
Foto: 2005. M. Perm.

Puhja kiriku põranda remont-restaureerimistööd. OÜ H. Uuetalu 2005 vt. Joonis.7.

Muinsuskaitse aruanne. Puhja kiriku põrandad. Wunibald ehitus Toivo Traksmaa. 2006.Tartu

2.Puhja kiriku seisukorra kirjeldus

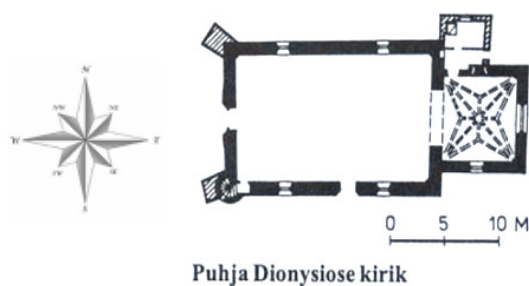
Üldseisukord ja hooldusaste

Kiriku katus mõnest kohast lagunenu. Käärkambri katus amortiseerunud. Kiriku vahetus läheduses mõned suured puud, mis ilmselt mõjutavad katuse seisukorda. Seintest on mõnes kohas tellised ära kukkunud.

Sisestatud: 04.08.2008/väljavõtte Kultuurmälestiste riiklikust registrist/⁴

Käesoleva töö autori hinnangul on antud seisukorra kirjeldus liiga üldine, väheinformatiivne ning ebakompetentne. Antud kirjeldus ei too välja põhiprobleeme.

2.1. Üldist



Joonis P.1. Puhja kiriku põhiplaan.



a



b

Joonis P.2. Puhja kiriku vaated edelast (a) sügis 2008 a. ja (b) talv 2009 a .
Foto:Maksim Kurotskin

⁴ Kultuurmälestiste register Saadaval: [<http://register.muinas.ee/?menuID=monument&action=view&id=7248>]

Puhja kirik on suhteliselt halvas seisukorras vt. joonis P.1.⁵ ja P.2. See on tingitud suurest niiskuskahjustusest, mis on aja jooksul hooldamatuse tõttu kasvanud suureks ehitustehniliseks probleemiks.

Põhjuseks on maapinnast kapillaarselt imenduv niiskus ja konstruktsioonidesse takistamatult voolav vihmavesi. Aegade jooksul on maapind tublisti tõusnud ja tellismüür on vajunud maa sisse. Hooldustööde puudumise tõttu on kiriku müürid läbinisti niiskunud. Tulemuseks on ulatuslikud kahjustused nii fassaadil kui ka siseruumide seintel (värvil ja krohvil).

Lisaks ehitati remont-restaureerimise põhiprojekti järgi uued kivipõrandad puitpõrandatest 30cm allapoole, mille tõttu on välismaapind nüüd veelgi kõrgemal.⁶

Kirik on ehitatud punastest tellistest, materjal on hüdrofoobne ja imab endasse hästi niiskust. Antud juhul toimub see kapillaarse imendumise teel, mille tulemusena tekivad ulatuslikud niiskuskahjustused, näiteks: külma- ja soolakahjustused, vetikad ja hallitusseened.⁷

2.2. Katused ja katted

Hoone katusel puuduvad räastarennid ja vihmaveetorud vt. joonis P.3.a. ja b. Räästa sisenurkadest jookseb vesi fassaadile ning nendes kohtades on niiskukoormus väga suur.



Joonis P.3. (a) Puhja kiriku lõuna fassaad ja (b) kirde fassaadi nurk.
(Sadeveest ja maapinnast kapillaarselt tõusev niiskus on näidatud nooltega ja joonega on iseloomustatud vee liikumist fassaadil)
Foto: Maksim Kurotskin 2008 a . sügis.

⁵ Alttoa, K.1999. Eesti Arhitektuur. Puhja Dionysiose kirik. Tallinn : Valgus, lk 46

⁶ Traksmäe, T. 2005. Puhja kiriku põrandad. Muinsuskaitse aruanne. Wunibald ehitus. Tartu. lk 4.

⁷ Stroh, L.2006. Puhja kiriku niiskuskahjustuste ülevaatus aruanne. Uppsala. lk-9.

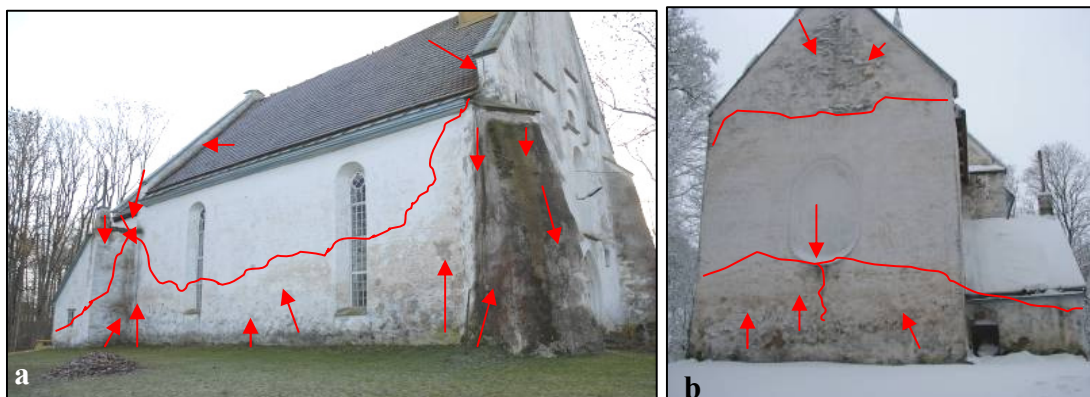
Katuse, seina ning viilparapettide ühenduskohas puuduvad plekid, mis takistaksid vihma- ja lumesulamisvee imendumist müüri. Paljudes kohtades on katteplekid valesti paigaldatud või puuduvad üldse vt. joonis P.3. a ja b.

Katusel on mõningates kohtades katkised või puudulikud katusekivid, mis on otseseks võimaluseks katusekonstruktsiooni märgumiseks ja lume kogunemiseks, samas ka lisa-võimalus lindudele, kes pääsedes sealt kaudu pööningule, tekitavad oma elutegevuse tulemusel palju puitkonstruktsioonide kahjustusi – kogunev linnusõnnik soodustab mädanemist.

2.3.Fassaadid

Kogu fassaadi lubivärv on kulunud ja tuleb pärast vajalike krohvitööde tegemist uuesti värvida vt. joonis P.3. Krohvikihit on kohati väga õhuke, äärmiselt kulunud ning suures osas kahjustatud. Fassaad on olnud pidavalt märg, millele viitab konstruktsioonile tekkinud vetikakiht vt. joonis P.4.a. Räästarennideta katustelt ja valesti asetatud katteplekkidelt jookseb vesi seintele ning põhjustab ulatuslikke külma- ja soolakahjustusi. Paljudes kohtades on kahjustused levinud juba ka müürikividele vt. joonis P.3. b.

Maapind on aegade jooksul palju tõusnud millele viitab ka joonis P.8.d. ning lisas olev kiriku lõige joonis. Poorne massiivne tellissein töötab “svammina” - kogub ümbritsevat niiskust nii maapinnast, kui ka sadeveet, mis imub vigastatud katusekattest ja lekkivatest katusesõlmedest.



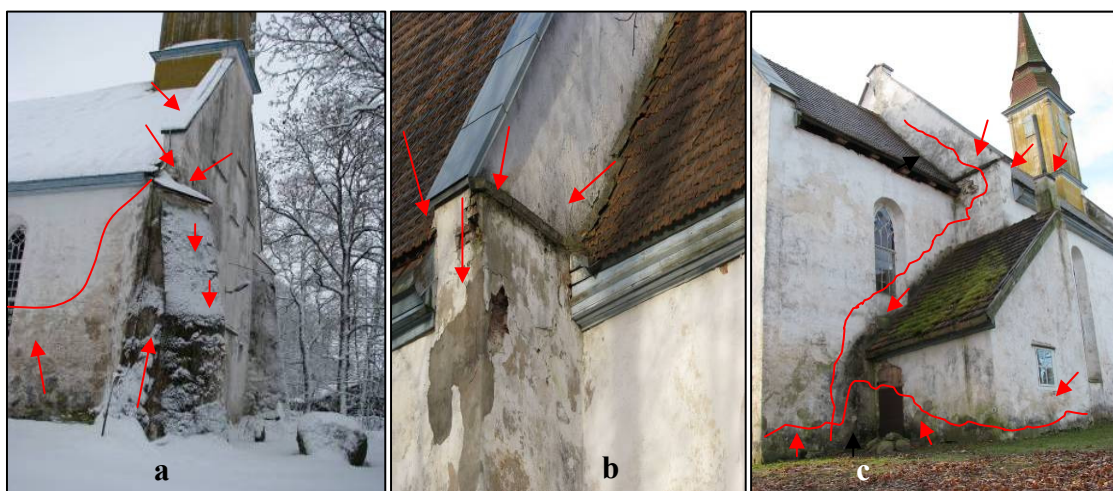
Joonis P.4. (a) Puhja kiriku põhja ja (b) lõuna fassaad.

Foto: Maksim Kurotskin 2008 a. sügis / 2010 a. talv

(Sadeveest ja maapinnast kapilaarselt tõusev niiskus on näidatud nooltega ja joonega on iseloomustatud vee liikumist fassadil)

Aegade jooksul liivarikka lubitsementmördiga (1:3), tehtud krohviparandused sokli ümbruses ei lase maapinnast kapillaarselt imenduval niiskusel müürist välja kuivada ja suruvad selle aina ülespoole vt. joonis P.4.a. Nii tekivad paranduskrohvi ja olemasoleva krohvi vahel pinged, mis nõrgendavad nende omavahelist sidet ja aja jooksul paranduskrohvi variseb. Samuti on põhjustanud krohvi, külma- ja soolkahjustusi näiteks pragude ja nõrgemate kohtade kaudu väljapääsu otsiv niiskus vt. joonised P.3. b.; P.5. b.

Ida fassaadi petikaknal puudub plekk. Sinna kogunenud lume, sula- ja vihmavee tagajärjel on tekkinud püstpragu, mis areneb pidevalt edasi füüsikalise murenemise tõttu. Samuti on joonisel näha, et fassaadi keskosa on kuiv ja terve vt. joonis P.4 b.



Joonis P.5. (a) Puhja kiriku põhja fassaadi kontraforss; (b) lõuna fassaadi parapett; käärkamber vaade kirrest.

Foto: Maksim Kurotskin 2010 a . talv / 2008 a. sügis

(Sadeveest ja maapinnast kapillaarselt tõusev niiskus on näidatud nooltega ja joonega on iseloomustatud vee liikumist fassadil)

Lõuna- ja ida fassaadi ülemine osa märgub, kuna parapeti tagune katusekatte ühendus on otse vastu seina. Samuti puudub plekkpõll, nii et sade- ja sulavesi imbub otse seina, koguneb seal ja levib kapillaarselt edasi. Kogunev niiskus ei jõua välja kuivada ja sein jääb märjaks. Miinuskraadide puhul vesi jääb ja tekib külmakahjustus vt. joonis P.5. b. ja analoogselt P.3.b.

Käärkambri kohal olev räästas on liiga lühike ja vesi sajab otse seinale, samuti voolab käärkambri seinale parapeti plekilt ja katuselt tulev vesi. Kooriruumi katuselt voolab vesi otse käärkambri katusele ning pritsib fassaadile, kus puuduva vihmaveesüsteemi tõttu imbub sadevesi pinnasesse vt. joonis P.4.a ja P.5.c. Antud juhul on tegemist põhja fassaadiga, kuhu päike praktiliselt ei ulatu ning kuivamine on seal raskendatud.

``Kõige probleemsemateks kohtadeks osutuvad seinä sisenurgad - antud juhul tugipiilarid, kuhu satub sadevesi, mis voolab katuselt või katteplekkidelt. Samuti loovad väga niiske keskkonna kapillaarsest tõusust tingitud niiskumised, selle tõttu saavad selles keskkonnas kasvada ja areneda vetikad. Viimased aitavad hoida niiskuse müüritisel, mille tulemusena see ei kuiva ja talve saabudes tekivad külmakahjustused.

Tugipiilarid on samuti suureks niiskuskandjaks kirikus, kuna katuselt ja parapetist kogunev vesi voolab otse kaldpinnale (kaldpinnad on vihmaveele täiesti avatud). Tugipiilar on massiivne tellistest valmistatud müüritis, mis imab hästi niiskust. Aegade jooksul on seda parandatud tsemendipõhise tiheda krohviga, mis takistab konstruktsiooni väljakuivamist vt. joonis P.6.b. Selle tulemusena toimuvad kuivamisprotsessid hoone siseselt (vt. joonis P.6.a.-d.) - niiskus väljub siseruumi ja tekitab seintele ulatuslikke krohvikahjustusi. Sisekrohv on oluliselt vigastatud külma- ja soolakahjustustest, mis tulenevad välisest tugipiilarite märgumisest. Sarnased probleemid esinevad terves hoones meetri kõrgusel alal.



Joonis P.6. (a) Puhja kiriku põhja lääne sein; (b) lõuna fassaadi tugipiilar-tornitrepp; (c) soolakahjustus krohvil; (d) sügav soolakahjustus tellisel
Foto: Maksim Kurotskin 2008 a. sügis / 2010 a. talv

2.4. Aknad ja uksed

Kiriku suurte akende välimiste raamide värv on kulunud ja ei kaitse puitu. Mõningate raamide alumine osa on pehkinud. Temperatuuri ja õhuniiskuse kõikumisel tekib akende sisepinnale kondensaatvesi, mis kahjustab värvi ja puitu vt. joonis P.7.b. Aknad on ühekordsed ja ebatihedad ning osades kohtades puuduvad klaasfragmendid vt. joonis P.7. a tähistatu ringiga. Uksed on ebatihedad, värv on kulunud ja ei kaitse puitu, samuti on kulunud alumised osad. Uksed on maapinnaga praktiliselt ühel kõrgusel ja sulavesi satub kirikusse vt. joonis P.7. c.



Joonis P.7. Puhja kiriku (a) lõuna kooriruumi aken; (b) akna fragment (c) lääne uks.
Foto: Maksim Kurotskin 2008 a. sügis/ 2010 a. talv

2.5. Põrandad

Põrandad renoveeriti 2005.a suvel.⁸ Põrandaaluse rajamisel kasutati kuiva kruusa, mida kulus 93m³ ning mida töödeldi plaatvibraatoriga 15cm paksuste kihtide kaupa. Pealispind stabiliseeriti 1:10 (tsement-liivaga). Kruus töödeldi booraksiga, mida kulus 60 kg. Põrandaks kasutati Tartu Jaani kirikust ülejäänud tellisplaate, mis paigaldati lubitsementmördil 1:0; 2:3. Kivivuugile halli tooni saavutamiseks kasutati halli tsementi.⁹

Põrandate remont-restaureerimise põhiprojekti kohaselt ehitati uued kivipõrandad puitpõrandatest 30cm allapoole vt. joonis P.8. b, c ja d, mille tõttu on nüüd välismaapind veelgi kõrgemal. Oleks pidanud vertikaalplaneerimise ja drenaaži tööd tegema enne põrandatöid, kuid projekti teostamise järjekord ja finantseerime olid seekord sedaviisi.¹⁰ Konsulterides OÜ Uuetalu inseneri Heino Uuetaluga, selgus, et drenaaži projekt on olemas ja ootab finantseerimist.

Antud lahendus koormab müüritist niiskusega veelgi enam, sest niiskuse väljakuivamine on sisepeerimeetril takistatud plaatpõrandaga vt. joonis P.8. e, aga samas ükski puitpõranda lahendus ei peaks vastu sellistele tingimustele. Kuna põrand on otse maapinnal ja asub ümbritsevast maapinnast madalamal ning kirikul puudub vihmaveesüsteem, tekib suur

⁸ Traksmäa, T. 2005. Puhja kiriku põrandad. Muinsuskaitse aruanne. Wunibald ehitus. Tartu. lk 4.

⁹ Traksmäa, T. 2005 *Ibid*

¹⁰ Traksmäa, T. 2005 *Ibid*

niiskuskoormus, mis väljendub kapillaarse tõusuna. See protsess on jälgitav põrandaplaatidel vt. joonis P.8. b. Teise korruse rõdu põrand on üldiselt heas seisus, vaid torni kohal on oreli juures märgata pehkinud kohta, mis ilmselt on tingitud varasematest katuseleketest.



Joonis P.8. Puhja kiriku (a) kooriruumi põranda frangemt; (b) remondijärgus rõdupost; (c) pikihoone põrand; (d) seest vaade lõuna; (e) põranda ja seina sõlm lõuna sissepääsu kohal.

Foto: Maksim Kurotskin 2009 a. sügis .

2.6. Pööning ja katusekandjad

Konstruksioonid on halvas seisus, mis on tulenenud pikaajalisest hooldamatusest ja pidevast märgumisest, nii katuse lekkekohtadest kui ka ühendussõlmedest. Ka seintele toetuvad konstruksioonid on saanud kahjustada, kuna märgunud seinast kandus niiskus edasi puitkonstruksioonile vt. joonis joonis P.9. Samuti pääsevad pööningule ja torni kergesti linnud, kelle sealne elutegevus ja sõnnik soodustab puitkonstruksioonide mädanemist.

Väljavõte Katuse ja torni tehnilise seisukorra ülevaatuses Arhitektuurbüroo Vanad kirikud 1996 Insener A. Danil : ” 1984. aastal tehtud töö ei ole vääriline väga ilusale ja suurejoonelisele katusekonstruksioonile. Samuti on see vastuolus tänapäevaste

restaureerimisprintsipiidega. Ei ole mõtet süüdistada töid teostanud ettevõtet, sest tollel ajal oli selline tööstiil tavapärase. Nende töödega ei lahendatud katuse konstruktiivset probleemi, vaid sellega likvideeriti avariisituatsioon ja lükati lõplik lahendamine ~ 15 aasta võrra edasi kuna:

- a. Tugevdati ainult osa sõlmi. 38 proteesimist vajavast talaotsast on tugistatud 4 talaotsa (vt. Joonis P.10 a ja b). Kooriruumi katus proteesitud kaldlukkühendusega.
- b. Mädanikust kahjustatud konstruktsiooniosad jäid eemaldamata. Seetõttu teeb kuivmädanik aeglast lagundamistööd edasi.
- c. 1992. a. paigaldati laelaudis, mis löödi vanale seenmädanikust kahjustatud laelaudise peale. Seetõttu kandub seenmädanik ajapikku üle laetaladesse.”



Joonis P.9. Puhja kiriku mõningad vigastatud pööningu sõlmed.

Foto: Maksim Kurotskin 2008 a. talv .

Torni puidust kandekonstruktsioon on heas seisukorras v.a. pööningu pinnas olevad torni tugiraami ja kaldtugede otsad.¹¹

Üldiselt on visuaalselt vaatluselt konstruktsioonid tugevad, sest pööning ja torn on hästi ventileeritavad. Kandekonstruktsioone osati kontrolliti Pilodyniga vt. joonis P.10.c.

Praktilised kõik sarikad ja talad on toetussõlmedes vigastatud kas mädanikust või puidukahjuritest - märgatud on toonesepa- ja kärsaklasele iseloomulikke vigastusi. Mädaniku

¹¹ Danil, A.1996. Katuse ja torni tehnilise seisukorra ülevaatus. Arhitektuurbüroo Vanad kirikud.

või puidukahjurite vigastuse üks põhjuseid on see, et pööningul on liigset prahti, samuti tekitab umbset niisket keskkonda lindude elutegevus vt. joonis P.10 d.



Joonis P.10. Puhja kiriku (a) ja (b) kooriruumi katus; (c)torni tugiraam; (d) torni põrand.

Foto: Maksim Kurotskin 2008 a. talv .

Olulisemate defektide põhjused ja kõrvaldamise teed

Käesoleva töö autori, magistritöö: "Lõuna-Eesti kirikute niiskuskahjustuste analüüs ja ettepanekud probleemide kõrvaldamiseks" raames, tutvuti Lõuna-Eesti maakirikute seisukorraga, mille hulgas oli ka Puhja kirik. Antud osas on toodud olulisemate kahjustuste põhjused ja kõrvaldamise teed, Lõuna-Eesti maakirikute näitel.

Vaatluse käigus ilmnes, et põhiprobleemiks on liigniiskus, millega kaasnevad sool-, külmakahjutused ja puitkonstruktsioonide mädanemine.

Vanad hooned ei ole praeguste ehitustehniliste lahenduste kohaselt ideaalsed, kuigi omal ajal need olin ratsionaalsed ja täisid oma funktsioone. Esmaseks põhjuseks miks kirikud on muutunud selliseks on muidugi nende hooldamatus ja nii ehituselutsüklilises, kui ka tava ehitushooldus mõttes. Enamus kahjustusi on tulnud, lihtsamate tavapäraste ehituslike süsteemide puudumisel või valede restaureerimisvõtete kasutamisest. Muidugi kõik hooned vajavad individuaalset lähenemist ja probleemid, võivad olla vägagi erinevad ja tihtipeale ka omavad omavahelist sidet aga üldine restaureerimise tööde käik oleks järgmine.

Esmalt tuleks hoone kaitsta sademete eest e teha katus korda, nii katusekatte, kui ka kandekonstruktsioonid, järgneval juhtida katusest kogutud vesi hoonest eemale, siis tegelda aluspinnaga e rajada vihmavee ärajuhtimiseks kalded. See järel vähendada vundamentide ja soklite niiskuskooormust ning korrigeerida või välja vahedata põrandakonstruktsioone. Seejärel tegelda fassaadidega, paigaldada kõik võimalikud katteplekid väljaulatuvatele ja kaitsmata osadele. Vajadusel anda hoonele kuivada mõned aastad, alles siis etapiliselt krohvida, kui hoone on piisavalt kuivanud. Samas võiks restaureerida või asendada avatäited. Järgnevat vaatleme tüüpiliste vigade ja kahjustuste likvideerimismeetmeid.

2.7. Pööning ja katusekandjad

Sakraalehitiste problemaatilisemad kohad on katusekonstruktsioonide sõlmed, eriti need mis asetsevad müüritise peal ehk laetala ja sarika ühendus ja räästakonstruktsioonid. Samuti esineb vigastusi ka lae kinnistes konstruktsioonides, mida on raske märgata, kus on ehitusprahti või nn. soojustuskiht, mis loob kinnise ja niiske keskkonda ja sellisel kohas puidukahjustust on raske märgata, on olnud juhuseid kus konstruktsioonid on

varisenud.¹² Esineb ka vigastusi mujal aga need on tingitud katuse kohtleketest ja üldjuhul seal tavaolukorras vigastusi ei tekkiks.

Vaadeldut konstruktsiooni vigastused on bioloogilised, mis on tekkinud kas putukate, mädaniku- või seenkahjustustest. Vigastuse põhjusteks on sobiv seente ja putukate leviku soosiv arengukeskkond, mis on tagatud kinnises ja niiskes keskkonnas nagu pööningu korrastama ruumid ja kõik võimalikud ehitusprahiga täidetud nurgad. Samuti linnud, mis pesitsevad pööningutel, on suureks ohuks kuna nende elutegevus ning väljaheited, soodustavad seente ja putuka arengut ning lindudega võivad levida putukate vastsed ja seen eosed. Pööningu avadel ja ventilatsiooniavadel, lindude mis ka putukate ja seeneoste levitajateks, tõkestamiseks kasutada võrke.

Uurimustöö käigus Puhja kirikus on mõõdetud õhuniiskust (oreli juures) sügisest kevadeni ning keskmine suhteline õhuniiskus oli 83,5 %. Minimaalne suhteline õhuniiskus oli 65,6 % (mõõdetuna 19.12.09 ning temp -5,6 C); maksimaalne 94,9 % (mõõdetuna 26.11.09 ning temp 5,8 C). Sügisest kevadeni keskmine temperatuur moodustas 6,4 C, minimaalne -5,9 C ja maksimaalne 17,3 C ning kevade poole (aprill 2009 a.) suhtelise niiskuse näitajad alanesid keskmiselt 65 % - ni.

Eeltoodud andmete põhjal saab järeldada, miks ja mis perioodil arenevad ning paljunevad puiduseened ja putukad, lisaks vt. joonis DP.1.a¹³, kus on kirjeldatud seeneoste kontsentratsiooni aasta jooksul. Muidugi ümbritseva õhu parameetrid, ei näita probleemsete kohtade niiöelda seene-või putuka arengu kollete tingimusi aga aitab kaasa hoone sisekliima mõistmist. Eeltoodut andmetest saab järeldada, et õhuniiskus on väga kõrge, ning arvestades hoone massiivset müüritist, ning seni tehtud kliimaatilisi uuringuid Tallinna Neitsi Maarja Piiskoplik Toomkirikus¹⁴, võib järeldada, et õhuniiskus on suhteliselt kõrge ning stabiilne aasta jooksul. Selline sisekliima loob soodsaid arengutingimusi nii puiduseentele ja putukate arengule, sest risune pööningu ja kinnised konstruktsioonid akumulatsioonid, seda niiöelda kiriku tasakaalu niiskust ja just nendes kohtades arenevad puiduseened ja puidukahjurid.

Puidu tugevus väheneb oluliselt suhtelise niiskuse muutumise 10 -st kuni 20...25% -ni, pärast hügrokoopsusepiiri (30%) puidu tugevus praktiliselt ei sõltu enam niiskusest.

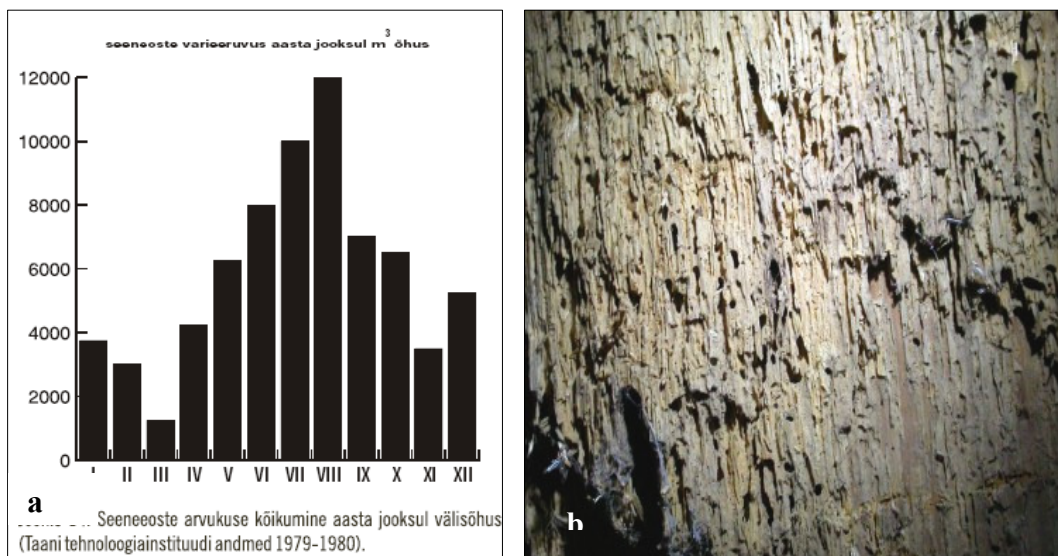
¹² Абрамович, Ф.1970. Дефекты и методы их устранения в конструкциях и сооружениях. Москва. Стройиздат. 80 lk

¹³ Andersen, J.2005. Sisekliima ja hallitusseened. Tartu: Eesti Mükoloogia Uuringute Keskus SA. 9 lk.

¹⁴ Malva, L., Kalamees, T. 2008. Indoor Climate in the Cathedral of Saint Mary the Virgin, Tallinn. Tallinn University of Technology. Internal report.

Mitmel objekti oli leitud Toonesepa jälgi vt. joonis DP.1 b. Toonesepalastele on kõige meelepärased sellised elutingimused, kus temperatuur püsib 22-23 °C juures, suhteline õhuniiskus on 70-90% ja puidu niiskusesisaldus 18-20%. Kui suhteline õhuniiskus langed alla 50%, kaotavad putukad eluvõime. Vastsed on keskkonnatingimuste suhtes vastupidavamad.¹⁵ Samuti pööningu ja katuse konstruktsioonides leidus ka puidu lagundavaid seeni. Puitu lagundavate seente kasvuks peab puidu niiskusesisaldus olema üle 25% (st õhuniiskus 85–100%). Kord juba kasvama hakanud, võivad seened edasi areneda ka puidus, kus niiskusesisaldus on 20% ümber. Madalama korral on nende kasv siiski võimatu. Majavammil puhul maksimaalne temperatuur, mille juures majavamm veel elab, on 26-27 °C, aga kui temperatuur on üle 40 °C, siis ta sureb.¹⁶

Vigastatud puitkonstruktsioonid proteesida või välja vahetada ning vastavalt objektile, antud juhul Muinsuskaitse all olevatele objektidele, kasutada traditsioonilisi materjale ja ehitusvõtteid ehk kasutada ajaloolisi puidu ristlõikeid. Kahjustunud puidu proteesimisel tuleb kasutada ajalooliselt väljakujunenud seotisi, näiteks kiiluga hammaskaldlukku või rööpluku, mida kasutatud uuritavatel objektidel.



Joonis DP.1. (a) Seeneoste arvukuse tabel; (b) Puhja kiriku toonesepa iseloomulik kahiustus.

Uus kasutatav puit peab olema isoleeritud vigastatud puidust ehk eelnevalt viiakse läbi demonteerimis-, puhastus- ja antiseptilised tööd.

¹⁵ Konsa, K.2006.Konserveerimisbioloogia.Eesti Kunstiakadeemia Restaureerimiskool.121 lk.

¹⁶ Konsa, K.2006 *Ibid*

Kahjustatud kohad puhastada tugeva puiduni ning eemaldada kahjustatud osad haardega vähemalt 40 – 60 cm (otsustakse kohapeal). Saneerimistööl ei tohi mädanike eosed levida kõrvalolevatele pindadele. Puhastatava koha ümbrus tuleb katta näiteks kilega ning mädanenud puidupuru eemaldada veefiltriga varustatud tolmuimejaga. Saneeritud kohad võib näiteks Boracol 20-ga ja kuni 1 meeter nähtavast kahjustusest kaugemale.¹⁷

Keemiline lähenemine on mõnevõrra tõhusam, nii ehitaja, kui ka käesolevate objektide suhtes kuna antud objektidel, raske tagada ventileeritavus ja pidev hooldus ning kontroll, sest ülevaatused on näidanud, et kirikutega ei tegelda, isegi primitiivsel hooldustasandil.

Traditsioonilisi võtteid kasutades on ette nähtud puit antiseptida kahekordse kihina 50 C kuuma puutõrvaga. Kasutatava suureeristlõikelise puitmaterjali niiskusesisaldus peab olema alla 20%, st peenemad prussid mõõtmetega kuni 200x200 mm peavad olema kuivanud 2 aastat ning ja müüri antiseptimine majavammi vastu tuleb otsustada iga lokaalse kolde puhul eraldi jämedamad 3 aastat. Puit peab olema talvel langetatud ja kahjustusteta. Metsakuiva ja sinetanud puitu ei tohi kasutada.

Müüripealse puidu isoleerimisel tuleb kasutada kasetohtu (välimine pool vastu puitu) ja kahekordsel võõpamist kuuma puutõrvaga. Talaotsad, mis on kontaktis müüri, võib näiteks kaks korda puutõrvaga.¹⁸

Tsiteerides kogunud restauraatori Juhan Kilumetsa, et konstruktsioonile tuleb tagada õige seen- ja putukakahjurite kindel keskkond. Ehk puhastada konstruktsioone, tagada vettpeetavad katust ja ventilatsioonid. See on üks ökoloogilisem, ning konstruktiivselt lihtsaim ja töökindlam võtte mida saab rakendada puukonstruktsioonide säilimiseks. Aga käesolevatele objektidele saab seda rakendada, siis kui rakendase süstemaatiline ülevaatus ning hooldustööd.

2.8. Vihmaveesüsteemid ning lõpetusplekid

Vaadeldavatel objektidel olid ulatuslikud kahjustused ja fassaadi määrdumised tänu, puuduvatele räästarennide ja vihmaveetorudele, samuti puudulikele või vigastatud katteplekkide, katte plaatide ja lõpetusplekkidele.

¹⁷ Stroh, L.2005.Pärnu Eliisabeti kiriku ülevaatus aruanne ja remondi hooldustööde ettepanekud. Uppsala 19.05.2005 lk 49

¹⁸ Raado, L.2006.Ehitusmaterjalid konspekt. EPM. Tallinn 19 lk.

Nende vigastuste vältimiseks tuleb paigaldada kirikutele räästarennid ja vihmaveetorud ning katteplekke kõikidele kaitsmata ja väljaulatavatele konstruktsioonide osadele.

Räästarennide ja vihmaveetorudele paigaldamine on esmane prioriteet, sest see oluliselt vähendab kirikute niiskuskooormust ja võimaldab sadeveed juhtida eemale ning sellega väheneb ka veekooormus vundamendile. Tänu sellele fassaadid jäävad kuivaks ja ei tekki nii ulatuslike külmakahjustusi.

Probleemsemateks kohtadeks kujunesid voolusuunalised liited, kus liitekohast märgus sein ja liitest tuiskas lund. Järgneval joonisel DP.3¹⁹ on antud kivikatuste ja müüri voolusuunaliste liidete lahendused plekkpõlledel abil. Plekkpõlled peavad ulatuma äärmise kivi keskele. Abipõllega saab liite muuta kaldvihma ja tuisukindlaks.²⁰

Säilivad detailid parandatakse, korrigeeritakse ja töödeldakse nii, et need peaks probleemideta vastu järgmise fassaadirestaureerimiseni 25- 30 aasta pärast. Detailid, mis tõenäoliselt ei suuda töötlemisele vaatamata seda aega vastu pidada, vahetatakse välja. Kõik säilitatavad detailid kontrollitakse ja korrigeeritakse nii, et need juhiks vett fassaadilt takistamatult eemale. Pöörata tähelepanu redelitele, vihmaveetorudele, piksekaitsete jms kinnitusklambritele, et need oleksid vajalikul määral väljapoole kaldu. Kontrollida tuleb ka, et kuskil ei esineks erinevast metallidest kombineeritud konstruktsioone. Krohvpinna määrdumist põhjustavad vasest detailid rihitakse, asendatakse tinaplekiga või värvitakse. Uued katteplekid tehakse 0,7 mm paksusest tsingitud plekist madalate püstvaltsidega ja seina juures krohvi kandvate kantidega. Fassaadi vahekarniisid kaetakse kõigepealt alusplekiga ja katteplekk monteeritakse selle külge vt. Joonis DP.2.²¹ Katteplekki kinnitamisel ei tehta pleki serva veenina, vaid plekki esiserv asetakse 25-30 mm aluspleki servast üle ning keeratakse selle ümber. Eelpool toodud illustreerimiseks vt joonis DP.2. Jätkuvaltside vahekaugus sobitakse vastavalt ajastul toodetud pleki laiusega.²²

Katteplekkide paigaldamisel tuleb jälgida, et need oleksid stabiilsed ja funktsionaalsed.

Olemasolevate plekkide asendamisel tuleb lähtuda traditsioonilistest lahendustest, kuid samas

¹⁹ Stroh,L.2005.Pärnu Eliisabeti kiriku ülevaatus aruanne ja remondi hooldustööde ettepanekud. Uppsala 19.05.2005 .lk 37

²⁰ Käärid, S.2004. Hoonete remont ja rekonstrueerimine 2.osa.Tallinn. Tallinna Tehnikakõrgkool. 32 lk.

²¹ Åkesson, K., 2003. Lubimört 1- Praktilisi juhiseid lubivärvi ja lubimördiga töötamiseks.

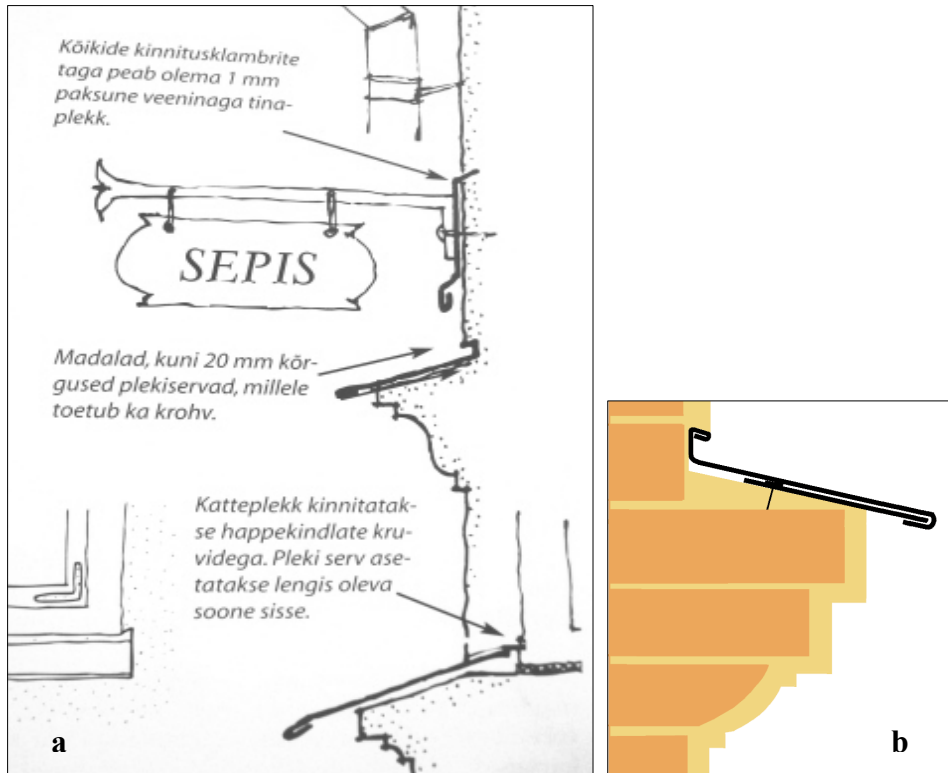
“Kalkputs 5” tõlge, Tallinn.11 lk

²² Åkesson, K., 2003. Lubimört 1- Praktilisi juhiseid lubivärvi ja lubimördiga töötamiseks.

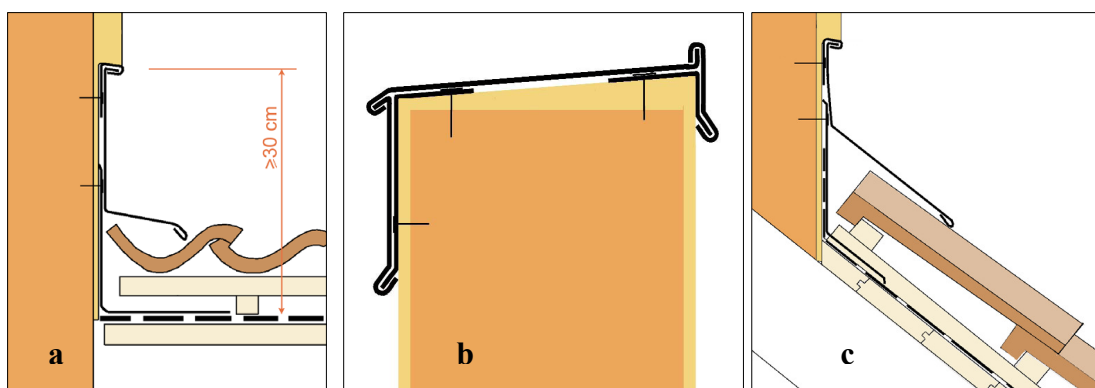
“Kalkputs 5” tõlge, Tallinn.11 lk

tuleb pöörata suuremat tähelepanu konstruktsioonide kaitsmisele ja hoolduskulude vähendamisele.

Uute tsingitud detailide kõik pinnad peavad enne nende monteerimist olema söövitatud, rasvast pestud ja kruntvärvitud. Uute vihmaveetorude põlved peavad olema valtsitud kraed. Sissemüritavad uued sepsidetailid peavad olema happekindlad.²³



Joonis DP.2. (a) Rootsi traditsioonilised kateplekki lahendused; (b) fassaadi vahekarniisi kateplekk.



Joonis DP.3. (a) Voolusuunalised liited; (b) parapettide kateplekid; (c) katusekate ja müüri sõlm.

²³ Åkesson, K., 2003. *Ibid*

2.9. Fassaadid

Kõikide objektide fassaadid on vähemal või suuremal määral vigastatud või kulunud ning määrdunud. Krohv on iseenesest hoone kaitsev kiht, mis ei lahe antud juhul kivikonstruktsioonidel laguneda ja võtab ilmastiku ja keskkonna mõjub ende peale. Muidugi krohvipinnad on saanud ühtlasi vigastusi niiskusrežiimide vaheldumisest, külmatsüklite ja ka tuulerosiooni poolt kahjustusi aga antud juhul krohvikahjustused on enamasti lokaalsed.

Ühe esimese põhjusena konstruktsioonis kõrge niiskusesisalduse tekkeks võib nimetada sademete mõju. Sageli on ehitise kahjustused saanud alguse sellest, et katus laseb läbi või sadevete ärajuhtimine hoonest kaugemale on problemaatiline. Need on olukorrad, kus ei ole mõtet oodatagi, et lubimört ega ka paljud teised ehitismaterjalid oleksid püsivad. Kui on tegemist sellisel moel suurte veehulkadega müüri uhtumisega, siis on esmasel määral müürikonstruktsiooni kahjustuste põhjused vee külmumine lubimördi poorides ja sideaine lahustamine ning välja uhtumine lubimördist. Sadevetest tingitud müüri- ja krohvikahjustused ei ole alati tingitud konstruktiivsetest vigadest vaid mõnikord on sadevete juurdepääsu takistamine krohvipinnale peaaegu vältimatu. Selline olukord leiab aset näiteks tänu tuulele, mis surub riivvihma vastu seinale. Ka sel moel võib saada krohvipind vihma tagajärjel veega küllastunuks.²⁴

Valdav enamus fassaadi vigastustest on tingitud hoone üldise hoolduse puudumisest, kuna kõik võimaliku probleemid, mis on tekkinud on seotud hoone vihmaveesüsteemides või nende puudumisest, samuti vihmaveest põhjustatud hoone ümbritseva maapinna märgumine, sest vihmaveed ei suunata hoonest eemale ning vesi imbud vundamenti ja seejärel kapillaarselt müüritisse. Tulemuseks on nii sokli, kui ka fassaadi niiskuskahjustused, mis vastavalt aastaajale vahelduvad, kas külmakahjutusega või eflorestsentsiga.

Eflorestsents nähtus tekib seinale kuivamisel, kui vee aur tungib seinast välja ja seejärel liiguvad ka soolad seinakonstruktsioonist müüri pinnale. Sooladest välja kantud hulk sõltub soolade iseloomust, nende hulgast ja nende lahustuvusest, kuid ka keemilisest toimest. Eflorestsents ehk kristallilise kihiga kattumine avaldub telliskonstruktsioonide puhul valge või valkja soolakihi ilmumisega tellismüüri pinnale vt. Joonis DP.4.b.²⁵ Sisuliselt on tegemist

²⁴ Jürman, K.2005. Lubi kui traditsiooniline ehitismaterjal ja lubikrohvi õhuniiskust reguleeriv toime. Tartu Ülikool, Bakalaureusetöö, Tartu

²⁵ Timmusk, J.2006.Ehitusfüüsika kompendium. Tartu.27-31 lk.

absorbeeritud vee väljakuivamisel vabanevate sooladega, mis kogunevad seinale, moodustades seal juba varem kirjeldatud valkja kihi. Vaadeldav protsess võib kesta mitmeid aastaid ning sõltub peamiselt soolade hulgast seinakonstruktsioonis. Kahjustuste ulatus sõltub tavaliselt soolade keemilisest koostisest. Soolad võivad seinakonstruktsiooni sattuda mitmel viisil, nii müürikivide kui mördi ja ka krohvikihhi kaudu. Samuti võivad soolad sattuda seinakonstruktsiooni läbi pinnasevee, sadevete ja ka näiteks laohoonete puhul ka ladustatava materjali kaudu. Välimine eflorestsents on harva tõsine probleem, sest seinale kogunevad soolad pestakse maha vihma poolt. Hoopis problemaatilisem on sisemine eflorestsents, eriti just krohvitud ja arhitektuursete kaunistustega seinte puhul. Näiteks võib soolade kristalliseerumise tagajärjel krohvikihhi seinalt lahti lüüa.²⁶

Suhtelise niiskuse esimese paarikümne protsendi juures on tegemist veeauru ning adsorbeeritud veega. Kapilaarniiskus hakkab tekkima alles siis kui suhteline niiskus on suurem kui 45%. Kuna esimene adsorbeeritud veekiht on tugevasti seotud materjali pinnaga ja kapillaarid on esialgu omakorda tühjad, koosneb läbilaskvus transport peamiselt niiskuse difusioonist. Kasvava suhtelise niiskuse juures hakkab aga suuremat osa mängima pinna transport. Kui vesi hakkab juba kapilaaruumi kondenseeruma (pooride suhteline niiskus on kõrgem kui 45%) ja neid täitma, kasvab niiskuse juhtivus tugevasti. Aurudifusiooni osa samal ajal aga väheneb, kuna kapilaarvesi blokeerib kapilaarpoore.²⁷ Seda protsessi iseloomustab Joonis DP.4(a).

Lahustatud sooladid transporditakse adsorbeeritud ja kapilaarvesi - veeaur ei ole selleks võimeline.²⁸

Kuna vett tõrjuv pinnakate takistab pinna kuivamist, siis on sellega seotud veel üks protsess, mis lõhub pinna materjale - kapilaarvesi sisaldab lahustatud mineraale mis enamasti transporditakse kapilaar- ja pinnadifusiooni abil välispinnale. Nüüd on aga kapilaartoru menisk pinna sees - välisõhku pääseb ainult aur. aga lahustatud mineraalid kogunevad meniski taha. Üleküllastuse juures hakkavad mineraalide kristallid poorides kasvama, tekitades survet, mis võib materjali purustada.²⁹

²⁶ Öiger, K., 2003. Ehitiste renoveerimine. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool. 32 lk.

²⁷ Timmusk, J., 2006. Ehitusfüüsika kompendium. Tartu. 27-31 lk.

²⁸ Timmusk, J., 2006. *Ibid*

²⁹ Timmusk, J., 2006. *Ibid*

Lahenduseks on pinnasega kontaktis oleva seina katmine hüdroisolatsiooniga. Kui see ei ole võimalik, siis tuleb läbi seina paigutada horisontaalne kiht, mis pidurdaks niiskuse transporti (dampproof - course). Rootsi ehitusnormatiivid nõuavad seda keldri seinte juures.³⁰

Seda nähtus on märgatud kõigil objektidel, suuremal (Puhja kirik) või vähemal määral. Antud objektidel seda protsessi on väga raske reguleerida, kuna kirikutel puuduvad vundamentide hüdroisolatsioonid, seepärast soolad, mis on lahustunud vees liiguvad kapillaarset veesambaga kaasa ning kuivemas keskkonnas kristalliseerudes lõhuvad, viimistluspinda, kas krohvi või tellist. Väga hea näide antud protsessist on Puhja kirikus.

Seinte niiskumisega, mis on tingitud vihmaveesüsteemide puudulikkusest ning kapillaarse müüritise niiskumise kolmandaks põhjuseks on valed ehitusvõtted, mida on üritatud üle tuua tänapäeva ehituskonstruksioonidelt, nagu sillutiste rajamine ja mantel krohvid ehk veekindlad krohvid, mis tekitab rohkem kahju, sest oma koostiselt on nad tihedad ja ei lase, niiskusel difundeerida ning niiskus otsib parema aurujuhtivuskeskkonda ja seega leviv fassaadi pinnal parandatust kohast laiali, viies lokaalse kahjustuse edasi. Näiteks võrdleme konstruksiooni kihte materjali aurujuhtivuse seisukohalt δ :

harilik tellis 42-10 kg/msPa x 10⁻¹²

tsementmört 2-12 kg/msPa x 10⁻¹²

*Lubimört 11-32 kg/msPa x 10⁻¹².*³¹

Tsementmört on kordades aurutihedam, ei lase niiskusel ühtlaselt väljakuivata ning seepärast ei sobi see paranduskrohviks.

Krohvimise kuldne seadus: iga lisatud krohvi piuna tugevus peab olema madalam kui eelmisel kihil. Õieti peaks madalam olema auru läbilaskmise võime - aga kuna betooni ja krohvi tugevused ja aaruläbilaskmise võime käivad käsikäes, kasutatakse seaduses tugevust. Seaduse põhjuseks on tõsiasi, et kui niiskuse difusiooni takistus krohvi välispinnas kasvab, kogunevad soolakristallid krohvi piuna taha, kus nende kapillaarpoorides kasvamise surved võivad murda viimase krohvipinda seina küljest lahti.³²

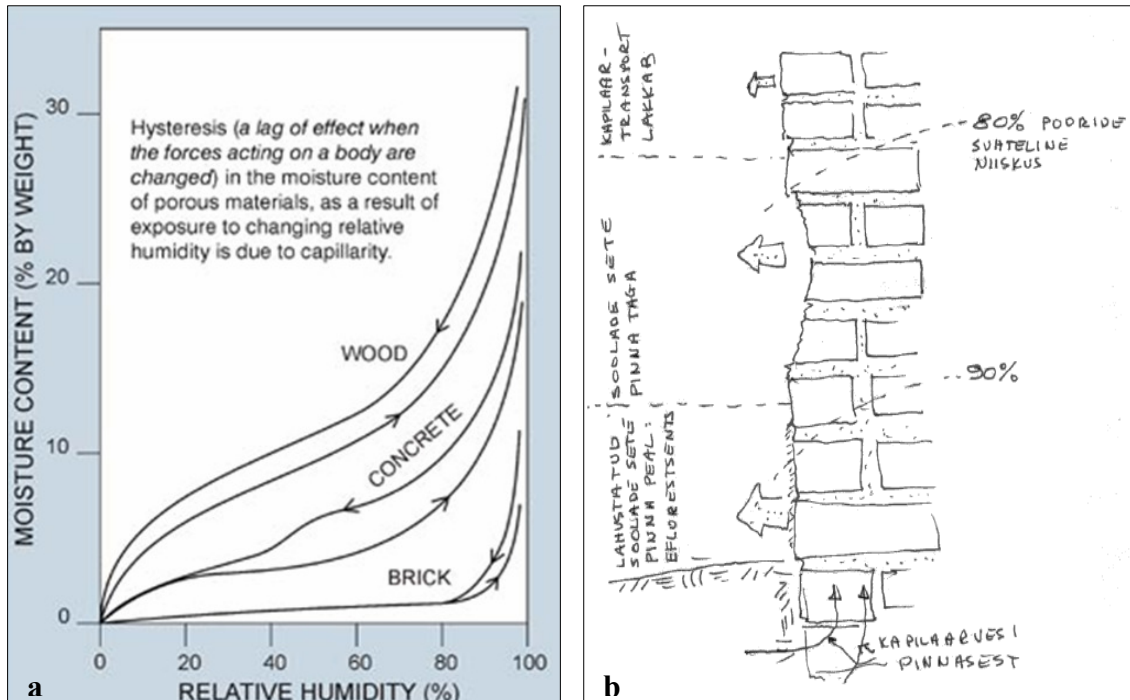
Kui eelnimetatud kolm niiskumiskriteeriumi on lahendatud ja eemaldatud, siis on ratsionaalse viia läbi fassaadi restauratsiooni tööd. Esmaseks võtteks olek hoone niiöelda kuivatamine, sest aastate jooksul on müüritises, kui ka muudes konstruksioonides on kogunenud, suur hulk niiskust ja selle väljakuivamine ehk tasakaaluniiskuse saavutamine võtab aega, mida

³⁰ Timmusk, J, 2006. *Ibid*

³¹ Raado, L., 2006. Ehitusmaterjalid konspekt. EPM. Tallinn 19 lk.

³² Timmusk, J, 2006. Ehitusfüüsika kompendium. Tartu. 27-31 lk.

loeb ka absorptsiooni kõverate graafikult joonis DP.4.a.³³, kus on näha, et kuivamisprotsessid on pikemad, kui niiskumisprotsessid. Niiskumise ja kuivamise graafikud ei kattu. Niiskumisel on materjal sama õhuniiskuse korral veidi kuivem, kui kuivamisel.



Joonis DP.4.(a) Adsorptsiooniisotermid betooni, puidu ja telliskivi jaoks ; (b) kapilaarvee liikumise skeem ja eflorestsents protsessi kirjeldus.

Samuti võib mõjuda see hoone konstruktsioonile ja põhjustada deformatsioone, seepärast krohvimistöodega, ei tasuks kiirustada. Sama seisukohta väidavad ka kogunud insener Heino Uuetalu ja Juhan Kilumets :

Vahet peaks pidama ka krohvimise ja värvimise vahel. “Kuldreegel näeb ette krohvimise ühel aastal ja värvimise teisel,” märkis Uuetalu. Siis saavad vana krohvi alt vabastatud müürid tema sõnul uue lubjakrohvi kihi all piisavalt niiskust välja hingata.

Kilumetsa sõnul on kõige nauditavam väikeste maakirikute remontimine, sest seal on reeglina aega mitu aastat. “See on luksus, sest loomulikult püüab iga meister tööd teha sisetunde, mitte tähtaja järgi. Ajalooline ja metodoloogiline aspekt on sel puhul ühendatud – vanade materjalide kasutamine ning vastavalt ilmastikule ja vajadusele saab hoonel veeauru välja

³³ Kallavus, U, Kivimajade niiskusekahjustused. EKA. Loengukonspekt. 4.14.10 Tallinn.TTÜ

lasta ja hingata. Nii on ilus, nii on hea ja nii teeb kogu tsiviliseeritud maailm,“ kinnitas Kikumets.³⁴

Krohvimis- ja värvimistöid on võimalik teha fassaadide kaupa mitme aasta jooksul.

Kõikide fassaadide üheaegne krohvimine ei ole tehniliselt võimalik, sest tööde maht on ühe sessiooni jaoks liiga suur. Arvestada tuleb, et 10 mm paksuse krohvikihhi kivistumiseks kulub umbes 1 kuu ja tööd peavad olema lõpetatud hiljemalt septembri alguseks.³⁵

Olemasolev krohv eemaldatakse ettevaatlikult müürikive vigastamata. Soolaga nakatunud krohv eemaldatakse nii, et soolakristallid ei leviks teistele konstruktsioonidele ega maapinnale ja viiakse kohe prügimäele. Vana krohv peenestatakse ja seda kasutatakse uue krohvi täiteainena. Sokliosa soolakahjustuste vähendamiseks tuleks jätta vundament esialgu krohvimata.³⁶

Võimalikud krohviparandused tuleb teha olemasolevale krohvile sarnase mördiga. Värv tuleb eemaldada freesi või liivapritsiiga. Arvestada tuleb ka sellega, et lubivärviga on võimalik saada vaid heledaid toone.³⁷

Eesti sisekliima nõuab müüridele ca 15 mm paksust lubikrohvi kihti. Rannikukliima on krohvisuhtes karmim ja seal peab krohvikihhi paksus olema ca 25 mm ja müür, mis on tehtud, looduslikest kividest, peab olema veelgi paksem.³⁸

Väljas saab krohvitöid teha, kui keskmine õhutemperatuur on üle +5 °C või kui tellingutele on paigaldatud talvekate, mille tagust õhku saab soojendada. Enne krohvimistöde algust niisutatakse müüritist tugeva ja ebahütlase imendumise vältimiseks puhta veega.

Esimeseks krohvikihiks on sisseviskekiht, milles kasutatakse traditsioonilist lubimörti (1:1) ja mille liivaterade läbimõõt on kuni 3 mm. See on õhuke (1-5 mm) kiht ja peab katma kogu pinna ühtlaselt. Sisseviskekihti ei siluta. Järgmistel kihtidel, mida nimetatakse tätekihtideks, kasutatakse samasugust mörti. Mörti visatakse kelluga või pritsitakse mördipritsiiga õhukeste (5-7 mm) katvate kihtidena, kuni saavutatakse ettenähtud krohvipaksus. Krohvikihite tuleb teha viis või isegi rohkem, kusjuures peale igat kihti tuleb anda piisavalt aega tahenemiseks. Üks krohvikihhi ei tohi olla väga paks, kuna see viib pragude tekkimiseni. Viimistluskihi tegemiseks kasutatakse sama lubimörti, kuid sel juhul on liivatera suurus kuni 1 mm. Selle

³⁴ Tooming, R.2003. Suvel kiirustades remonditud kirikutelt kukub krohv maha. - Eesti päevaleht, 07, aprill, 2003.

³⁵ Stroh,L.2005.Pärnu Eliisabeti kiriku ülevaatuse aruanne ja remondi hooldustööde ettepanekud. Uppsala 19.05.2005 .lk 43

³⁶ Stroh,L.2005. *Ibid*

³⁷ Stroh,L.2005. *Ibid*

³⁸ Åkesson, K., 2003. Lubimört 1- Praktilisi juhiseid lubivärvi ja lubimördiga töötamiseks.

“Kalkputs 5” tõlge, Tallinn.22 lk

kihi tegemisega peab ootama, kuni viimase täitekihi kivistumine on alanud ning pind on muutunud imavaks. Mört kantakse peale õhukese kihina ja hõõrutakse aluspinnaga kokku. Soodsates tingimustes kulub 10 mm paksuse lubikrohvi kivistumiseks üks kuu. Siseruumides võib kivistumiseks kuluda veelgi rohkem aega. Kuid karboniseerumise kiirendamiseks võib aluskihti iga krohvi- või värvikihi eel niisutada süsihappegaasirikka veega.³⁹

2.10. Aknad ja ukсед

Akende seisukord on eri objektidel erinev, osadel kirikutel on aknaid vahetatud, osal restaureeritud, osad on katkiste klaasidega ning osaliselt on tegemist vitraažidega, mille tuleks eraldi pöörata tähelepanu ja vigastuste olemasolul pöörduda, vastava ala spetsialisti poole. Üldiselt nad nõuavad individuaalset lähenemist.

Põhiprobleemideks on ikkagi niiskuskahjustused, mille tagajärjel mädaneb puit. Esiteks on see, et kiriku seinad on niiskud ning seetõttu kontaktis olevad puit osad, nagu raamid on niisketes tingimustes ja niiskuskahjutused on kergelt tulema. Samuti akendel esines kondensaati ning niiskete seinte koosmõjul, rääkimata katistest aknaklaasidest ja vastava temperatuuri juures tekib soodne keskkond mädanikuseene arenguks ja putukate arenguks. Vanematel akendel on kulunud või pragunenud värv, mis laseb vett imbuda puitu, ja samas raskendab selle väljakuivamise.

Probleeme tekitabavad eelpool nimetatud katuste ja katte plekkide lekked või nende vale paigutus.

Kõige ratsionaalsem akende restaureerimine oleks töökojas, kus mädanenud ja kulunud raamiosad asendatakse sama puiduliigi ning struktuurilt sarnase puiduga. Sisetingimustes, kus jälgitakse kõik tehnoloogilisi kuivatamise, värvimise protsesse, samas tehakse kittimistöid ning sisemised aknaraamid tihendatakse, sellisel juhul puit on korralikult kaitstud ja aken on tihe.

2.11. Pinnase planeerimine

Mitmel objekti on kiriku ümber kasvanud on nn kultuurikiht, mille tulemusena kirikute põranda on esialgsest projektipõhilisest kõrgusest vähemalt 30 cm allpool maapinda.

³⁹ Åkesson, K., 2003. Lubimört 1- Praktilisi juhiseid lubivärvi ja lubimördiga töötamiseks. "Kalkputs 5" tõlge, Tallinn.22 lk

Ehitustehnilistel põhjustel on kirikud rajatud kõrgendikule, nüüd esialgse koha valik ei täida oma funktsioone täies mahus. Lisaks sellele on hoone ümbruses mitmel objektil on tekkinud vihmaveest põhjustatud vall, mis ei lase vihma veel eemale minna, isegi kalde olemasolul. Esiteks uurida, kas maapinda on võimalik koorida sedavõrd, et tellismüür satuks õhu kätte, oma algse planeeritud lahenduseni. Uurida tuleb ka kiriku ümber dreanaži paigaldamise võimalust koos sadevete süsteemiga ja leida sellel väljund. Eelnimetatud tööde teostus oluliselt vähendaks hoonetele niiskuskooormust.

2.12. Vundament

Kirikute suurim osa probleeme tekitab tänu niiskusele, mis takistamatult imbub pinnasest vundamenti ja seal kapillaarselt liigub ülesse umbes 1, 5 m maapinnast kõrgemale ning kuivab nii sise- kui ka välisseintel. Sellega tekitab külma- ja soolkahjutusi.

Vundamenti tuleks isoleerida ja alandada selle ümbruses veetaset dreanaži süsteemiga.

On olemas ka muid suhteliselt värskeid ja alternatiivseid lähenemisi, näiteks: Puuraukmeetodil- seinamüüritisse puuritakse sobivale kõrgusele teatud kindla vahemaa tagant augud, millesse injekteeritakse madalsurvel või loomulikul teel spetsiaalset vedelikku-lahust või silikooni, mis imendudes ja kivistudes müüritis moodustab kapillaarniiskuse tõusule kaitsetõkke [d]. Kuigi see meetod ei garanteeri täieliku isolatsiooni, vaid pigem pidurdab seda protsessi, mida katsetati Taani Tehnoloogia Instituudis (Danish Technological Institute, Masonry Center)⁴⁰.

Teine meetod, mida saaks kasutada on roostevaba profiilse metallplaadi lööksurumine müüritise vuuki, millega kaetakse hoone perimeeter ning see töötab niiskustõkkena.⁴¹

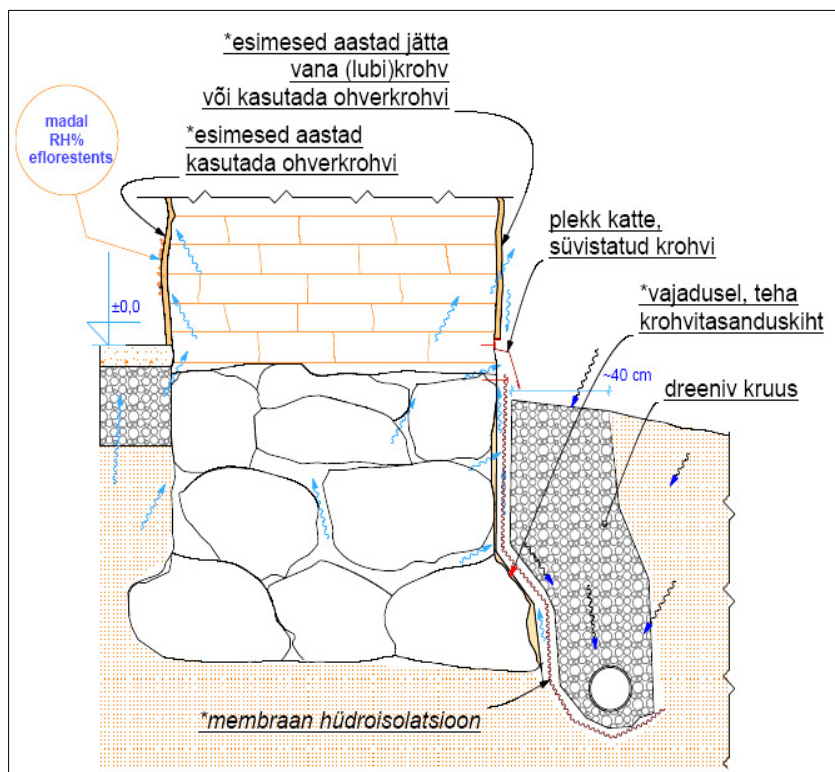
Eelnimetatud meetodeid on raske rakendada kirikute puhul, kuna vundamendid on maakivist ja vuugikohta on raske tabada, sest kivid on eri suurusega, sama on ka injekteerimisega, sest ühtlast mürdi imbumist on rase tagada, need meetodid on mõeldud eelkõige telliskonstruktsioonidele, kus on kindel vuugikoht ja sellest tehakse, niiöelda imbhüdroisolatsioon (injekteerimisel) või plaadi sissesurumismetoodikaga takistatakse kapillaarse veetõusu.

Traditsiooniline dreanaži paigaldus oleks töökindlam ja läbiproovitud võtte, mida on edukalt kasutatud mitmeid aastaid ja selline lahendus oleks palju kohasem ajaloolistele objektidele.

⁴⁰ Hansen, F., Frambøl, C. 2006 Danish Technological Institute, Masonry Center. Rising damp Test of chemical injection methods. lk 8

⁴¹ Technologie HW-System. Haböck&Weinzierl – kättesaadav: www.hw-system.de

Näiteks analoogseid näidiseid järgnevatel fotodel vt. joonis Dp.5 ja 6. Ning vundamendi ja seinte niiskuskooormuse vähendamiseks ja edaspidiseks konstruktsiooni kogutud niiskusest vabanemiseks, kasutada membraan hüdroisolatsiooni, mis tagav nii veekindluse ja seina ventileeritavuse.



Joonis DP.5. Põhimõtteline skeem, kiriku vundamendi restaureerimiseks.

Joonisel on näidatud niiskuse liikumist ja selle võimaliku väljumist krohvi pindadel ja õhutusvahede kaudu membraan hüdroisolatsiooni kaudu.

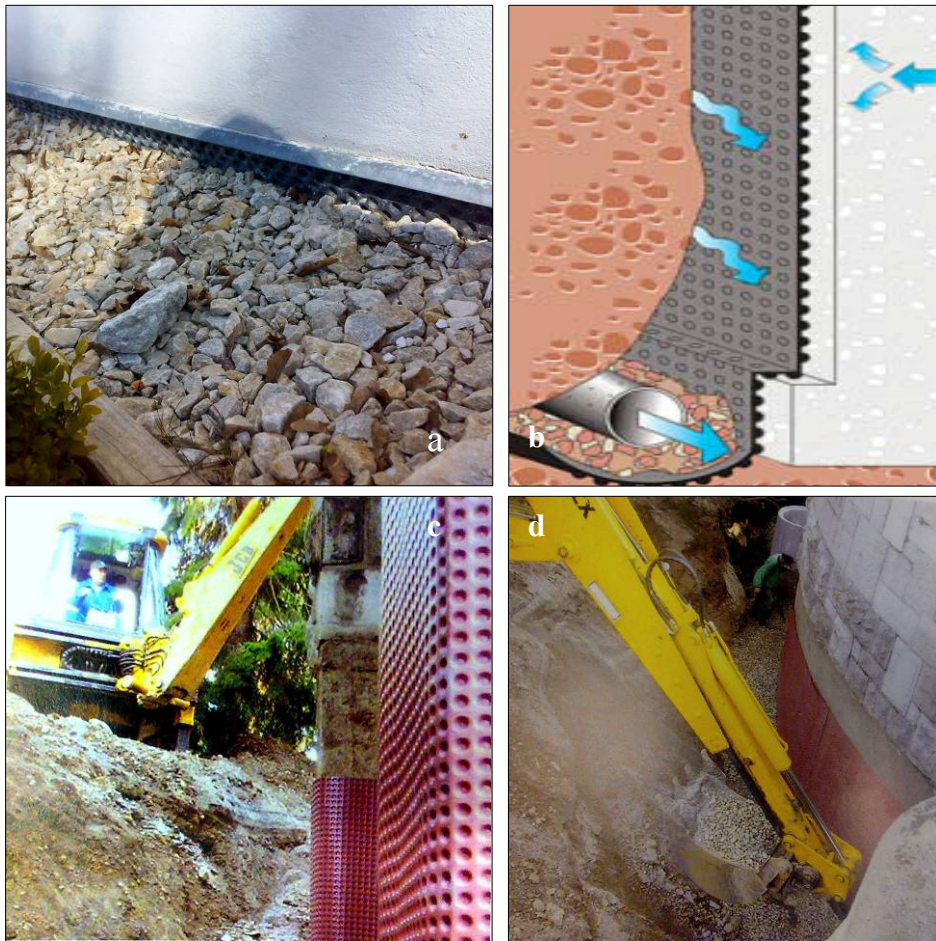
Tänu erilistele pinnaõhustustele tagab see materjal hea ventilatsiooni ja pealispinna dreanaaži. Taldmikust allapoole paigaldada dreanaažitorustik, mis oleks ümbritsetud dreeniva pestus killustikuga. Dreenikihti eraldada filterkanga ümbritsevast maapinnast. Vundamendile paigaldava vertikaalne, hüdroisolatsioon ja teha tagasitäide vt. joonis Dp.5. ja 6⁴². Vundament kaevatakse väikeekskavaatoriga 0,8... 1,2 m laiuselt lahti, korraga mitterohkem kui 6 m pikkuste järkude kaupa.⁴³ Seejuures tuleb arvestada hoone püsivuse kaotuse võimalusega, kuna pinnase külgsurve lahtikaevatud kohtades vundamendile lakkab.⁴⁴ Kuigi

⁴² Ševerkar, D. 2004., Ossuary of the Victims of the World War I at Zale Cemetery, Ljubljana - Rmt: Mauro Felicori & Annalisa Zanotti (toim.). Cemeteries of Europe, A Historical Heritage to Appreciate and Restore. Bologna : Compositori Industrie Graffiche, lk 199- 201.

⁴³ Käärid, S. 2004. Hoonete remont ja rekonstrueerimine 2.osa. Tallinn. Tallinna Tehnikakõrgkool. 34 lk.

⁴⁴ Käärid, S. 2004. Ibid

tegemist on ajalooliste hoonetega mis pärinevad 14.sajandist, siis tasuks läheneda tagasihoidlikumalt.



Joonis DP.6. (a)Padise mõisa sokkel; (b) Tefond hüdroisolatsiooni tööpõhimõtte; (c)ja (d) membraani paigaldamine (Zale surnuaeda luukamber)

Vundamenti tuleks etapiliselt, umbes 3-4 meetri ulatuses lahti kaevata tallani, kuna vanade hoonete vundamendid on laotud maakividest, mille vahel on olnud lubi krohv ja nüüdseks ajaks on raske prognoosida, nende tugevust ja jäikust kui järsult eemaldatakse pinnasesurve.

2.13. Sokkel

Kirikutel on vigastatud just sokli osa, sest pidevad märgumised ja niiskuse väljaskuivamine algab just seal ja need enamasti vigastatud nii külmakahjustustes, kui ka soolade kristalliseerumistest. Samuti soklid olid viimistletud tihedate tsementmörtidega, mis ei lase niiskusel välja kuivada,.

Isegi kui vundament on isoleeritud niiskusest, soklid ei saa kohe kuivaks, sest sealt jätkub, soolade kristalliseerumine, kuna seinad ja hoone alune on niiske ja kristalliseerumise protsess jätkub, kuni niiskus kapillaarselt aurub konstruktsioonidest.

Nagu eelpool mainitud, kui põrandale paigutatakse tihe kate, suureneb vundamendi ja seinte niiskuskoormus, sama protsess toimub ka sillutusribaga, need ahendused ei sobi analoogsetele hoonetele.⁴⁵

Selleks perioodiks seinat säilitamiseks külma- ja sool kahjustustes peaks kaitsma ohverkrohvi. Ohverkrohv on ajutine lahendus, mille eesmärk on hoida hoones soklit külmatsüklite kahjustustest, kuna materjal on hästi poorne soolad kristalliseeruvad poorides, kui soolade kontsentratsioon suureneb, purunevad poorid ja krohvi irdub seinalt. Nähtavaid soolakristalle tuleks regulaarselt maha pühkida, et need ei satuks uuesti ringlusse. Ohverkrohvi hoitakse seni, kuni soolade kristalliseerumine selle pinnale vaibub.⁴⁶

Krohvi visatakse müürile 25-60 mm paksune krohvikihit ehitakse paljude õhukeste kihtide kaupa. Retsept (100 kg segu) : 10 kg kustutatud lupja, 40 kg täitelupja, 50 kg tellispuru. Viimistluskihi tegemiseks sõelutakse täitelubi ja tellispuru maksimaalselt 1,5 mm teraga fraktsiooni.⁴⁷

2.14. Põrandad

Arvestades et kirikutes on väga niiske sisekliima ja eriti maapinna kinnises konstruktsioonis nagu põrand, siis tuleb arvestada ka sellega, et sellistes tingimustes puitkonstruktsioonid ei ole võimelised täitma oma funktsioone.

Puidu kahjurite ja bioloogiliste lagundajate teemat on pikemalt käsitletud eespool katusekonstruktsioonides. Ning teostatud kirikute ülevaatustest ilmnes see, et kõigi vaadeldavate kirikute põrandad olid mädanenud ja kas seda vahetati kivipõranda vastu või üritati restaureerida, kuid antud juhul õnnetult, kuna teosotsviisid (vt. Sangaste kiriku, ülevaatus) ja mädanemise probleeme ei ole kõrvaldatud. Muudel objektidel nagu Puhja ja Jõelähtme kirikul on puit põrand eemaldatud ja asendatud plaatidega vt. joonis DP.7 c. ja d. Kivipõrand on ratsionaalne lahendus kiriku puhul, sest puit põrand eeldab eelnevat, kuiva põrandaalust.

⁴⁵ Humble, O. 1990. Äldre murverkshus. Reparationer och ombyggnad. Byggeforskningsradet. Stockholm. lk 134.

⁴⁶ Stroh, L. 2009. Albu mõisa peahoone Ekspertarvamus fassaadide niiskuskahjustuste kohta. lk 7

⁴⁷ Åkesson, K., 2003. Lubimört 1- Praktilisi juhiseid lubivärvi ja lubimördiga töötamiseks.

“Kalkputs 5” tõlge, Tallinn. lk 27.



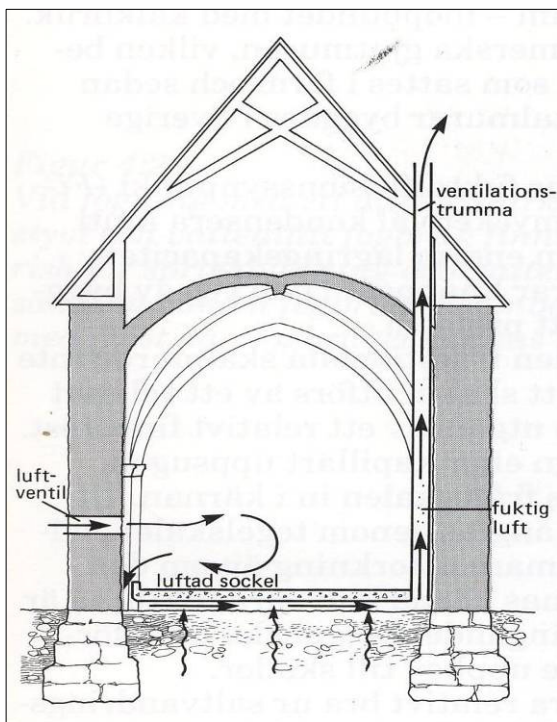
Joonis DP.7. (a) Sangaste kiriku põrand, jäätunud vent. ava; (b) Rannu kiriku põrand, vent. avadega ; (c) Jõelähtme kiriku plaatpõrand (d) Puhja kiriku plaatpõrand, tumedad laigud viitavad põrandaalusele niiskusele.

Aga samas, nagu eelpool käsitletud tihe kinnine plaatpõrand, loob müüritisele lisakoormust, sest aastate jooksul on kirikupõranda all on kogunenud suur hulk sade ja kapilaarvett, mida on näha joonisel Dp. 7. a ,kus on näha kuidas põranda ventilatsiooni avast auruna väljuv niiskus on jäätunud ventilatsiooniavas, ilmselt kirikus on külmem, kui põrandaaluses. Ning sellele faktile toetudes või prognoosida suhteliselt lühikest puitpõranda eluiga.

Analoogselt üritati päästa ka Rannu kiriku põrandat (joonis Dp.7. b), puurides ventilatsiooni avasid, kuid selle vigastused on juba ulatuslikud. Põranda all olevat niiskust on ka näha, Puhja kirikus, kus põranda plaatidel ilmusid tumedamad laigud vt. joonis Dp.7.d. Rootsi

restaureerimise alases kirjandusel leidis, lahendus kiriku pörandate, kaasajastamise näide, kus lahendase uue tihedate pörandakatte ventilatsiooni vt. joonis Dp 8.⁴⁸

Eelpool toodud lahendus on lahendatud korstna efekti näol, kus õhuliikumise teostatakse loomuliku ventilatsiooni teel ehk temperatuuride erinevusest tingitud korstna efekt, mis baseerub erinevatele õhutihedustele.



Joonis Dp.8. Uue betoonpöranda alune ventilatsioon lahendase, pöranda aluse tuulutusevahega, mis on äärtest avadega ja väljatõmme teostatakse pikka ventilatsiooni toruga, mis väljub katusele. Tuulutuseks kasutakse seinas oleva õhutusava. Selline ringlus ventileerib pörandaalust.

Muidugi antud lahendus on keeruline, esiteks kuna tegemist Muinsuskaitse oletavate objektidega, kus igasugune kaasajastamine võetakse väga kriitiliselt vastu, isegi kui see parandaks hoone seisundit. Seda väidet argumenteeriks sellega, et Rannu kirikule üritati paigaldada vihmaveetorustiku, ning Muinsuskaitse keelas selle tegevuse. Samuti see lahendus vajaks vähemalt kaks ventilatsiooni torustiku, et tagada piisava tootlikkuse, kuna kirikute orienteeruv pörandapindala on umbes 600 m². Teiseks on see lahendus on pärit Rootsist ja sealsed kirikud on köetavad ja niinimetatud korstna efekt on tagatud aga antud juhul on tegemist kütteta kirikutega ja selle süsteemi rakendamine tuleks kõne alla ainult talvel või sundventilatsiooniga. Ning kolmandaks pörandaalust on mõtet tuulutada, kui välisõhu

⁴⁸ Humble, O. 1990. Äldre murverkshus. Reparationer och ombyggnad. Bygghörsningsradet. Stockholm. lk 126.

suhteline niiskus on madal, näiteks kevadel, siis antus lahendus toimiks ja kuivem õhk suudaks endasse siduda pörandaalust niiskust. Suvel antud süsteem ilmselt ei toimiks, sest suvel on välisõhk soojem ning kõrge suhtelise niiskusega ja mahutab endasse rohkem niiskust, näiteks 20 °C juures max. auruisaldus on 17,3 g/m³ 2337 Pa õhurõhu juures ja kui see õhumass lasta läbi madalama temperatuuri keskkonda, milleks oleks pörandalaune mille oletatav temperatuur oleks umbes 10 °C siis, 10 °C juures max. auruisaldus on 9,4 g/m³ 1227 Pa õhurõhu juures. Järelikult madalama temperatuuriga õhk ei suuda siduda, niiskust ja pinnad on samuti madalama temperatuuriga ja siseneva õhu niiskus kondenseerub, ümbritsevale pinnale. Antud töös teostatud sisekliima tulemuste põhjal saab järeldada, et Eesti tingimuses ja kütmata kirikutes, kus siseõhu suhteline niiskus on 80%-di juures ja samas köetavates kirikutes on siseõhu suhteline niiskus on 50 %- di juures, antud süsteem toimiks pideva või automatiseeritud järelvalve all, et ei tekkiks vastupidist olukorda, ehk väliõhust saadud niiskuse akumulereerimist pörandaalustesse.

3. Kokkuvõtte

Käesoleva Puhja kiriku seisundit on jälgitud juba kahe aasta jooksul ja iga aastaga tekkib aina rohkem kahjustusi, mis on seotud liigniiskusega ning kirik pidevalt laguneb ja vajab insenertehnilist sekkumist, niiskusprobleemide kõrvaldamiseks.

Kirikute hooldus- ja restaureerimistööde järjekord sõltub kindlasti rahalistest võimalustest, samas tuleks arvestada, et õigeaegselt tehtud hooldustööde ja parandustega saab vältida suurte vigastuste tekkimist ja arenemist. Siinkohalt peaks rakendada ka ajutisi võimalusi. Ka suuremate remonditööde ootel tuleb vigastused kõrvaldada või parandada ajutiste lahendustega.

Uuetalu sõnul on halb, et kirikuremontide rahastamise süsteem näeb ette aasta alguses raha eraldamist ning objekti üleandmist sama aasta septembrikuuks. Seetõttu tuleb pühakodasid remontida kiirustades.⁴⁹ Tuleks seada tööde prioriteete, mis toimiks vastavalt ehitustehnilisele ekspertiisile, mis määraks tööde järjekorda, mitte käituda vastavalt eelarvete ja võimalustele, pigem kasutada ajutist lahendust, kui teha neid töid, mida tulevikus tuleb uuesti hakata kordama.

Esimesena, käsitledes kirikute konstruktsioone, tuleks pöörata tähelepanu katustele ja likvideerida võimalikud lekked. Katus peab olema vastupidav ja terve.

⁴⁹ Tooming, R.2003. Suvel kiirustades remonditud kirikutelt kukub krohv maha. - Eesti päevaleht, 07, aprill, 2003.

Fassaadi viimistlemisel tuleb kasutada traditsioonilisi meetodeid ja materjale, mis annavad vastupidava ja nägusa tulemuse. Tänapäeva ehitusvõtted ei sobi ajalooliste hoonete restaureerimiseks, näiteks kasutades ühte tänapäeva ehitusvõtet ja samas jättes kõrvale kaasaskäivaid tehnosüsteeme - selline lähenemine ei anna tulemust.

Krohvida ja värvida saab alles siis, kui kõik sadeveesüsteemid ja katteplekid on korras ning sadeveed ja ümbritsev pinnas ei soodusta liigselt müüritise ja vundamendi märgumist. Sellises seisundis kirikud tuleks jätta paariks aastaks kuivama, et vabaneda aastatega kogunenud niiskusest.

Kõik hoonega tehtud tööd, kasutatud meetodid ja materjalid tuleb dokumenteerida.

Eelpool on toodud üldised põhimõtted vaade hoonete restaureerimiseks. Neid töid ei saa võrrelda nii ajalisel, finantstasemel ega ka uusehitusega, nii nagu viimsel ajal on välja kujunenud. Kuna tööde mahud ja teostusprotsessid on väga erinevad ja nõuavad traditsioonilisi ehitusvõtteid ja tehnoloogiaid, mis on omakorda aja- ja töömahukamad. Iga kirik vajab individuaalset lähenemist ja ka kindlasti jooksvat hooldust, et edaspidi vältida suuri konstruktsiooni vigastusi ja restaureerimistööde mahte.

4. Kasutatud kirjandus ja teised allikmaterjalid

Puhja kiriku ala mõõdistustoimik, Tartu rajoon Puhja külanõukogu
EAA.5238.1.99 lk 3

Puhja kiriku plaanid. Koostanud 1932. aastal O. Grohmann
EAA.2100.18.43

Åkeson, K., 2003. Lubimört 1- Praktilisi juhiseid lubivärvi ja lubimördiga töötamiseks.
“Kalkputs 5” tõlge, Tallinn.

Alttoa, K.1999. Eesti Arhitektuur. Puhja Dionysiose kirik. Tallinn : Valgus.

Andersen, J.2005. Sisekliima ja hallitusseened. Tartu: Eesti Mükoloogia Uuringute Keskus SA.

Danil, A.1996. Katuse ja torni tehnilise seisukorra ülevaatus. Arhitektuurbüroo Vanad kirikud.

Humble, O.1990. Äldre murverkshus. Reparationer och ombyggnad.Byggforskningsradet. Stocholm.

Hansen,F.,Frambøl,C. 2006 Danish Technological Institute, Masonry Center.Rising dampTest of
chemical injection methods.

Kallavus,U. Kivimajade niiskusekahjustused. EKA. Loengukonspekt. 4.14.10 Tallinn.TTÜ

Konsa, K.2006.Konserveerimisbioloogia.Eesti Kunstiakadeemia Restaureerimiskool.

Käärid, S.2004. Hoonete remont ja rekonstrueerimine 2.osa.Tallinn. Tallinna Tehnikakõrgkool.

Malva, L., Kalamees, T. 2008. Indoor Climate in the Cathedral of Saint Mary the Virgin, Tallinn.
Tallinn University of Technology. Internal report.

Raado, L..2006.Ehitusmaterjalid konspekt. EPM.Tallinn .

Stroh, L.2005.Pärnu Eliisabeti kiriku ülevaatus aruanne ja remondi hooldustööde ettepanekud.
Uppsala

Stroh, L.2006. Puhja kiriku niiskusekahjustuste ülevaatus aruanne. Uppsala.

Stroh, L. 2009 Albu mõisa peahoone Ekspertarvamus fassaadide niiskuskahjustuste kohta.

Ševerkar, D. 2004., Ossuary of the Victims of the World War I at Zale Cemetery, Ljubljana - Rmt: Mauro Felicori & Annalisa Zanotti (toim.). Cemeteries of Europe, A Historical Heritage to Appreciate and Restore. Bologna : Compositori Industrie Graffiche.

Timmusk, J. 2006. Ehitusfüüsika kompendium. Tartu.

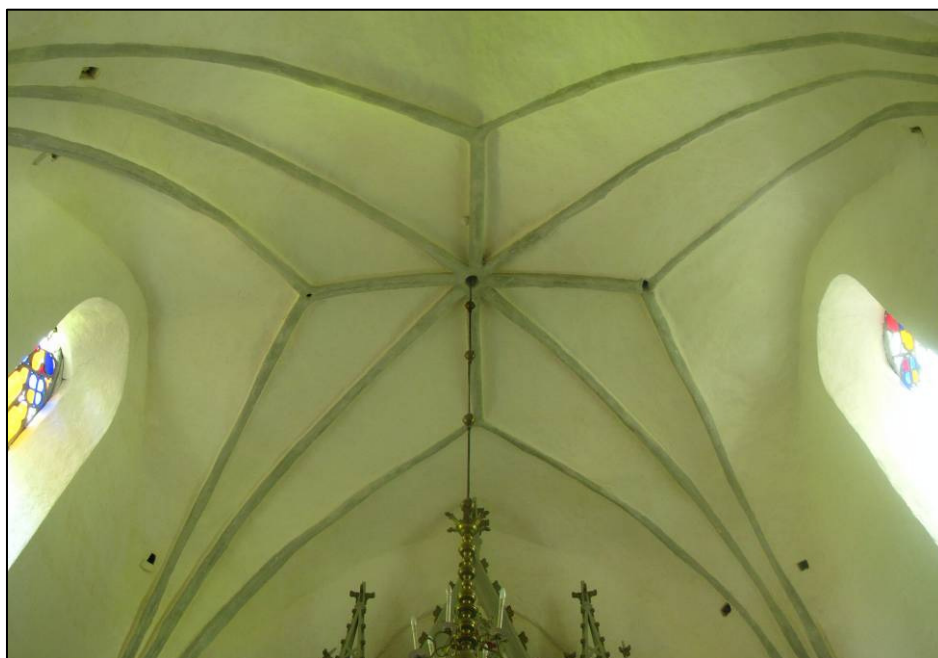
Technologie HW-System. Haböck&Weinzierl – kättesaadav: www.hw-system.de

Traksmäa, T. 2005. Puhja kiriku põrandad. Muinsuskaitseline aruanne. Wunibald ehitus. Tartu.

Tooming, R. 2003. Suvel kiirustades remonditud kirikutelt kukub krohv maha. - Eesti päevaleht, 07, aprill, 2003.

Õiger, K., 2003. Ehitiste renoveerimine. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool.

5. Detailid



Joonis D.1. Puhja kiriku kooriruumi tähtvõlv pärineb 15. saj.
Foto: Maksim Kurotskin 2010 a. kevad .



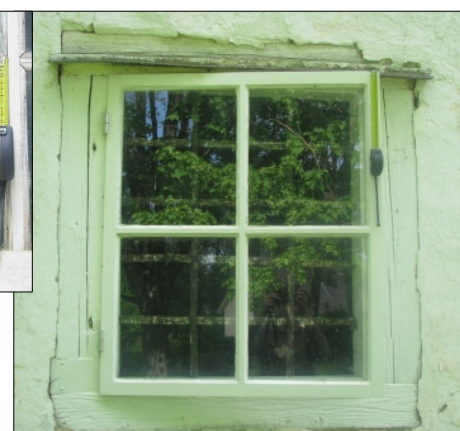
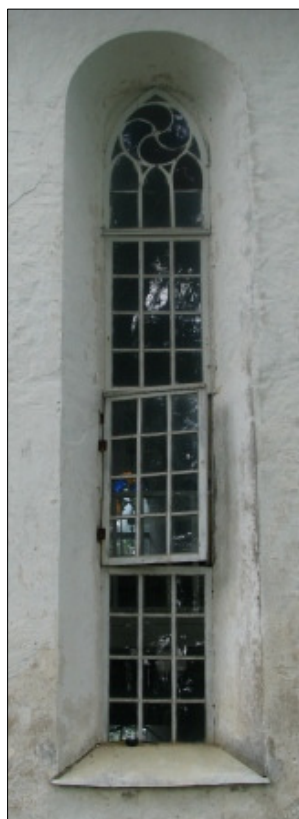
Joonis D.2. Puhja kiriku Lääne fassaad.
Foto: Maksim Kurotskin 2010 a. kevad .



Joonis D.3. Puhja kiriku torn
(vaade Läänest)
Foto: Maksim Kurotskin 2010 a. kevad .



Joonis D.3. Puhja kiriku torn
(vaade Põhjast)
Foto: Maksim Kurotskin 2010 a. kevad .



Joonis D.4. Puhja kiriku aknad
Foto: Maksim Kurotskin 2010 a. kevad .



Joonis D.5. Puhja kiriku pihhoone uks Põhja fassaad.
Foto: Maksim Kurotskin 2010 a. kevad .



Joonis D.6. Puhja kiriku Lääne fassaadi peauks.
Foto: Maksim Kurotskin 2010 a. kevad .



Joonis D.7. Puhja kiriku käärkambri uks.
Foto: Maksim Kurotskin 2010 a. kevad .

Joonis D.8. Puhja kiriku kantsel (1872).
Foto: Maksim Kurotskin 2010 a. kevad .



Joonis D.9. Puhja kiriku rõdu post.



Joonis D.10. Puhja kiriku altari sein maal „Kristus ristil”
Foto: Maksim Kurotskin 2010 a. kevad .



Joonis D.11. Puhja kiriku nišši sein maaling.
Foto: Maksim Kurotskin 2010 a. kevad .



Joonis D.12. Puhja kiriku vitraaži tüübid
Foto: Maksim Kurotskin 2010 a. kevad .



Joonis D.13. Puhja kiriku lühtrid
Foto: Maksim Kurotskin 2010 a. kevad .



Joonis D.14. Puhja kiriku orel (1882)
Foto: Maksim Kurotskin 2010 a. kevad .



7. Panoraamid

8.2 Puhja kiriku plaanid, lõiked