

# VALJALA PÜHA MARTINI KIRIK

## Seinte niiskusemõõtmised aastatel 2012-2014, kiriku sisekliima ja seinte sooldumine



Põhiline ehitusmaterjal: Kaarma dolokivi ja kohalik lubjakivi (Valjala dolokivi).

### Kiriku probleemid

Seinad märjad, ebasobiv sisekliima, ulatuslikud biokahjustused, külmakahjustused, ehitise konstruktsiooni deformatsioonid:



vetikad, külmakahjustus, majavamm



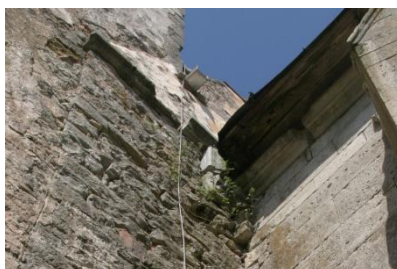
vetikad kondensvee niredel



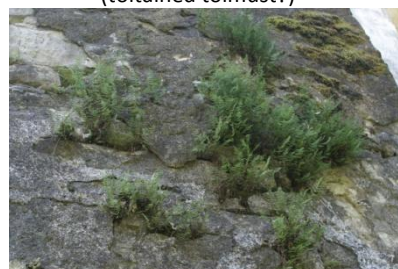
vetikas horisontaalsetel pindadel (toitained tolmust?)



Vee-, jää- ja lumekahjustused



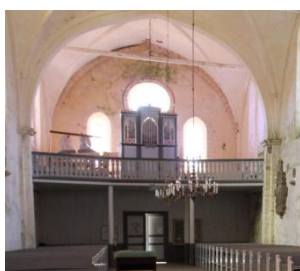
ebaõnnestunud vihmaveesüsteem, taimed kasvavad seinapragudes



sõnajalad ja sammal



„kunstilised kahjustused“ – põhjus külmumine ja sooldumine



võlvide vajumine, seinad ülevalt väljapoole kaldu



allakukkunud võlvviroided



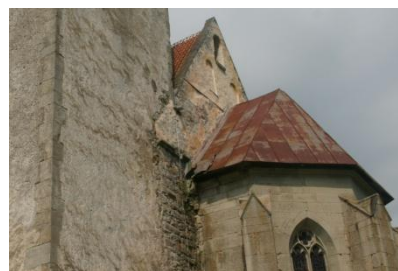
kondensvesi (7.07.2012)



seinamaalingute hävimine



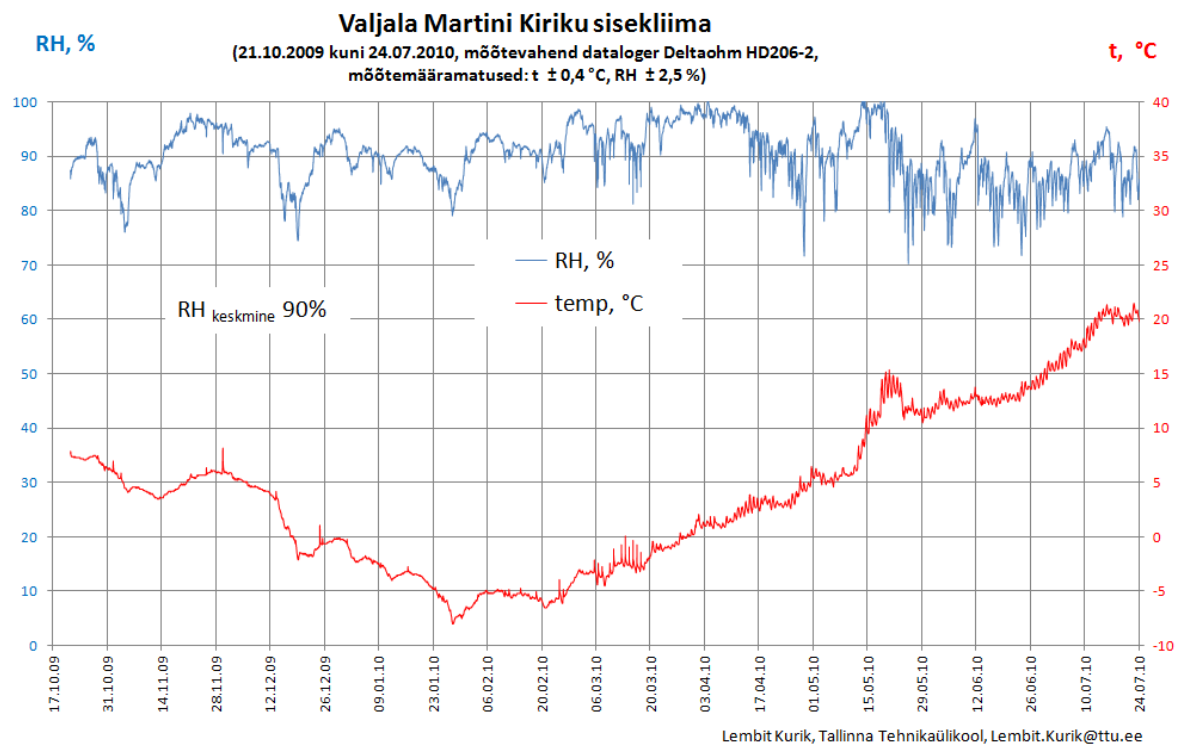
lagunenud krohv ja vuugid -väga lühike räästas, vihmaveesüsteemi puudumine



seina lagunemine suure veekoormuse tõttu

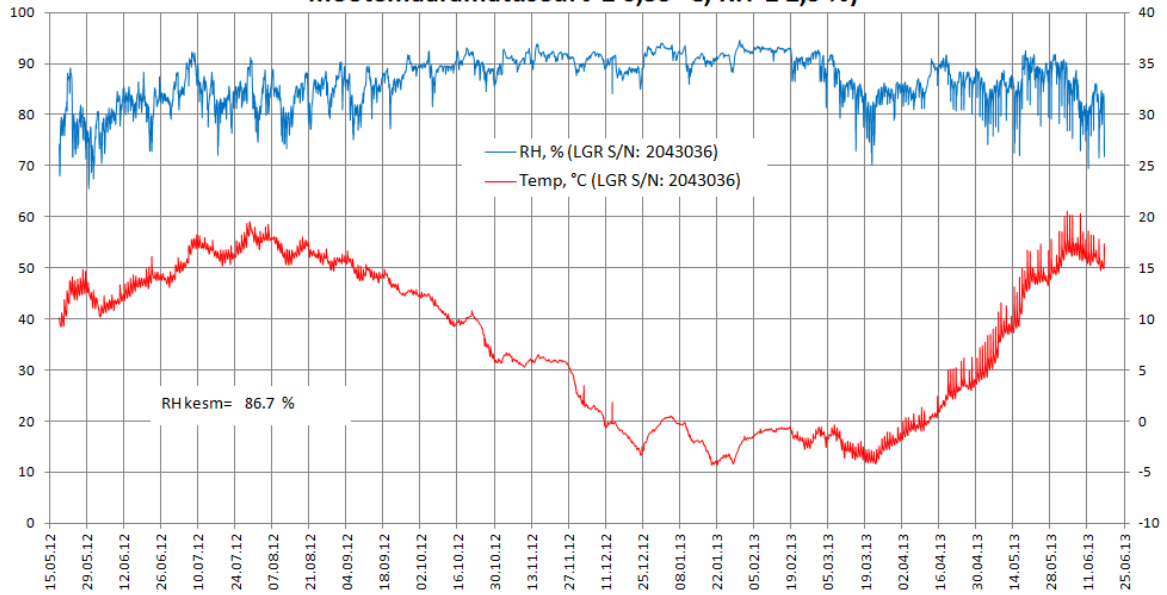
Tõenäoliselt üks Eesti vanimaid ehitisi on väga halvas olukorras ja vajaks investeeringuid vältimaks kiriku aeglast kuid pidevat hävimist.

## Kiriku sisekliima



Sisekliima mõõtetulemused 2009/2010 (Pühakodade projekt, Rändmeister)

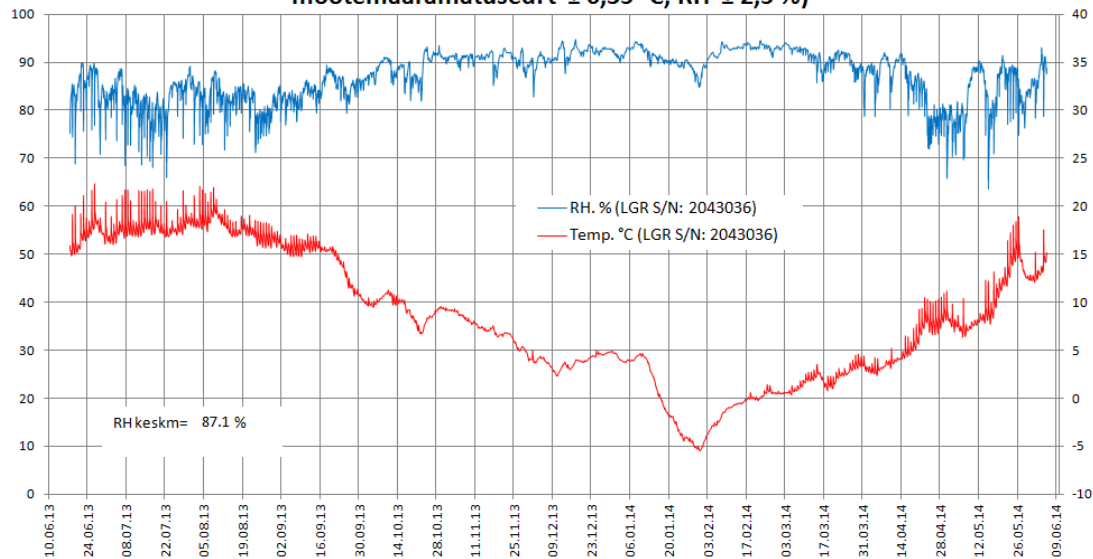
**Valjala Martini Kiriku sisekliima, altar**  
**(18.05.2012 kuni 17.06.2013, mõõtevahend dataloger Hobo U-12 011,**  
**mõõtemääramatused:  $t \pm 0,35 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\text{RH} \pm 2,5 \text{ \%}$ )**



Alan Väli, Tallinna Tehnikaülikool, Alan.Vali@ttu.ee

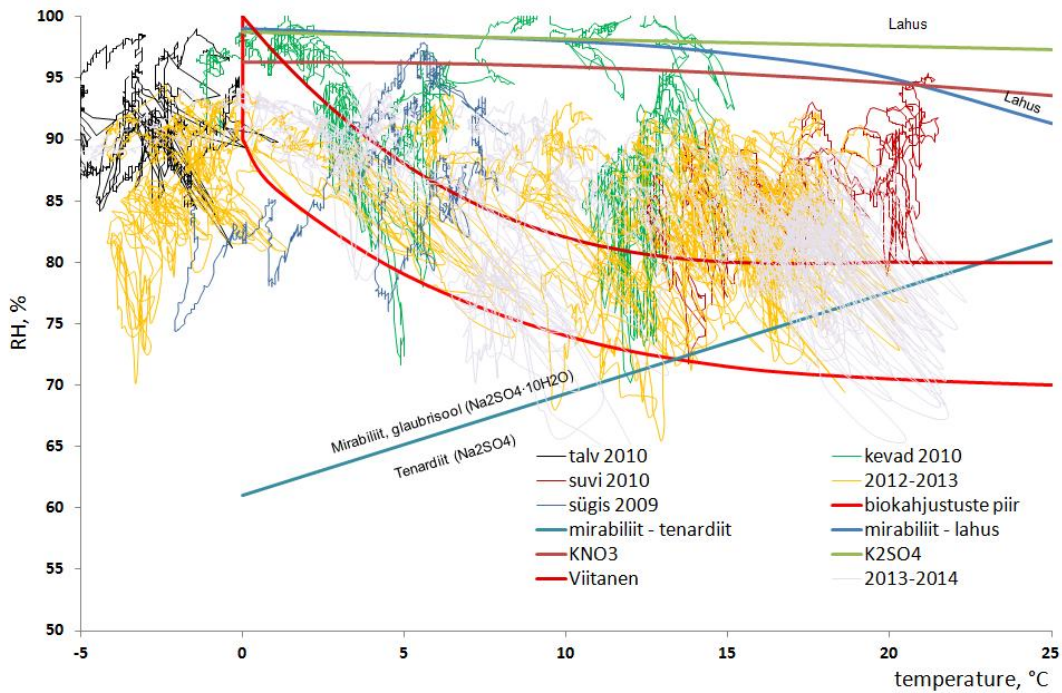
**Sisekliima mõõtetulemused 2012-2013 (SMC projekt)**

**Valjala Martini Kiriku sisekliima, altar**  
**(17.06.2013 kuni 5.06.2014, mõõtevahend dataloger Hobo U-12 011,**  
**mõõtemääramatused:  $t \pm 0,35 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\text{RH} \pm 2,5 \text{ \%}$ )**



Targo Kalamees ja Lembit Kurik, Tallinna Tehnikaülikool, Lembit.Kurik@ttu.ee

**Sisekliima mõõtmistulemused 2013-2014**



### Sisekliima mõõtmistulemused esitatud temperatuur(t) – suhteline õhuniiskus teljestikus.

Tüüpiliselt kõigile Saaremaa kütmata kirikutele on suhteline õhuniiskus kirikus läbi terve aasta väga kõrge (ligi 90 %), mis loob soodsad tingimused vetikate, hallituse, seente ja bakterite arenguks. Talvel langeb sisetemperatuur pikaks ajaks nullist allapoole, mille tulemusel väga niisketes seintes tekivad külmakahjustused.

### Seinte niiskusemõõtmised

mõõtmiste teostamise ajad: 07.07.2012, 12.06.2013 (SMC project 2012-2013) ja 08.08.2014

sensor: Moist P mõõtesügavusega kuni 30 cm.

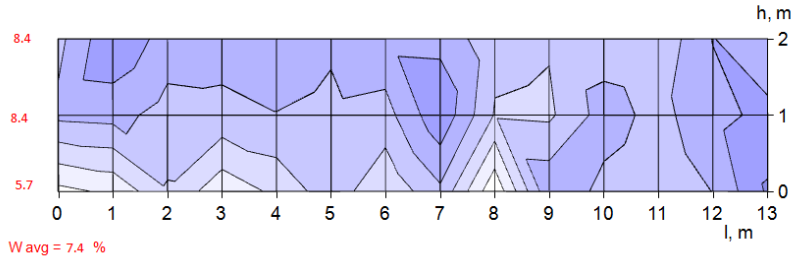
# Pikihoone põhjasein keskmises ja läänepoolses löövis:



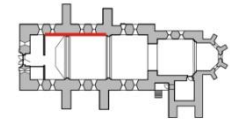
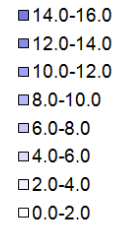
Fotod seinast

W<sub>avg</sub>, h, % pikihoone põhjasein keskmises löövis

8.08.2014

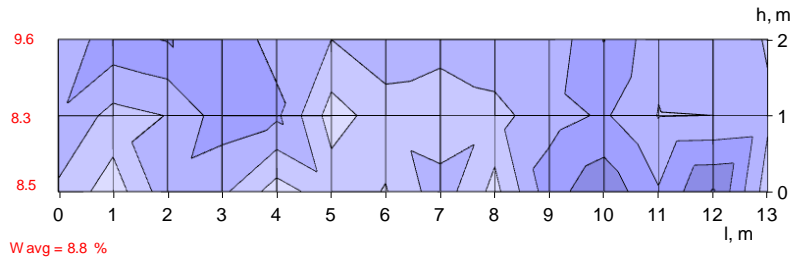


W, %

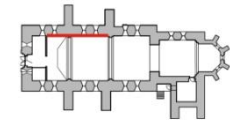
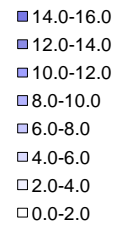


W<sub>avg</sub>, h, % pikihoone põhjasein keskmises löövis

12.06.2013

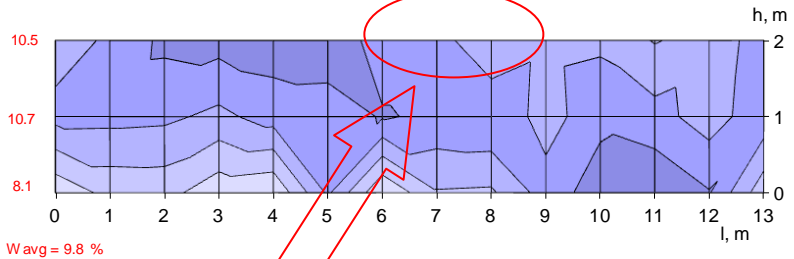


W, %

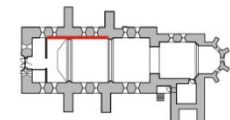
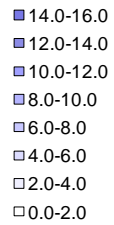


W<sub>avg</sub>, h, % pikihoone põhjasein keskmises löövis

7.07.2012



W, %



Seina niiskusesisalduse kaart juulis 2012 ja juunis 2013



Rohelise vetika punktikujulised kolooniad

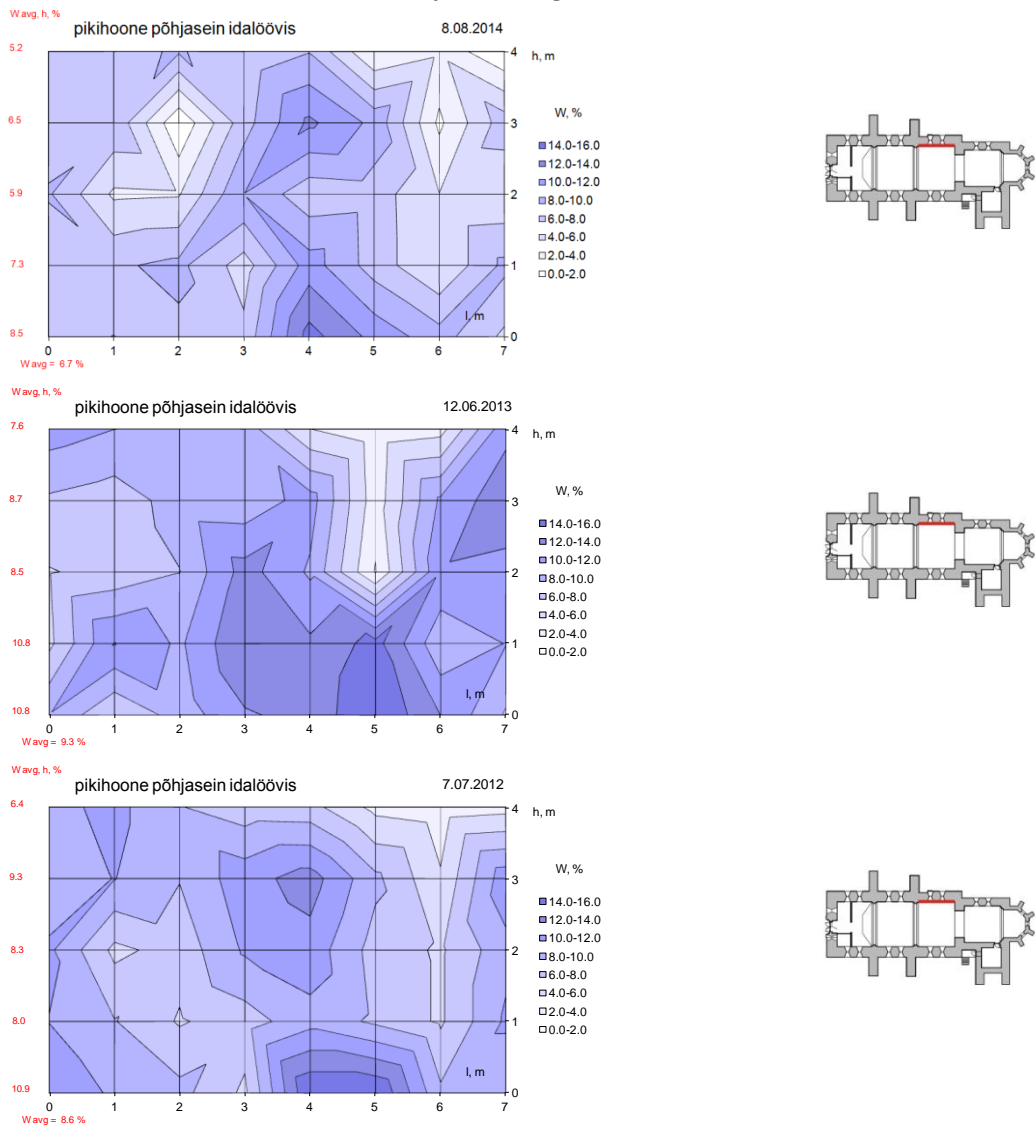


Seina välisvaade

# Põhjasein pikihoone idalöövis:



Seina sise- ja väliskülg



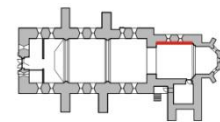
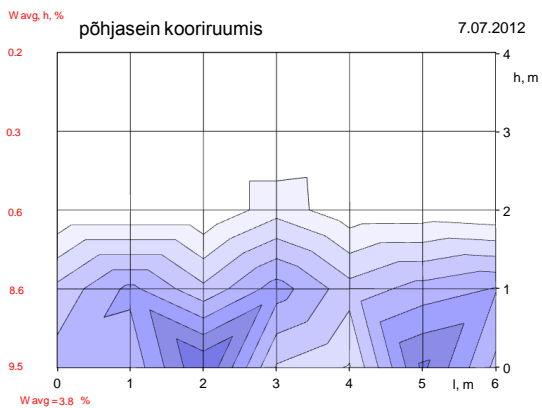
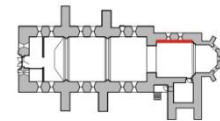
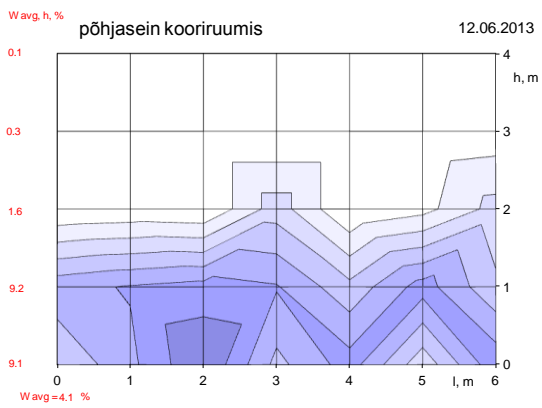
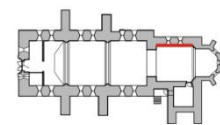
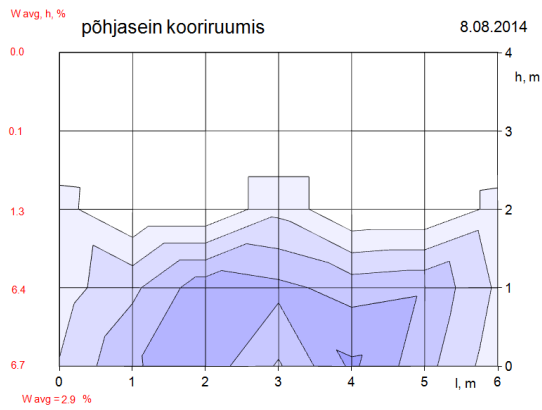
Seina niiskusjaotus juulis 2012, juunis 2013 ja augustis 2014

# Kooriruumi põhjasein:



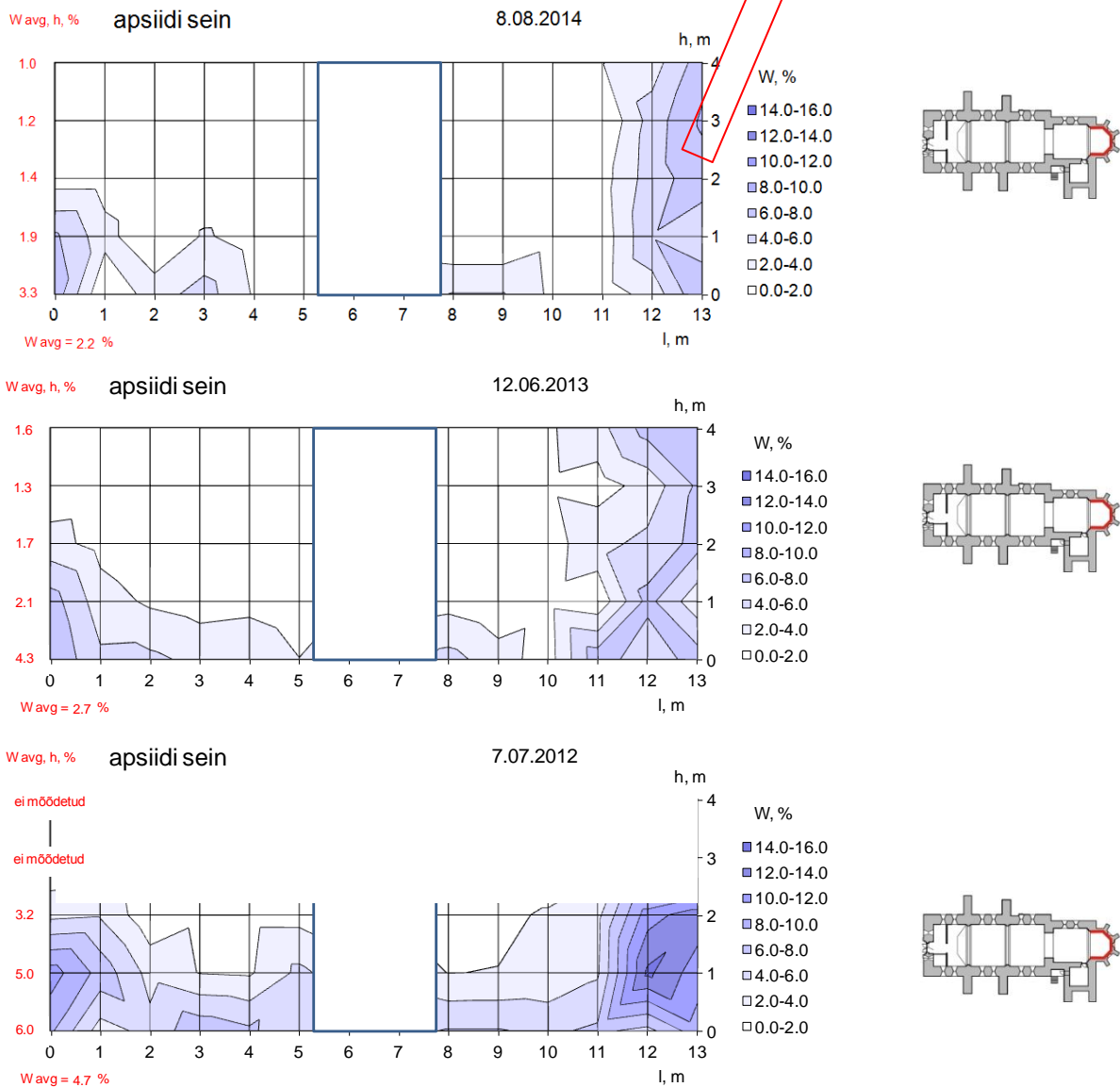
Sseina sisekülj kahjustunud seinamaalingutega

Vaade väljast



Seina niiskusjaotus juulis 2012, juunis 2013 ja augustis 2014

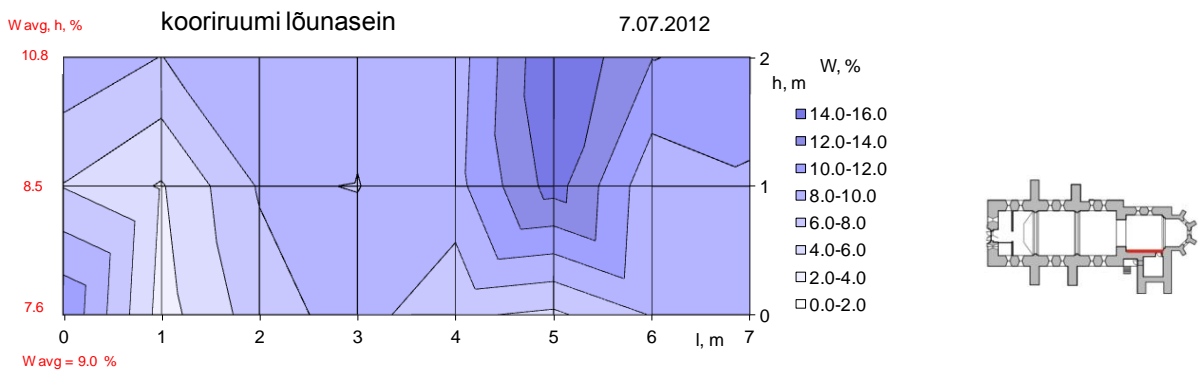
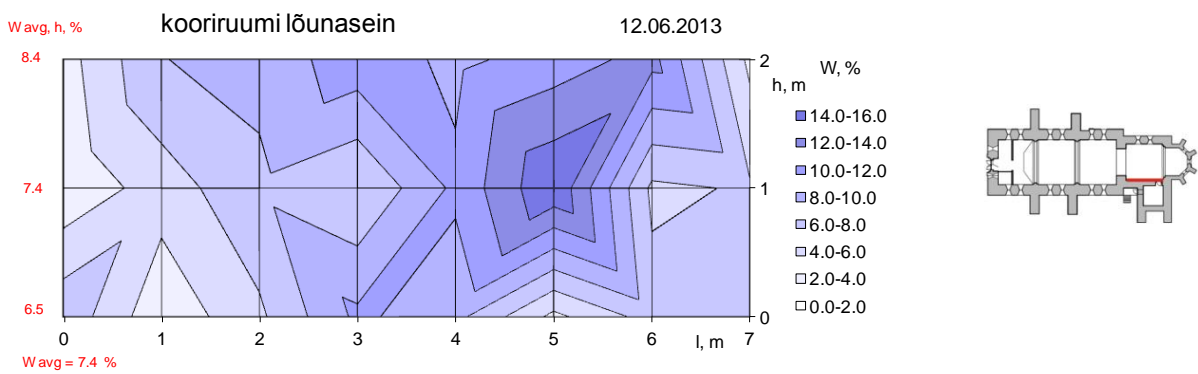
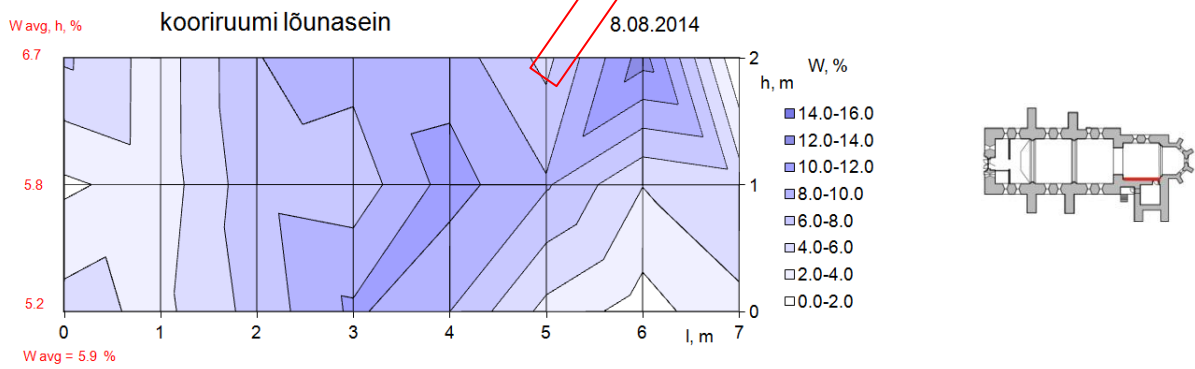
# Apsiidi sein.



Seina niiskusjaotus juulis 2012, juunis 2013 ja augustis 2014



# Kooriruumi lõunasein.



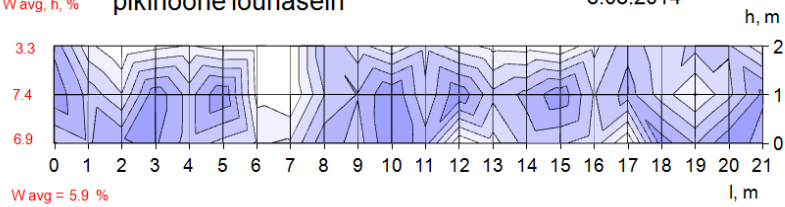
Seina niiskusjaotus juulis 2012 ja juunis 2013

# Pikihoone lõunasein

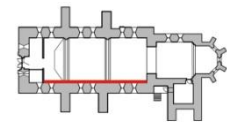
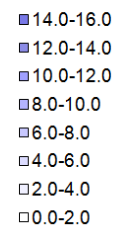


Wavg, h, % pikihoone lõunasein

8.08.2014

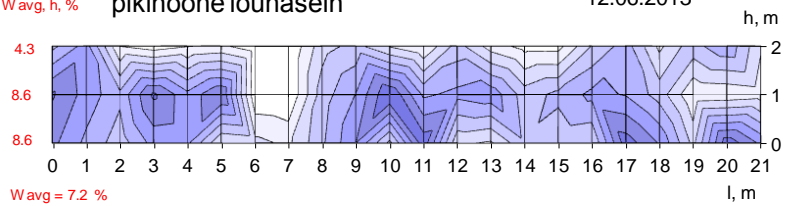


W, %

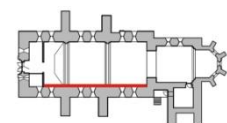
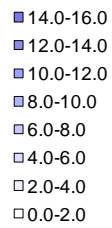


Wavg, h, % pikihoone lõunasein

12.06.2013

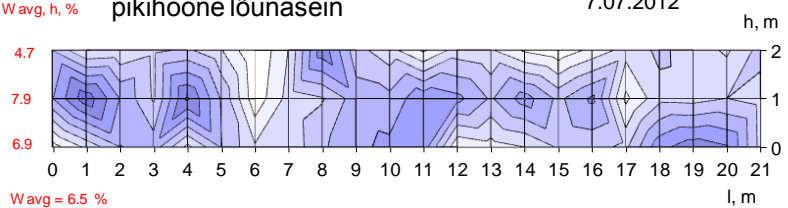


W, %

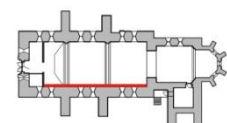
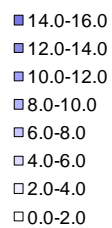


Wavg, h, % pikihoone lõunasein

7.07.2012



W, %

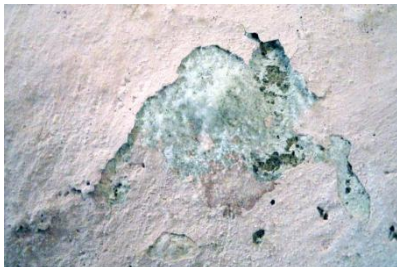


Seina niiskusjaotus juulis 2012 ja juunis 2013

Kiriku seinad väga niisked (peaaegu veega küllastanud) – põhjus vihmavee ärajuhtimise süsteemi puudumine, väline krohv lagunenud, suur õhuniiskus kiriku siseõhus (osaliselt eelnevate põhjuste tagajärg).

#### Soolad kirikus

Kirikus esineb eflorestsents – seinas olevas vees lahustunud soolade kristalliseerumine seina pinnal ja ka seina sisemistes poorides ning pragudes. Selline nähtus toimub, kui seinas olev vesi aurustub, kas siis suhtelise õhuniiskuse langemise või temperatuuri muutumise tõttu. Paljud soolad võivad oma struktuuris sisaldada kristallivett. Sõltuvalt tingimustest võib see kogus erineda, mis tähendab seda, et keskkonnatingimuste muutumisel kristalliseerunud soola ruumala muutub ja lõhub seinamaterjali. Väljakristalliseerunud soolad võivad sobivates tingimustes lahustuda (protsessi kiirus sõltub väga palju konkreetse soola lahustuvusest) ja uuesti kristalliseeruda. Seinte välispindadel aitab lahustumisele kaasa muidugi ka vihm.



Eflorestsents kiriku lääneseinal oreli taga ja selle põhjustaja – vihmavee leke tõenäoliselt katuse otsaviilu või ka seina eendite kaudu. Sool on välja lahustunud seinamaterjalist, sest eflorestsentsi piirkond asub lääneportaali kohal ja kapillaarvesi pinnasest sinna ei jõua.

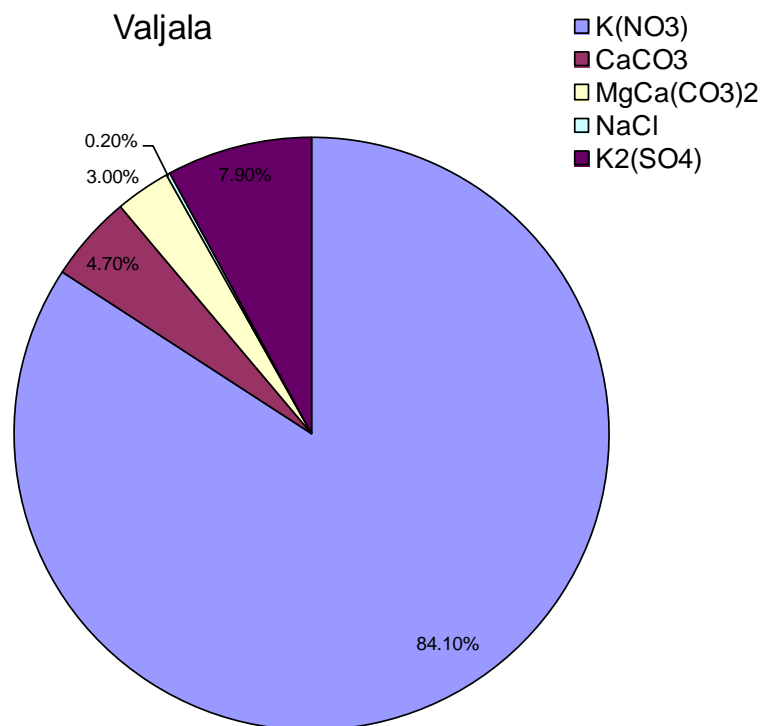
Soolade koostis määrati röntgenfluorestsentsi meetodil (R. Traksmäe):

File name: Valjala kiriku oreli tagune sein (Saaremaa 22102009).raw

Concentrations:

04-009-3532	84.1%	K(NO <sub>3</sub> )	Niter
00-005-0586	4.7%	CaCO <sub>3</sub>	Calcite; syn
01-083-1766	3.0%	MgCa(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Dolomite
00-005-0628	0.2%	NaCl	Halite; syn
04-006-6196	7.9%	K <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> )	Arcanite; syn

C	1.0%	CO <sub>2</sub>	3.5%
N	11.7%		
O	46.7%	Excess	+33.3%
Na	0.1%	Na <sub>2</sub> O	0.1%
Mg	0.4%	MgO	0.7%
S	1.5%	SO <sub>3</sub>	3.6%
Cl	0.1%		
K	36.1%	K <sub>2</sub> O	43.5%
Ca	2.6%	CaO	3.6%



Soolade koostis Valjala kiriku lääneseinal (R. Traksmaa)

K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> korral on kristalse soola tekkimiseks vajalik, et RH oleks <97..98 % (sõltuvalt temperatuurist). KNO<sub>3</sub> eflorestsents algab aga õhuniiskuse korral, mis on väiksem kui 95..96 %. NaCl-di (tasakaaluline RH 75%) on proovis väga vähe, kas siis lahustunud Na ja Cl ionide vähesuse tõttu või oli õhuniiskus liiga suur. Ülejäänud soolad CaCO<sub>3</sub> ja CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> on ilmselt proovi sattunud seinamaterjali (dolokivi, mört) osakesed. Soolaproovi võtmise ajal oli RH 89% ja t 7,4 °C.

Proovist leitud ionidest oleks võimalik kombineerida sobivate tingimuste korral veel mitmeid sooli: näiteks Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O (RH<sub>tasakaaluline;20°C</sub> = 54%), Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O (RH<sub>tasakaaluline;20°C</sub> = 53%), NaNO<sub>3</sub> (RH<sub>tasakaaluline;20°C</sub> = 74%) [Camuffo, 2013], Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>·10H<sub>2</sub>O (RH<sub>tasakaaluline;20°C</sub> = 95%) (allikas: <http://193.175.110.91/saltwiki/index.php/Thenardite>). Kui õnnestub tulevikus kirikus suhtelist õhuniiskust vähendada, siis tekib oht sooldumise probleemi laienemiseks.

Na soolade väga väike osakaal tuleneb ilmselt sellest, et lubjakivi sisaldab oluliselt vähem Na kui K (vaata tabel 1). Kirjanduse andmetel sisaldab ka atmosfääri tolm rohkem K kui Na.

Tabel 1. N ja K sisaldus lubjakivis ja Kaarma dolokivis (Trikkel)

	K <sub>2</sub> O, %	Na <sub>2</sub> O, %
lubjakivi	0,55...0,75;	0,02...0,12
Kaarma dolokivi	0,2	0,2...0,4

NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ionide allikas on suure tõenäosusega orgaanilist päritolu – linnu/nahkhiire sõnnik, bakterite poolt õhust seotud lämmastik, ... . Õhusaaste mõju tõenäosus on väiksem, sest ümbruses puudub suurtööstus. Konkreetse proovi korral on pinnasest pärinev nitraat peaaegu välistatud, sest proovivõtu koht on suure ukseava kohal.

Nitraadid lahustuvad hästi ja on võimelised niiskes seinas liikuma kaugele. Sulfaadid lahustuvad halvemini ja neid on ka analüüsitud proovis vähem. Kuna soolad on orgaanilist päritolu hapete poolt seinamaterjalist välja lahustatud, siis selline protsess muudab seina hõredamaks ja nõrgemaks.

Kirjandus:

1. Camuffo, D., *Microclimate for Cultural Heritage*, 2nd Edition, 2013, Elsevier Science.
2. Online andmebaas *SaltWiki*, <http://193.175.110.91/saltwiki/index.php/Thenardite>