

HRVATSKI RESTAURATORSKI ZAVOD

Prirodoslovni laboratorij

Nike Grškovića 23 - 10000 Zagreb

Tel. (385) 01 46 84 599 - Fax. (385) 01 46 83 289

LABORATORIJSKO IZVJEŠĆE

O vlazi zidova u crkvi sv. Ivana u Ivanić Miljanskom

Broj dosjea: **1358**

Kvalitativna i kvantitativna analiza soli:

Slavica **Kos**, kem. tehničar

Izvješće sastavio: Domagoj **Mudronja**, prof. geologije

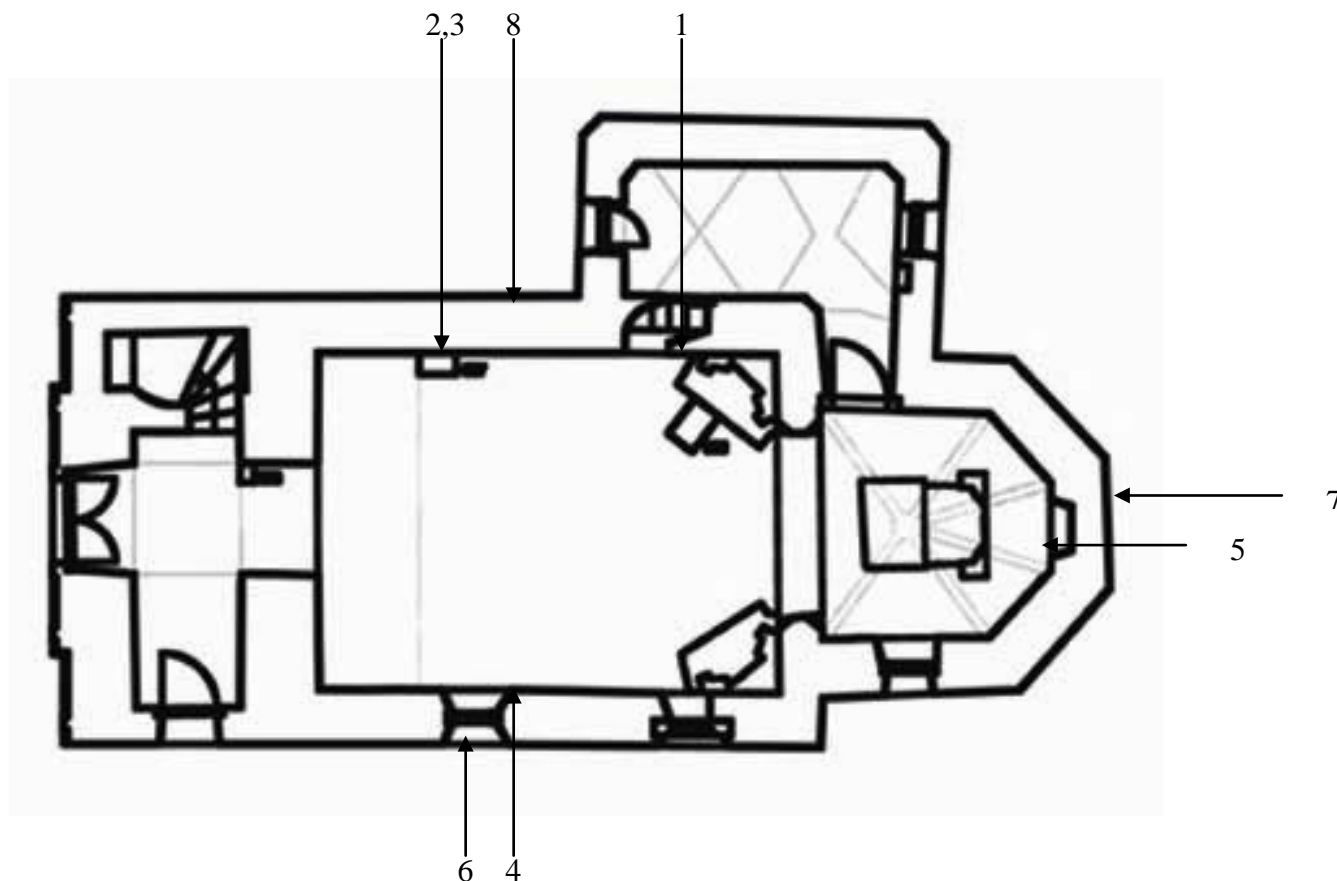
Zagreb, 13. svibnja 2003.

Voditeljica Prirodoslovnog laboratorija

Dragica **Krstić**, dipl. ing. kem. teh.

UVOD

Na zahtjev gđe. Jasne Bartoniček dipl. ing. arhitekture, u crkvi sv. Ivana u Ivanić Miljanskom 26.03.2001. počelo se s praćenjem kretanja vlage zidova crkve. Vлага se mjerila gravimetrijskom metodom instrumentom CENCO MOISTURE BALANCE, na dubini zidova od 3-5 cm. Mjerenje se obavljalo na način da su na određenim mjestima (prikazanim na tlocrtu) uzimani uzorci s dubine zida od 3 – 5 cm, a slijedeći dan, zbog nedostatka struje u crkvi, u laboratoriju je spomenutim instrumentom izmjerena vlaga.



Tlocrt kapele sv. Ivana s označenim mjerenim mjestima

Obavljeno je ukupno pet mjerenja (26.03.2001., 29.08.2001., 06.02.2002., 16.10.2002. i 07.04.2003.), kako bi se dobio uvid u kretanje vlage tijekom čitave godine. Prvo mjerenje obuhvaćalo je osam mjernih točaka i to četiri u unutrašnjim i četiri na vanjskim zidovima crkve. Naknadna mjerenja obuhvatila su samo unutrašnjost crkve, jer je fasada crkve bila obnovljena, te bi nova žbuka remetila rezultate mjerenja. Prilikom prvog i posljednjeg mjerenja, osim izmjerene vlage kod uzetih uzoraka rađena je i kvalitativna analiza vodotopljivih soli. U međuvremenu započeli su i radovi na zidnoj slici, pa je 28.08.2001. u svetištu postavljen i uređaj za mjerenje relativne vlage i temperature zraka Testo datalogger 175-2.

REZULTATI

U tablici 1. prikazani su rezultati gravimetrijskog mjerenja vlage kao i rezultati kvalitativne analize soli.

Tablica 1. Rezultati gravimetrijskog mjerenja vlage i kvalitativne analize soli uzoraka

Pozicija	Datum mjerenja	Visina od tla	Vrsta uzorka	Vlaga Ψ (maseni udjel, %)	pH	električna vodljivost ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Isparni ostatak (osušen na 60°C , %)	Kloridi, Cl^-	Sulfati, SO_4^{2-}	Nitrati, NO_3^-	Karbonati, HCO_3^- , CO_3^{2-}
1	26.03.2001.	15 cm	žbuka	3,1	7,56	130	0,45	-	tr.	tr.	+
	29.08.2001.			3,4							
	06.02.2002.			3,8							
	16.10.2002.			2,5							
	07.04.2003.			4,2							
2	26.03.2001.	20 cm	žbuka	7	8,85	130	0,46	-	tr.	+	+
	29.08.2001.			5,4							
	06.02.2002.			6,6							
	16.10.2002.			5,5							
	07.04.2003.			8,6							
3	26.03.2001.	90 cm	žbuka	2,4	7,83	530	1,26	+	++	+++	tr.
	29.08.2001.			1,6							
	06.02.2002.			1,6							
	16.10.2002.			1,5							
	07.04.2003.			1,2							
4	26.03.2001.	20 cm	žbuka	12,8	7,58	64	0,08	-	-	-	tr.
	29.08.2001.			12,2							
	06.02.2002.			12,6							
	16.10.2002.			12							
	07.04.2003.			10							
5	26.03.2001.	50 cm	žbuka	5,1	7,62	385	1,79	+	++	tr.	+
6	26.03.2001.	75 cm	žbuka	2,7	7,05	265	1,45	tr.	++	+	tr.
7	26.03.2001.	110 cm	žbuka	5	6,95	365	1,64	tr.	++	++	tr.
8	26.03.2001.	67 cm	žbuka	6,7	6,80	100	0,57	-	tr.	-	tr.

LEGENDA: - nema, tr tragovi, + malo, ++ puno, +++ jako puno

Iz izmjerenih podataka vidljivo je da se na pozicijama 1 i 3 sjevernog, te poziciji 6 južnog zida vlaga kreće unutar normalnih granica. Na pozicijama 2 i 8 sjevernog te 5 i 7 istočnog zida vlaga je povišena, dok je pozicija 4 na južnom zidu vrlo vlažna. Također vidljivo je da je vlaga zidova u unutrašnjosti crkve u zimskom i proljetnom razdoblju najviša, dok je u ljetnom i jesenskom razdoblju najniža s polaganom tendencijom smanjivanja, koja je posljedica izvedene drenaže. To se najbolje vidi iz izračunatih srednjih vrijednosti vlage svakog pojedinog mjerenja prikazanog u tablici 2.

Tablica 2.

Datum	Ψ_{sr}
26.03.2001.	6,3
29.08.2001.	5,6
06.02.2002.	6,1
16.10.2002.	5,3
07.04.2003.	6

Mjerenjem vlage (07.04.2003.) nakon dosta jake zime pune padalina ustanovljeno je znatno povišenje vlage sjevernog zida (pozicija 2), što je najvjerojatnije posljedica otapanja snijega. Vlaga južnog zida (pozicija 4) zadnjim mjerenjem iako još uvijek vrlo visoka, pokazuje tendenciju snižavanja.

Kvalitativnim analizama uzoraka žbuke soli kloridi u štetnoj koncentraciji nisu pronađeni ni na jednom mjestu. Sulfati su u štetnoj količini pronađeni na mjestima (3, 5, 6 i 7), dok su nitrati u štetnoj količini pronađeni na mjestima (3, 4 i 7).

Zaključak:

S obzirom na dobivene podatke mjerenja dubinske vlage zidova, može se zaključiti da se zidovi crkve polagano suše, kao posljedica izvedene drenaže. Prilikom obrade podataka prva četiri mjerenja vlage te analize štetnih soli od 26.03.2001.. uočene su neke nepodudarnosti između vrijednosti izmjerene vlage i provedene analize soli, pa je obavljeno još jedno kontrolno mjerenje 07.04.2003. Pažnju je bitno skrenuti ka kretanju vlage na pozicijama 2 i 4. Što se tiče pozicije 2 koja se nalazi na sjevernom zidu, zbog dugog zadržavanja sniježnog pokrivača ove godine, došlo je do pojačanja kapilarne vlage, te naglog porasta vrijednosti vlage u niskim zonama zida, što se vidi i po pojavi zelenih algi na zidu. Tu tvrdnju potvrđuje i kretanje vrijednosti vlage na poziciji 3 koja se nalazi 70 cm iznad pozicije 2, a u kojoj je vlaga zida minimalna. S druge strane kretanje vlage na poziciji 4 južnog zida u razdoblju od 26.03.2001. do 16.10.2002. pokazalo je vrlo polaganu tendenciju spuštanja, da bi od 16.10.2002. do 07.03.2003. došlo do dosta naglog spuštanja vlage za čak 2%, iako je njena vrijednost i dalje vrlo visoka. Ovakvom naglom pomaku u kretanju vlage južnog zida svakako je doprinjelo i snižavanje terena na južnoj strani crkve, zbog čega je prije bez obzira na drenažu dolazilo do kretanja vode prema crkvi, a ne niz prirodnu padinu.

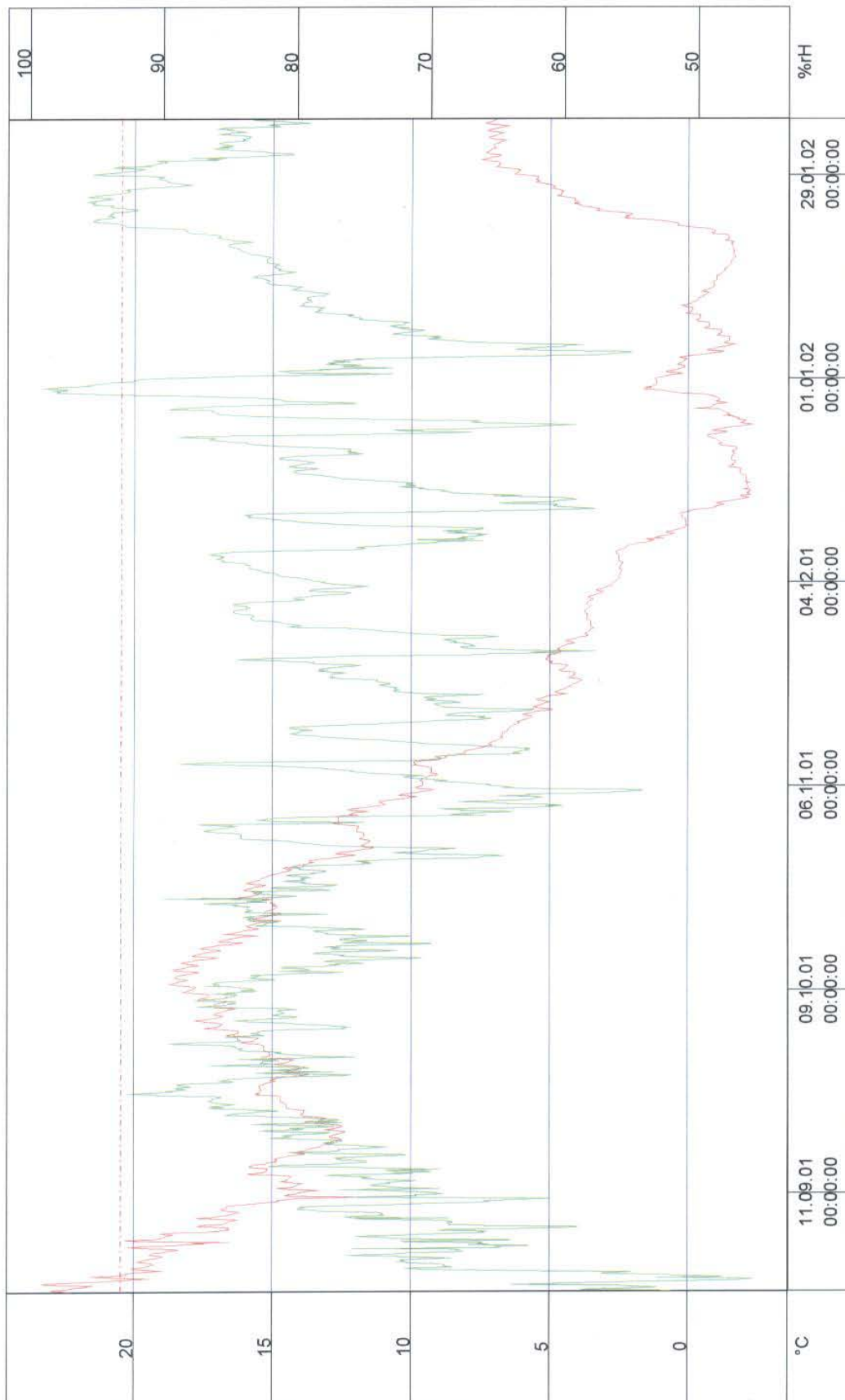
Prilikom mjerenja 16.10.2002. koje je bilo nakon kišovitog perioda, ispod krova s južne vanjske strane crkve, a točno iznad mjesta 4 primjećena je «vlažna mrlja» u obliku lijevka. Kako se nije moglo pristupiti tom dijelu crkve vlaga tu nije izmjerena pa se samo može pretpostaviti da je došlo do curenja kiše s krova. Kako na krovu crkve nema postavljene odvodnje oborinskih voda, te se vlažna mrlja pojavila na istom zidu samo s vanjske strane, gdje je i najvlažnija mjerna pozicija 4., moguće je da je jedan od uzroka ovalike vlage zida i oborinska voda. Kao rješenje ovog problema, bilo bi potrebno postaviti odvodnju oborinskih voda s krova. Ukoliko to nije moguće radi narušavanja izgleda same kapele, za rješenje problema bilo bi potrebno fasadu kapele premazati s nekim hidrofobnim sredstvom, kao npr. Fakolit FK7, koje odbija vodu, a dozvoljava prolaz vodene pare iz unutrašnjosti zida prema vani. Nakon kontrolnog mjerenja u rano proljeće 2004. ukoliko vlaga sjevernog (pozicija 2) i južnog zida (pozicija 4) bude i dalje visoka trebat će postaviti horizontalnu hidroizolaciju bilo rezanjem zidova i umetanjem nepropusne folije ili injektiranjem nekog hidrofobnog sredstva u zid, a moguće je i provođenjem obje metode jer njihovom kombinacijom dolazi do najboljih rezultata.

Mjerenja relativne vlage i temperature zraka u razdoblju od 28.08.2001. do 21.07.2002. te u razdoblju od 16.10.2002. do 01.04.2003. s instrumentom Testo datalogger 175-2, pokazala su da se relativna vlaga uglavnom kreće između 60 i 80% s izrazitim oscilacijama. Ponekad relativna vlaga zraka doseže i ekstremne vrijednosti od skoro 100%. Ovakvo kretanje relativne vlage zraka u kapeli je štetno za žbuku, jer konstantno dolazi do kristalizacije i otapanja površinskih higroskopskih soli koje su dokazane u žbuci, te tako može doći do površinskog razaranja žbuke u višim zonama zida koja su suha. Temperatura zraka pokazuje normalnu krivulju.

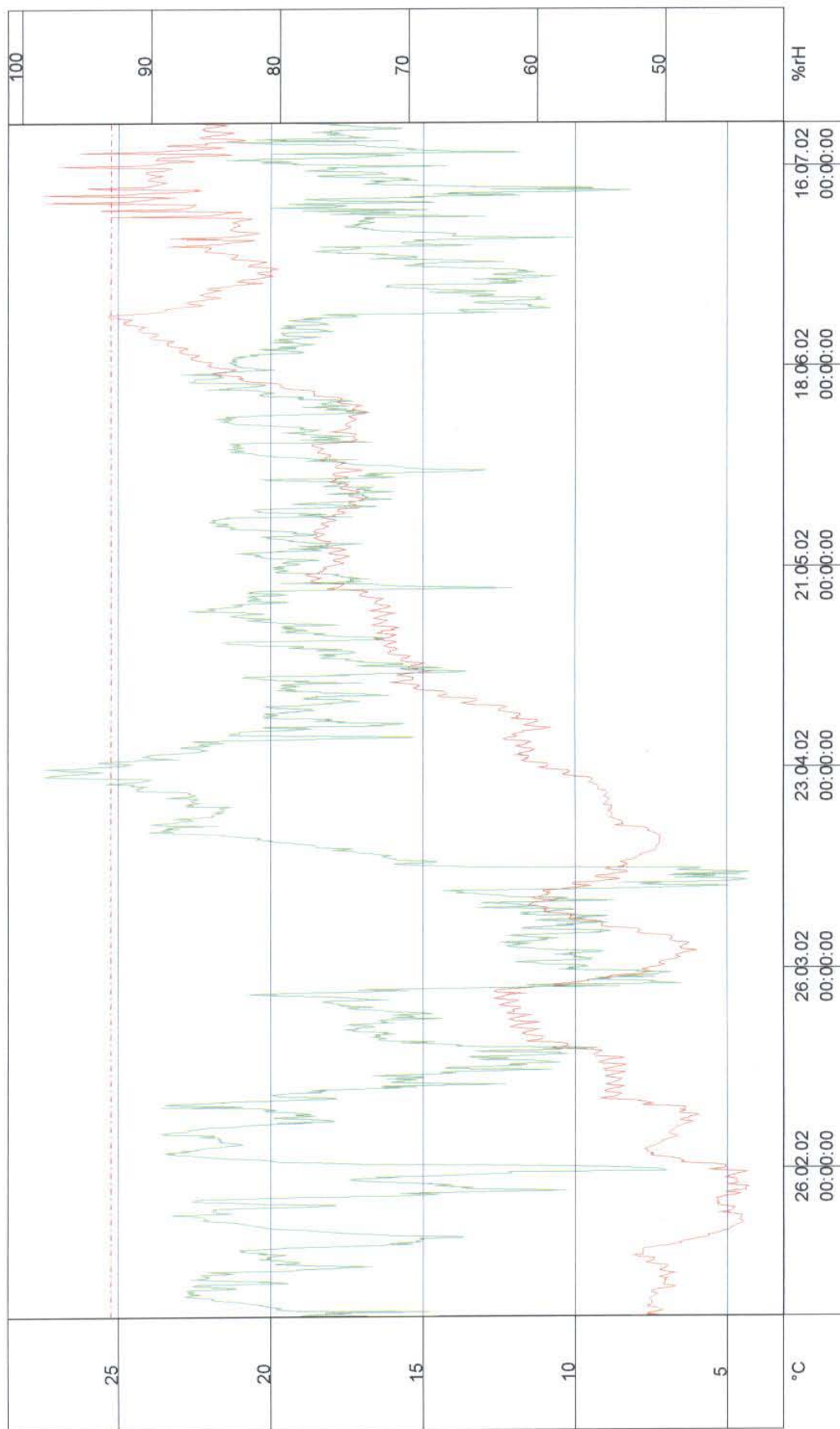
Vodotopljive soli, su u štetnim količinama određene na mjestima (1, 3, 4, 5, 6 i 7). Nakon što se u donjim zonama sanira kapilarna vlaga, neće biti potrebno odstranjivati soli, jer bez vlage nema procesa otapanja i kristalizacije soli. Međutim zbog spomenutih naglih skokova relativne vlage zraka, može doći do površinskog oštećenja žbuke, zbog kristalizacije soli. Ukoliko se to bude događalo površinske soli biti će dovoljno ukloniti anionskim izmjenjivačem, koji se premaže na žbuku te odstrani nakon kratkog vremena.

Prilog 1. Ispis podataka relativne vlage zraka i temperature u crkvi od 28.08.2001 do 21.07.2002., te od 16.10.2002. do 01.04.2003.

testostor 175: Software	Logger 175-2	SN: 107 8583 111	Title: Ivančae Mij.	Page 1/1
Date: 12.05.2003	Starting time: 28.08.2001 12:58:30	Channels: 2 (2)	Ivančae Mij. C:1 NTC	
Sample Rate: 2.0 h	Finishing time: 05.02.2002 16:58:30	Values: 1935	Ivančae Mij. C:2 Feuchte	
Accuracy C1: +/- 0.5 [-10..50] °C, Accuracy C2: +/- 3.0 [1..99] %				



testostor 175: Software	Logger 175-2	SN: 107 8583 111	Title: Ivanjæ Milj.	Page 1/1
Date: 12.05.2003	Starting time: 05.02.2002 09:13:38	Channels: 2 (2)	Ivanjæ Milj. C:1 NTC	
Sample Rate: 2.0 h	Finishing time: 21.07.2002 23:13:38	Values: 2000	Ivanjæ Milj. C:2 Feuchte	
Accuracy C1: +/- 0.5 [-10..50] °C, Accuracy C2: +/- 3.0 [1..99] %				



teststor 175: Software	Logger 175-2	SN: 205 0000 106	Title: Ivanjæ M	Page 1/1
Date: 05.05.2003	Starting time: 16.10.2002 10:10:31	Channels: 2 (2)	Ivanjæ M	C:1 NTC
Sample Rate: 2.0 h	Finishing time: 01.04.2003 00:10:31	Values: 2000	Ivanjæ M	C:2 Feuchte
Accuracy C1: +/- 0.5 [-10..50] °C, Accuracy C2: +/- 3.0 [1..99] %				

