



Selja kloster og helgenanlegg: Inneklima og forvitring i tårnet



Rapport til Riksantikvaren og Selje kommune
Per Storemyr Archaeology & Conservation Services
August 2017





Per Storemyr
Archaeology & Conservation Services
N-6957 Hyllestad
Tel: 95 330 460
Org. nr.: 914 103 894 MVA
per.storemyr@hotmail.com
per.storemyr.net
facebook.com/per.storemyr.archaeology.conservation

25. august 2017

Forsidebilder, ovenfra og ned: Klosteranlegget med tårnet, forvitring i vindussmyg i klokkeetasjen på tårnet.

**Selja kloster og helgenanlegg:
Inneklima og forvitring i tårnet**

2017

Rapport til
Riksantikvaren og Selje kommune
August 2017

Forord

FoU-prosjektet «**Det romanske tårnet til Albanuskirken på Selja: Analyse av inneklima og forvitningsprosesser**» kom i stand på bakgrunn av at tårnet ble ferdig restaurert i 2012, men fortsatt viser betydelig forvitring, spesielt innvendig.

Prosjektet startet i januar 2016 og med foreliggende rapport avsluttes den første fasen. Meningen er at klimamålinger skal fortsette og rapporten skal danne grunnlag for beslutninger om tiltak for å begrense forvitringen.

Prosjektet har vært et samarbeid mellom Riksantikvarens program for konservering av middelalderruiner, Selje kommune og Per Storemyr Archaeology & Conservation Services. Tusen takk til Inger-Marie Aicher Olsrud og Bjørn Jensen for utmerket samarbeid. Takk også til Geir Magnussen i Bakken & Magnusen AS for diskusjoner og tips.

Hyllestad i august 2017

Per Storemyr

(Der ikke annet er nevnt, er alle bilder og illustrasjoner ved forfatteren.)

Innhold

Forord	4
Innhold	5
1 Innledning	6
2 Utførelse og metoder	6
3 Inneklima.....	9
4 Sammenligning av inneklima med ytre klima	11
5 Nedfall på vindusbenker.....	12
6 Observasjon av kondens- og hygroskopisk fukt.....	15
7 Observasjoner av salt og forvitningsfenomener	21
8 Sporadiske observasjoner av trekkforhold	24
9 Kort diskusjon.....	25
10 Diskusjon om videre arbeid og tiltak	26
Referanser	27
Vedlegg 1: Hygroskopisk fukt	28

1 Innledning

I løpet av de siste 10-12 årene har det romanske tårnet til Albanuskirken på Selja blitt restaurert, først av Terje Berner og senere av Bakken & Magnussen AS. Hovedarbeidet var ferdig i 2012, men etterarbeid i form av utbedring av lekkasjer har blitt utført suksessivt inntil nylig. Dette er den siste fasen i en restaureringshistorie som startet på slutten av 1800-tallet. Før den siste fasen var tårnet preget av enkelte ustabile murverkspartier, åpne fuger, vannlekkasjer og til dels sterk forvitring.

I tillegg til utbedring av murskadene, ble det satt inn enkle vinduer som erstatning for de tidligere trelemmene i den øverste etasjen. De nye vinduene er satt inn på en måte som gir gliper inn mot murlivet, mens de gamle lemmene ser ut til å ha tettet relativt godt for luftgjennomgang.

Samlet virker det som om restaureringen har hatt en svært positiv effekt på tårnet. Spesielt kan det virke som om glipene ved de nye vinduene har forbedret inneklimate. "Pipeeffekten" som er skapt ser ut til å ha sørget for forbedret opptørking av murverket, med sannsynlig mindre risiko for kondensasjon og dessuten mulig reduksjon i saltutblomstring.

Store deler av murverket er imidlertid fortsatt preget av forvitring i form av oppsmuldring av stein, forårsaket av saltkrystallisering og kjemisk forvitring av olivinstein, spesielt olivinstein påvirket av brann (se full oversikt i Storemyr 2010). På sikt må det være et mål å redusere forvitringen til et minimum. I tillegg til å holde fugelivet tett, kan dette vanskelig gjøres på annen måte enn å styre luftsirkulasjonen og dermed inneklimate med enkle grep, som å åpne for mer eller mindre sirkulasjon alt etter hva som vil virke mest positivt inn på reduksjon av forvitring.

For å eventuelt kunne styre inneklimate, må vi imidlertid først skaffe oss kunnskap om dagens situasjon; om hvordan inneklimate faktisk er, om det fortsatt opptrer betydelig kondensasjon og om hvordan forvitringen er avhengig av forandringer i relativ luftfuktighet (rF/RH) og temperatur.

Målsettingen med prosjektet er derfor:

1. å skaffe kunnskap om inneklimate og forvitringsprosessene
2. å vurdere mulighetene for en fremtidig luftsirkulasjon som i størst mulig grad begrenser forvitringen
3. å gi anbefalinger til overvåkning og vedlikehold på både kort og lang sikt

2 Utførelse og metoder

Prosjektet ble utført ved hjelp av metoder som man vanligvis forbinder med undersøkelser av gamle, innendørs kalkmalerier (se bl.a. Franz & Storemyr 2000; Storemyr & Franz 2002). Det dreier seg om:

1. Inneklimateovervåkning på timebasis.

Vi monterte to «waterproof» Tinytag-målere (Tinytag Plus 2;

<http://www.gemindataloggers.com/data-loggers/tinytag-plus-2>) i den nedre etasjen (høyt oppe ved

nordveggen) og i klokkeetasjen/den øverste etasjen (høyt oppe ved østveggen). Disse Tinytag-målerne er forholdsvis rimelige, men robuste og blir lite påvirket av kondensfukt, som det er mye av i tårnet. Målingene startet 12.1.2016 og pågår fortsatt. I foreliggende rapport beskrives målinger utført frem til 6.3.2017.



Figur 1: Tinytag-måler i nedre etasje (gul «prikk»).



Figur 2: Tinytag-måler i øvre etasje (klokkeetasjen).

2. Sammenligning av inneklime i tårnet med ytre klima (via www.eklima.met.no).

Vi valgte Kråkenes fyr, ca. 15 km vest for Selja, for sammenligning (www.yr.no/sted/Norge/Sogn_og_Fjordane/V%c3%a5gs%c3%b8y/Kr%c3%a5kenes_fyr_m%c3%a5lestasjon/). Dette offisielle målestedet har mye høyere nedbør enn målestasjonen på Stadlandet (www.yr.no/sted/Norge/Sogn_og_Fjordane/Selje/Stadlandet_m%C3%A5lestasjon/), men da Kråkenes er noe mer kystnært, ble det ansett at temperatur og relativ luftfuktighet her er mer relevant for Selja.

Månedsnormaler 1961 - 1990 Nedbør (mm) – fra www.eklima.met.no													
Stasjon	jan	feb	mar	apr	mai	jun	jul	aug	sep	okt	nov	des	år
Kråkenes	185	137	153	112	96	112	147	183	289	274	266	229	2183
Stadlandet	117	84	90	62	55	61	84	110	162	164	153	138	1280

3. Gjentatt observasjon av tilstanden til murverket.

Vi utførte observasjoner 12.1.2016, 30.5.2016, 14.09.2016, 24.10.2016 og 6.3.2017. Disse tidspunktene ble valgt av praktiske årsaker, men også for å kunne fange opp sesongvariasjoner (vinter, vår, sommer, høst; tørre perioder, våte perioder). Alle observasjoner ble notert i dagbok.

4. Oppsamling av nedfalt materiale som følge av forvitring.

Vi valgte ut to områder der vi feide opp nedfalt materiale ved hvert observasjonstidspunkt; det dreier seg om vindussmygene/vindusbenkene på øst- og sørveggen i klokkeetasjen (øverste etasje). Disse områdene ble valgt fordi de er minst påvirket av besøkende. Vi samlet materiale fra definerte områder som utgjorde ca. halvparten av hvert vindussmyg. Oppsamlet materiale ble veid på en enkel kjøkkenvekt. Det har tidligere vist seg at slik oppsamling/veiing gir en god indikasjon på hvordan forvitringen er knyttet til sesongvariasjoner i relativ luftfuktighet (Storemyr & Franz 2002).



Figur 3: Oppsamling av nedfalt materiale fra vindussmyg i klokkeetasjen

5. Spesialobservasjoner knyttet til kondensfukt og saltutblomstringer

Da det er u diskutabelt at salt og kondensfukt spiller en vesentlig rolle i forvitringen (Storemyr 2010), ble alle vegger systematisk fotografert ved hvert enkelt observasjonstidspunkt (for kondens).

Dessuten ble følgende steder observert for endringer i saltutblomstringer:

- Første etasje, rett øst for øvre del av portalen innvendig
- Andre etasje, gammel bue i olivinstein over restaurert «trekantfelt»
- Tredje etasje, område med saltskorper på olivinstein ved siden av vestvinduet, på nordsiden.
- Ute, murverk på nordveggen av skipet, nær tårnet, i murkjernen, nær restaurert murverk.

Observerte salt ble noenlunde bestemt ved hjelp av pH-papir (natriumkarbonater fra sementmørtel) og test strips (sulfat, klorid og nitrat). Tidligere undersøkelser (Storemyr 2010) viser at vi generelt har å gjøre med natriumkarbonater, natriumsulfater, natriumklorid, gips og kalsitt. Det var derfor liten grunn til å utføre eksakte bestemmelser av salttyper i denne omgang.

6. Spadiske observasjoner knyttet til luftbevegelser

Ved nesten hvert observasjonstidspunkt ble det lagt vekt på å forstå luftbevegelser i tårnet, spesielt om det er noen «pipeeffekt» i vindeltrappen i det nordvestre hjørnet. Luftstrømning ble observert ved hjelp av en lighter og tente sigaretter. Røyken fra sistnevnte ga en god indikasjon på luftstrømning.

Relevante sider ved restaureringshistorien og materialbruk er presentert i tidligere rapporter (Storemyr 2010, 2015). I Storemyr (2010) finner man også full beskrivelse og diskusjon av forvitningsprosesser, samt analyser knyttet til nedbrytning av olivinstein og saltutblomstringer. Dette vil ikke bli gjentatt i foreliggende rapport.

3 Inneklima

Inneklimaet i perioden 12.1.2016 til 6.3.2017 var preget av moderate sesongvariasjoner. At man ikke har sterke sesongvariasjoner er knyttet til nærheten til Atlanterhavet og dets modererende effekt (marint, nordlig klima med hyppig regn). Generelt: I vintersesongen ligger temperaturen på 0 til 8 grader, på sommeren stiger den til knapt 20 grader. Den relative luftfuktigheten er preget av svært hyppige vekslinger i alle sesonger, men ligger generelt på 70-80%. I klokkeetasjen er både temperatur og luftfuktighet noe avhengig av solinnstråling: Når solen kommer lavt inn gjennom vinduer i vintersesongen, så stiger temperaturen litt, mens fuktigheten avtar litt.

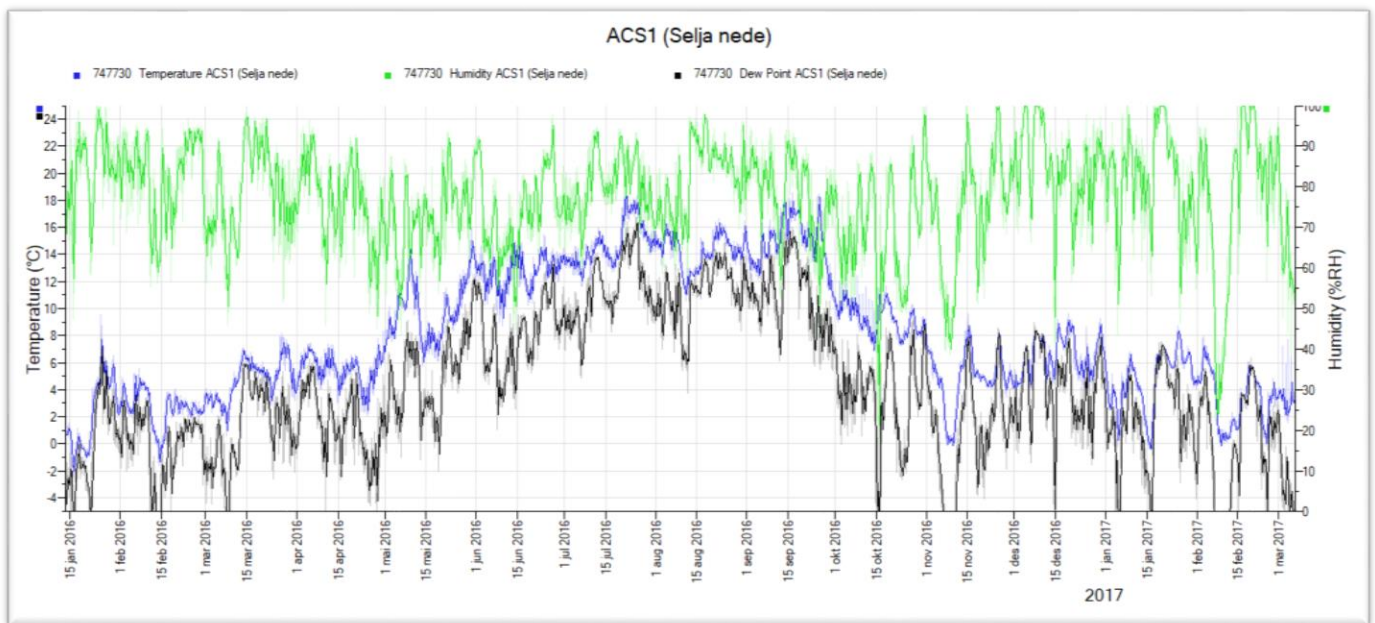
Det er viktig å merke seg at klosteranlegget ligger beskyttet av fjell i øst. Derfor blir det store deler av året liggende i skygge på formiddagen og ofte langt inn på ettermiddagen. Dette medfører at solen ikke har noen vesentlig opptørkingseffekt; det er nok først og fremst vind som sørger for opptørking etter regn og kondenshendelser.

Naturlig nok er den gjennomsnittlige temperaturen lavest og luftfuktigheten høyest i den nederste etasjen. Dette er en regelrett «hule», som meislet ut av fjell og følgelig svært fuktig gjennom store deler av året, selv om portalåpningene både på øst- og vestsiden slipper inn luft (østportalen er helt

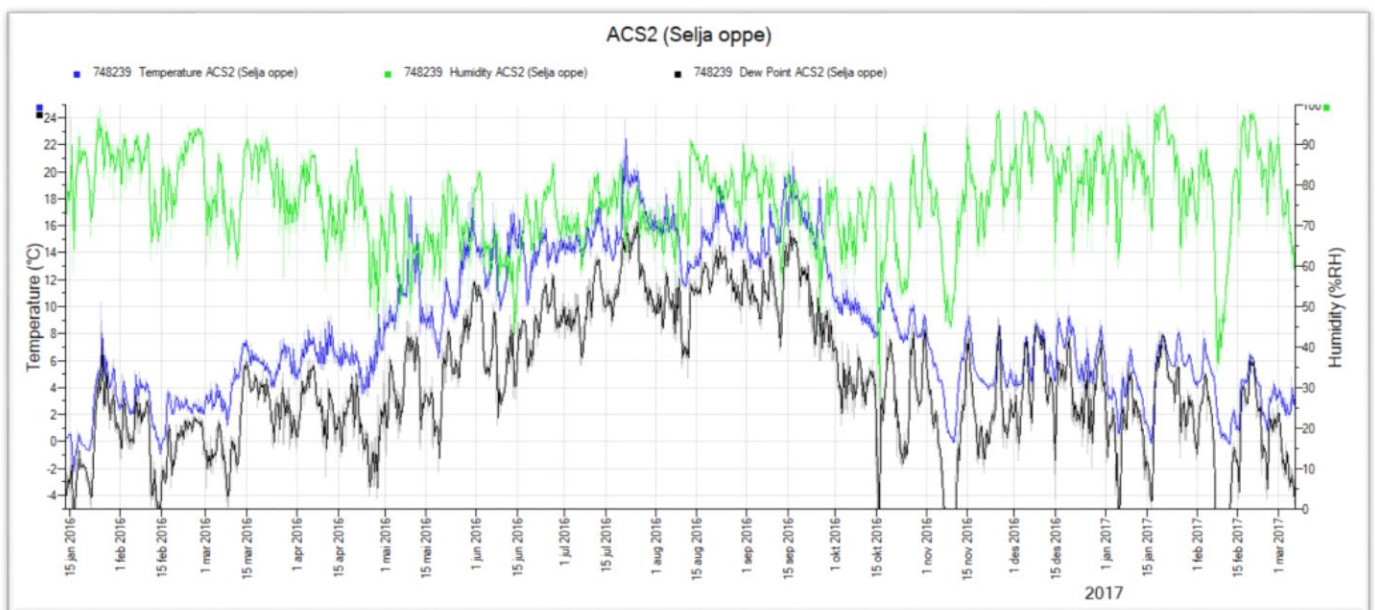
åpen, vestportalen har dør, men med store åpninger mot veggene). Klokkeetasjen, med sine fire «halvåpne» vinduer, er noe «tørrere». Her kan man ane en tendens mot lavere luftfuktighet i sommersesongen enn i vintersesongen og noen «spisser» i høy sommertemperatur.

Ser man på hele året under ett (12.1.2016-6.3.2017), så er det likevel ikke altfor store forskjeller mellom den nedre og øvre etasjen:

Gjennomsnitt	RH (%)	T (°C)	Doggpunkt (°C)
Nedre etasje	77,4	8,1	4,1
Øvre etasje	75,9	8,5	4,3



Figur 4: Inneklima i nedre etasje 12.1.2016-6.3.2017. Timeverdier.



Figur 5: Inneklima i øvre etasje 12.1.2016-6.3.2017. Timeverdier.

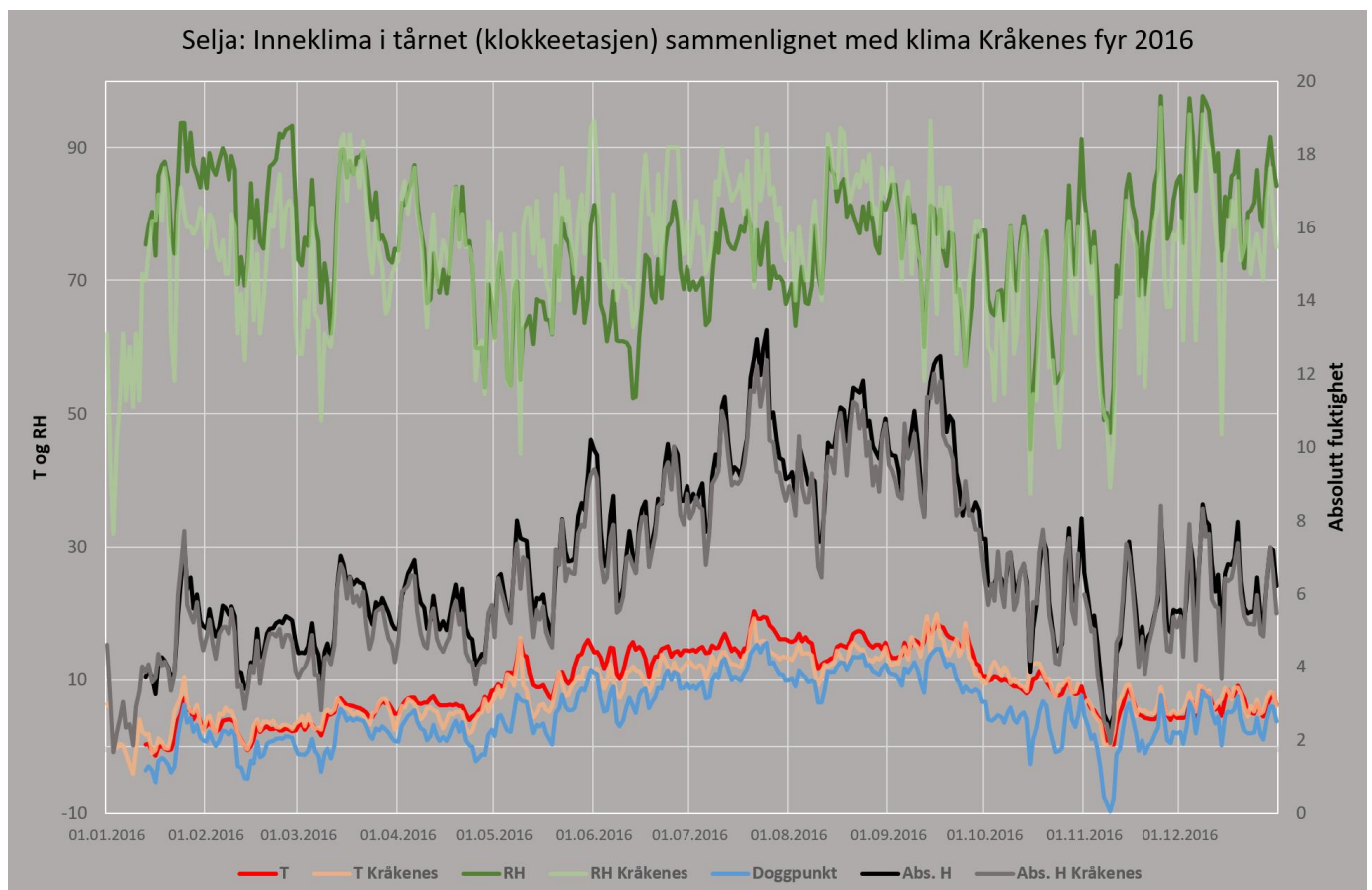
4 Sammenligning av inneklima med ytre klima

Inneklimaet i klokkeetasjen er naturlig nok noe moderert i forhold til det ytre klimaet slik det er fremkommer på Kråkenes fyr. I figuren under ser vi en sammenligning av de relevante klimaparametrene (T, RH, doggpunkt, absolutt fuktighet) i perioden 12.1.2016-31.12.2016.

Vinter og høst ligger RH inne lett over det ytre klimaet, i sommersesongen er RH noe lavere inne. Dette er fordi temperaturen inne er noe høyere i sommersesongen. Men generelt er kurvene svært like.

Det er verd å merke seg at den absolutte fuktigheten er nærmest identisk ute og inne. Dette betyr at det nå ikke er vesentlige vannlekkasjer i murverket. Om man hadde hatt større lekkasjer, ville inneverdiene vært en god del høyere enn uteverdiene (på grunn av oppkonsentrert fukt i veggene).

Ellers er det verd å merke seg at doggpunktet inne ligger nær innetemperaturen vinter og høst. Det er i disse periodene man har mest kondensfukt på veggene. I sommersesongen er det tørrere – og doggpunktet er lavere enn innetemperaturen. (Her må vi legge til at temperaturene på veggene naturligvis generelt er lavere enn den målte lufttemperaturen i tårnet – og ligger nær doggpunktet nesten året rundt.)



Figur 6: Sammenligning inneklima (klokkeetasjen) med uteklima (Kråkenes fyr). Gjennomsnittlige dagsverdier.

5 Nedfall på vindusbenker

Oppsamlet nedfall på vindusbenkene i øst- og sørvindue i klokkeetasjen kommer fra den ene halvdel av de respektive vindusmyg. Her er murverket bygd med en blanding av gneis og olivinstein. Murverket har vært påvirket av brann og er til dels svært forvitret, spesielt olivinsteinene, men også gneis og ikke minst fugene. Materiale som faller ned er derfor en blanding av både steinpulver og mørtelpulver, til dels også større biter av stein og tilslag fra mørtel.

Det er observert noen alkaliske salter knyttet til tidligere reparasjoner med sement omkring vinduene, men ellers er det ikke mulig å se sulfater og klorider med det blotte øye, ei heller med lupe. Enkle analyser med teststrips indikerer likevel et høyt innhold av slike salter. Det er derfor grunn til å anta at saltene spiller en vesentlig rolle i forvitringen.



Figur 7: Vindusmyg i klokkeetasjen. Til venstre det østre vinduet, til høyre det søndre. Det er kun materiale fra den høyre siden av hvert vindusmyg som har blitt samlet opp; bare den ene halvdel av hver vindusbank ble med andre ord feid.

I følge Geir Magnussen ble vindusbenkene rensed/feid sommeren 2014. Da vi startet ny, regelmessig feiing 12.1.2016 lå det 250-270 g materiale på hver av benkene. Dette betyr at det i gjennomsnitt hadde falt ned i størrelsesorden 15 g i måneden mellom 2014 og 2016. Dette tallet er naturligvis svært usikkert, men likevel av en størrelsesorden som er sammenlignbar med hva vi har feid opp inntil 6.3.2017 (se tabell under).

Selja kloster, tårnet, klokkeetasjen. Nedfall fra vindusbenker				
Dato	Øst (g)	Sør (g)	Dager siden siste oppsamling	Måneder siden siste oppsamling
12.01.2016	254	270		
30.05.2016	85	35	139	4,63
14.09.2016	80	45	107	3,57
24.10.2016	38	35	40	1,33
06.03.2017	32	18	133	4,43
Periode	Øst (g/mnd)	Sør (g/mnd)		
12.1.-30.5 (vinter-vår)	18	8		
30.5-14.9 (sommer)	22	13		
14.9.- 24.10 (høst)	29	26		
24.10-6.3 (høst-vinter)	7	4		

Tabell 1: Oppsamlet materiale fra vindusbenkene i klokkeetasjen.

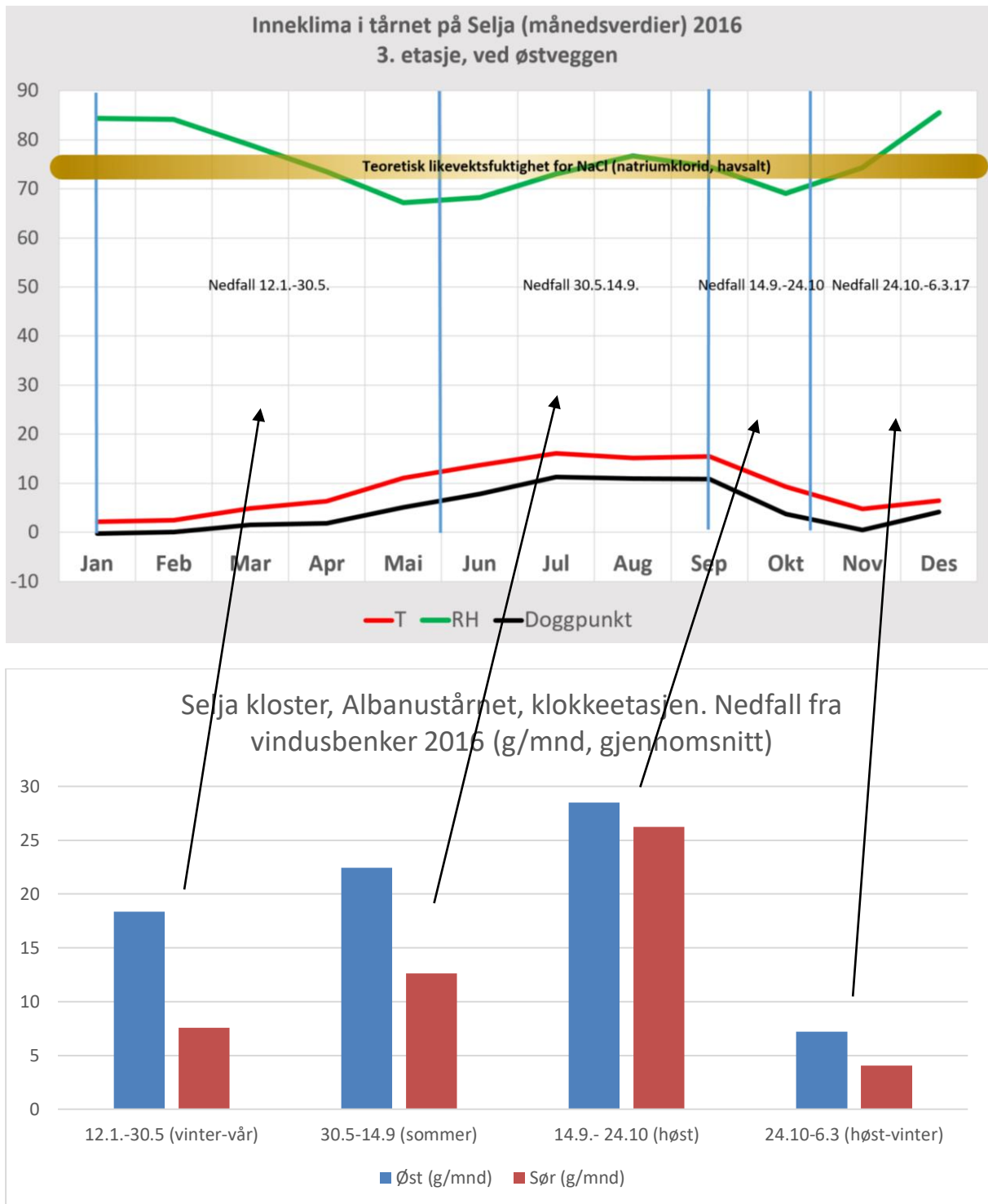
Som vi ser av tabellen, ble det oppsamlede materialet veid og deretter «normalisert» for å få månedsgjennomsnitt for å kunne sammenligne. Dette ble gjort da oppsamlingen ikke ble utført på helt regelmessig basis. De normaliserte verdiene gir ikke et helt korrekt bilde av når materialet faktisk falt ned, men er den beste tilnærmingen vi kan foreta.

Stort sett besto det nedfalte materialet av nokså grovt pulver («sand»), men det var påfallende mange litt større biter (opp til 1 cm i diameter) gjennom sommeren og høsten 2016.



Figur 8: Materialet falt ned fra østvinduet mellom 14.9. og 24.10. 2016.

Om vi ser på nedfall som funksjon av inneklimate, spesielt relativ luftfuktighet, trer det frem et interessant mønster. Det viser seg at nedfall pr. måned er størst i perioder med lavest luftfuktighet; dvs. på våren/sommeren og i en tørr periode på høsten. Dette kan vanskelig forklares på annen måte enn at salt har krystallisert bak overflaten og inne i porene til steinene/mørtelen og sprenget ut mer enn vanlig i de våtere periodene på høsten og vinteren.



Figur 9: Klimaparametre på månedsbasis (over) og nedfall på månedsbasis (under).

Sommeren/tidlig høst 2016 lå den gjennomsnittlige RH på 65-75%, noe som er lavere enn den teoretiske likevektsfuktigheten for NaCl og vesentlig lavere enn likevektsfuktigheten for andre potensielt tilstedeværende salter, spesielt natriumsulfat (mirabilitt/thenarditt) (se Storemyr 2010). Vi har som før nevnt gode indikasjoner på at disse saltene er tilstede i murverket, selv om vi ikke kan se dem med det blotte øye.

Hvor alvorlig er den nåværende forvittringsraten? Her dreier det seg om sterkt forvitrede vindussmyg, noe av det mest forvitrede på tårnet, sammen med deler av østveggen i den nederste etasjen og et par andre steder. Forvitringen er med andre ord ikke representativ for tårnet som helhet, men gir en pekepinn på hva som foregår.

Om vi regner om vekten på det som falt ned i det østre vinduet til volum (gitt egenvekt på ca. 1,5 g/cm³ på det nedfalte materialet og en flate fra hvor nedfall foregår på ca. 2 m²), så får vi en gjennomsnittlig reduksjon i overflaten på ca. 0,1 mm pr år. Dette betyr at man i løpet av hundre år vil miste ca. 1 cm av overflaten. Forvitringen er naturligvis ikke jevnt fordelt; enkelte stein og fuger forvitrer mye mer enn andre. Likevel forstår vi at den pågående forvittringsraten vil gi betydelig materialtap over tid.

6 Observasjon av kondens- og hygroskopisk fukt

De følgende bildeseriene gir en pekepinn på hvordan fukt i tårnet forandrer seg med årstidene. Vi har valgt ut sørveggen i den øverste etasjen og østveggen i den nederste. For en stor del dreier det seg om kondensfukt, sannsynligvis blandet med hygroskopisk fukt. Vi må huske på at saltblandingene i murverket har den egenskap at de «suger» til seg fukt og gir et fuktig utseende på veggene (se vedlegg 1 for videre forklaring).



Figur 10: Sørveggen i klokkeetasjen, 12.1.2016. Alt er svært fuktig



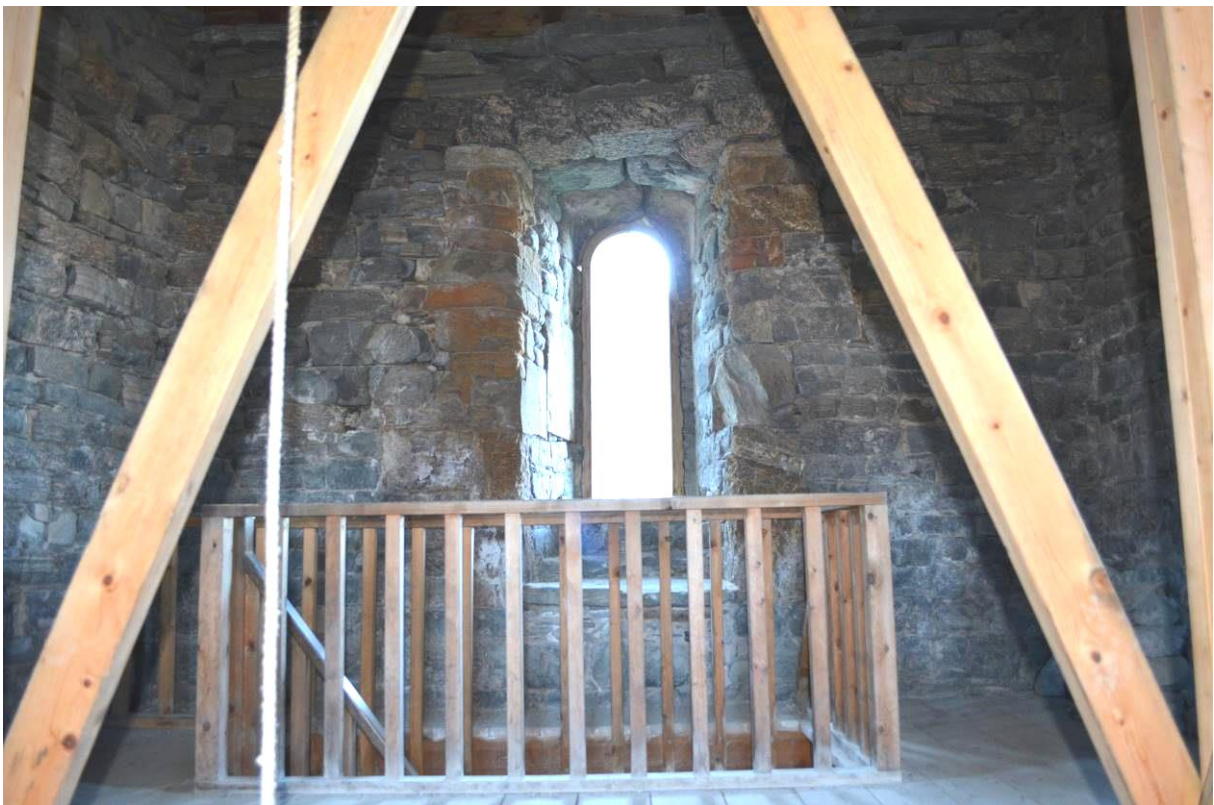
Figur 11: 30.5.2016: Veggen har for en stor del tørket opp etter en ganske tørr vår.



Figur 12: 14.9.2016: En god del fuktflekker. Spesielt i hjørner. Det var nokså fuktig på sensommeren.



Figur 13: 24.10.2016: Etter en svært tørr periode er sørveggen i klokkeetasjen nesten helt tørr.



Figur 14: 6.3.2017: Tørt og fint også på senvinteren, men det har nok vært skikkelig bløtt tidligere på vinteren.



Figur 15: Østveggen i nederste etasje, 12.1.2016: Svært fuktig, spesielt på de tilgrensende veggene.



Figur 16: 30.5.2016: Fortsatt en del fukt, til tross for vårlig tørke. Mye fuktigere her nede enn oppover.



Figur 17: 14.9.2016: Nokså fuktig, omtrent som i mai.



Figur 18: 24.10.2016: Vesentlig tørrere etter en tørr periode.



Figur 19: 6.3.2017: Nokså fint og tørt på ettervinteren.

Som oppsummering kan vi si at veggene i det indre av tårnet blir svært fuktige i perioder med regn og fuktig vær. Den nedre etasjen er generelt vesentlig mer fuktig enn klokkeetasjen; dette kommer nok først og fremst av mindre solinnstråling nede enn oppe, kanskje også mindre trekk. Men de fleste veggene blir også fine og tørre i tørre uteværsperioder. Det er svært sannsynlig at denne vekslingen mellom vått og tørt har en betydelig innvirkning på forvitringen; enkelt fortalt går mange salter i oppløsning i fuktige perioder, for så å krystallisere igjen når det blir tørt nok.

Fuktigheten vil også ha betydning for den kjemiske forvitringen av olivinstein. Som diskutert i Storemyr (2010) er olivin et lite stabilt mineral og går naturlig over til mineralet iddingsitt under atmosfæriske forhold. Omvandlingen krever fukt/vann, og selv om denne forvitringen går langsomt, så er det en faktor å regne med.

Frostforvitring krever også fritt vann. Men det er lite sannsynlig at frost nå har en finger med i spillet. Vi har jo sett at forvitringen er sterkest i tørre perioder om våren/sommeren/høsten – og ikke om vinteren, når temperaturen nokså sjelden går under frysepunktet.

Slik tårnet nå står, med åpne portaler, vinduer og store åpninger mellom vindusglass og vegger, så er det ikke mulig å kontrollere påvirkningen fra forandringer i uteklimaet: Er det fuktig ute, blir det også fuktig på de indre veggene. Har vi en tørr uteværsperiode, så tørker det også opp innvendig. Dette foregår helt uavhengig av vannlekkasjer, som nå på det nærmeste er stoppet.

7 Observasjoner av salt og forvittrings fenomener

Gjennom 2016 og frem til mars 2017 har vi observert mange detaljer i forvitringen på tårnet. Bildeserien under gir et innblikk i noen forvittringsmekanismer.



Figur 20: Det er vanlig å observere kalkskorper (CaCO_3) i vindusbuer og ellers i murverket. Slike skorper er typisk et resultat av tidligere restaurering med sement og påfølgende vannlekkasjer. De bidrar i liten grad til forvitring av stein, men er en indikasjon på tidligere eller nåværende lekkasjer.



Figur 21: «Blomkålskorper» av kalk (CaCO_3) er også vanlige. Disse er nok i mindre grad knyttet til tidligere restaurering med sement, men heller til oppløsning av gammel kalkmørtel i et meget fuktig miljø og påfølgende utfelling. Slike skorper kan sammenlignes med stalaktitter i kalksteinshuler.



Figur 22: Forvitring av olivinstein, eller rettere: metaolivinstein (metamorf olivinstein). Vi ser et mønster av «nåler». Disse nålene består av mineralet talk, som er motstandsdyktig overfor forvitring. Den gullige grunnmassen består stort sett av mineralet olivin og dets forvitningsprodukt iddingsitt. Olivin er altså mye mindre motstandsdyktig enn talk. Se Storemyr (2010) for videre diskusjon.



Figur 23: Saltutblomstringer i den nederste etasjen. Her dreier det seg sannsynligvis om natriumsulfater ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)/($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$). Disse kommer fra restaurering med sement og videre reaksjon med «gammel» sulfat i murverket, trolig fra metaolivinstein. Steinen har et visst innhold av sulfid, som ved forvitring går over til sulfat.



Figur 24: Gipsskorper på metaolivinstein i den øvre etasjen. Dette er et vanlig fenomen i tårnet. Gipsskorpene ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) kommer nok fra reaksjon mellom sulfat i metaolivinstein og kalk (Ca) fra kalkmørtel).



Figur 25: Salt i den midtre etasjen, ved den restaurerte «trekanten» på nordveggen. Saltene er ikke nøyaktig analysert, men det dreier seg om sulfater, trolig natriumsulfat. Mulig reaksjon mellom salt i mørtel og stein.



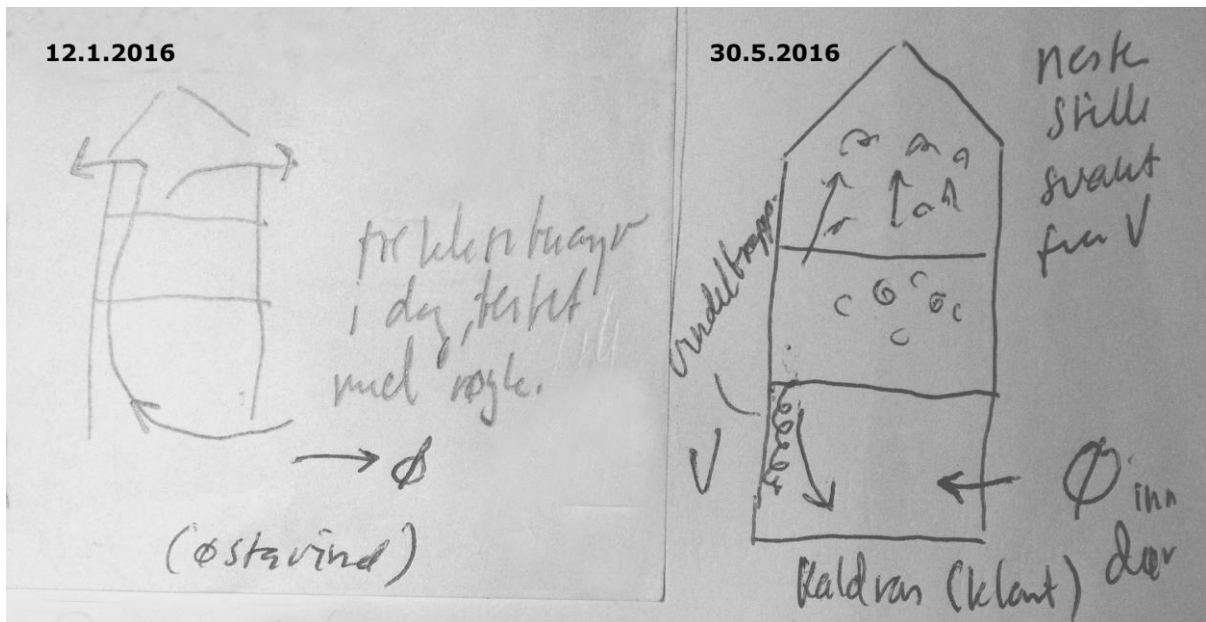
Figur 26: Murverk utendørs i skipet på kirken, nordveggen, nær tårnet (der man får et innblikk i den gamle murkjernen). Her dreier det seg om natriumkarbonat fra sementmørtel benyttet for tidligere reparasjoner. Det kan til tider være svært mye salt i dette området, mer når det er tørt enn når det er fuktig.

Ut fra bildeserien skulle det være klart at forvittringsmekanismene i tårnet er mangfoldige og at de virker sammen. Det er ikke slik at vi kan peke på en mekanisme som den viktigste. Likevel synes det som om salt er av stor betydning. Problemet er bare at vi ikke kan observere salt med det blotte øye i områder som forvitrer mest – som i vindussmygene i klokkeetasjen. Vi vet at salt er tilstede (sulfater, klorider, endog nitrater), men vi kan ikke se saltene når tårnet tørker ut etter fuktige perioder.

8 Sporadiske observasjoner av trekkforhold

Observasjoner av trekkforholdene i tårnet tyder på at de er helt avhengige av vindretning og lufttrykk, sikkert også temperaturfordeling i tårnet (se figur på neste side). Det er ingen konstant «pipeeffekt» i vindeltrappen; 12.1.2016 var det sug oppover i trappen ved østavind; 30.5.2016 var det kaldras fra trappen, ved meget svak vestavind, dog med sug inn gjennom portalen fra øst; mens det 14.9.2016 atter en gang var sug oppover, igjen ved østavind.

Østavind er mer vanlig enn man skulle tro helt her ute i vest. Men det er nok også mye vestavind som bringer fuktig luft fra Atlanterhavet. Alt i alt kan man nok ikke styre trekkforhold i den tro at vindeltrappen alltid oppviser en pipeeffekt. Tårnet har for mange åpninger til at dette er mulig.



Figur 27: Dagbokskisser av luftstrømning i tårnet-

9 Kort diskusjon

I 2010 ble de ytre fasadene kartlagt med nokså høy detaljeringsgrad, med følgende konklusjon:

«Vi har kunnet legge frem hypoteser for hva som er årsakene til forvitringen. Det synes klart at brann, tiden tårnet sto uten tak, løselige salter, frost - og ikke minst den naturlige (kjemiske) forvitringen av olivin alle på sitt vis har bidratt til forvitringen, men det kan også finnes ytterligere årsaker, så som biologiske faktorer. Til tross for at vi ikke i detalj kjenner forvitningsårsakene, er det likevel mulig å si noe om risikoen for fremtidige skader. Dette er fordi vi kan benytte gamle fotos for å bedømme hvor raskt forvitringen har utviklet seg de siste omtrent hundre år og projisere inn i fremtiden ved hjelp av ulike scenarioer for klimautviklingen og naturligvis også for hvordan man forventer at tilsyn og vedlikehold vil bli. Spesielt ved hjelp av detaljbilder av skipets vestportal (tårnets østportal) kan vi slå fast at forvitringen siden restaureringen i 1913 har utviklet seg langsomt. Tilstanden til olivinsteinene har endret seg ytterst lite; de fleste (små) forandringer kan observeres i feltene der murkjernen står åpen. Her er kalkmørtelen noe mer forvitret i dag og enkelte mindre stein har falt ut. Det er altså åpenbart at restaureringen(e) har hatt en svært positiv effekt. På de øvrige ytre fasadene er bildet det samme: i løpet av de siste hundre år kan det knapt observeres endringer. Vi vet imidlertid ikke hvordan tilstanden har utviklet seg på innerveggene, da det for disse ikke finnes historiske bilder. Noen stor forskjell i forvitringshastighet i forhold til hva som er observert på den relativt værbeskyttede østveggen er imidlertid lite sannsynlig.»

Ut fra undersøkelsene i 2016 og 2017, rapportert i foreliggende skriv, kan vi nå i tillegg slå fast at forvitringshastigheten i vindussmygene i den øvre etasjen er ganske betydelig og at det nok også finnes andre områder innvendig med hurtig forvitring. Vi har sannsynliggjort at dette ikke minst

skyldes saltforvitring i tørrere perioder fra vår til høst. Spørsmålet er om det er mulig å begrense forvitringen?

10 Konklusjon, videre arbeid og tiltak

Arbeidet på tårnet på Selja kloster og helgenanlegg har med stor grad av sannsynlighet vist at mesteparten av forvitringen skjer i forholdsvis tørre perioder (målt med RH) på våren/sommeren/tidlig høst. Dette er første gang noe slikt har blitt sannsynliggjort i vestlandsnorge, og det har likheter med hva vi tidligere kjenner til fra Regalierommet i Erkebispegården i Trondheim (Storemyr & Franz 2002): Her i nord blir det såpass tørt (RH, absolutt luftfuktighet) på sommeren, til tross for regn og at det føles fuktig, at man må regne med saltforvitring. I dette tilfellet, på Selja, kan vi imidlertid ikke se saltene med det blotte øye. De er enten for finfordelte eller krystalliserer under overflaten og i små porer i steinene.

Det burde være mulig å bestemme hvilke salter som er ansvarlige for forvitringen. Dette vil imidlertid kreve solid innsats på analysefronten (optisk mikroskopi, elektronmikroskopi, kjemiske analyser, videre overvåkning osv.), og det er ikke sikkert at det vil bety mye for mulige praktiske tiltak for å begrense forvitringen. Men fra et vitenskapelig synspunkt er det naturligvis ønskelig å utføre slike analyser.

Tårnet er «åpent»; dvs. at det har mange åpninger (portaler, vinduer) og dermed er det fullstendig prisgitt det omgivende maritime, kjølige klimaet. Det er derfor svært vanskelig å styre innklimaet i en bestemt retning – enten ved å øke fuktigheten i tørrere perioder for å unngå saltutblomstring, eller ved å holde fuktigheten på et så lavt nivå at saltene «alltid» er i krystallin form.

For å muliggjøre styring av klimaet må alle åpninger først «tettes»; dvs. at det må installeres dører og vinduer med tetning til omgivende murverk. Dessuten må taket tettes mot omgivende murverk. Dørene og vinduene må videre gis muligheter til å kunne åpnes og lukkes for å slippe inn/slippe ut luft i bestemte perioder.

Å skulle installere slike dører og vinduer er svært kostnadskrevenne. Ikke mindre kostnadskrevenne er det å skulle finne løsninger for åpning/lukking av vinduer og dører i bestemte perioder. Det vil kreve vitenskapelige studier og kontinuerlig «vaktmestertjeneste» på stedet, noe som knapt er mulig.

Jeg tror derfor at man må leve med den forvitringen som nå skjer. Forvitringen er ikke ubetydelig, men den svekker ikke tårnets konstruksjon og den ødelegger heller ikke skulpterte overflater i nevneverdig grad.

Gitt den spesielle situasjonen til tårnet – på en øy med begrenset mulighet for daglig overvåkning – tror jeg det først og fremst er viktig å opprettholde en generell god bevaringstilstand; dvs. reparere fuger med kalkmørtel på jevnlig basis for å unngå lekkasjer, og ikke minst holde taket i god stand. Så kan man i tillegg overvåke forvitringshastigheten ved å samle opp nedfalt materiale i vindussmygene (som gjort i foreliggende undersøkelse) på halvårsbasis – for å holde noenlunde kontroll.

Referanser

Franz, A. & Storemyr, P. (2000): The 17th Century Mural Paintings in the Regalia Room, Archbishop's Palace, Trondheim, Norway. History, Paint Technology and Weathering of the West Wall. With contribution from K ng, A. *NDR-report*, no. 0001, 66 p. [Downlaod PDF \(5,6 MB\)](#)

Storemyr, P. & Franz, A. (2002): The Regalia Room Mural Paintings Conservation Preoject, Trondheim, Norway: Conservation Measures and Monitoring of Salt Weathering 2001-2002. *Report No. 2002.051*, Expert-Center for Conservation of Monuments and Sites, Zürich, 43 p. [Download PDF \(4,6 MB\)](#)

Storemyr, P. (2010): Klosterruinene p  Selja – steinbrudd, forvitring og dokumentasjon. Report, Per Storemyr Archaeology & Conservation Services, Zurich (CH); for Bakken & Magnussen AS, 46 p. [Download PDF \(13,5 MB\)](#)

Storemyr, P. (2015): Steinbruddslandskapene ved middelalderens klostre på Selja, Hovedøya og Rein. Report, Per Storemyr Archaeology & Conservation Services, Hyllestad (NO); for the Directorate for Cultural Heritage, Norway, 135 p. [Downlaod PDF at Riksantikvarens Vitenarkiv](#)

Vedlegg 1: Hygroskopisk fukt

Mange salter har den egenskap at de suger til seg fuktighet fra luften. De kalles hygroskopiske salter.

I tårnet på Selja er det en mix av hygroskopiske salter som vi ennå ikke har typebestemt. Men det dreier seg om en mix av sulfater, klorider og nitrater (bestemt ved hjelp av teststrips).

Bildene under viser hva som skjer om en puster på steinpulver med en slik saltmix. Her har vi tatt litt av det nedfalte pulveret ra østvinduet i klokkeetasjen. Pulveret har blitt blandet med vann og satt til å tørke. På det øverste bildet ser vi at «tungen» mot høyre er hvitaktig. Dette er utfelt salt. På det nederste bildet er det hvitaktige borte. Dette skyldes ett eneste lite pust gjennom munnen; saltene har trukket til seg den lille fuktigheten og gjort området «bløtt».

Bildebredde er ca. 1 cm.

