

15 AUG '94 11:27 OVE HIDEMARK ARK 46 B 249575

0143<sup>P-2</sup>-31350

Lund 1994-07-19

Ove Hidemarks Arkitektkontor AB  
Drottninggatan 59  
111 21 STOCKHOLM

Betr. fuktmätningar, Vadstena Klosterkyrka

Efter vissa initialproblem vid installationen av mät-  
utrustningen i april är nu mätningarna under kontroll.  
Bifogar exempel på mätresultat i ventilationshålet för  
perioden 940519-940523.

Överslagsmässigt är lufthastigheten i storleksordningen  
0.5-1.5 m/s och temperaturskillnaden uppe-nere 8-10°C. Att  
RF är lägre upptill beror på att temperaturen är högre där.  
Anghalten upptill är 1-1.5 g/m<sup>3</sup> högre än nedtill, beroende  
på avdunstning från ventilationshålets mantelyta.

Någon detaljutvärdering är inte meningsfull ännu. Resulta-  
ten är dock logiska och överensstämmer på alla sätt utom  
ett med Fabricius beräkningar. Den totala avdunstningen i  
hålet är enligt mätningarna mindre än enligt beräkningarna.  
Sannolikt beror detta på att Fabricius räknat med avdunst-  
ning från hela mantelytan medan avdunstning i praktiken  
endast sker från en del av denna yta. Avdunstningen från  
kalksten är nämligen försumbar i sammanhanget. Detta har  
dock ingen betydelse för uppskattade uttorkningstider,  
eftersom den total vattenmängden som skall torka ut redu-  
ceras ungefär lika mycket.

Vi har för avsikt att göra nya mätningar i aug -94,  
senhösten -94 och tidig vår -95 innan en fullständig  
utvärdering genomförs.

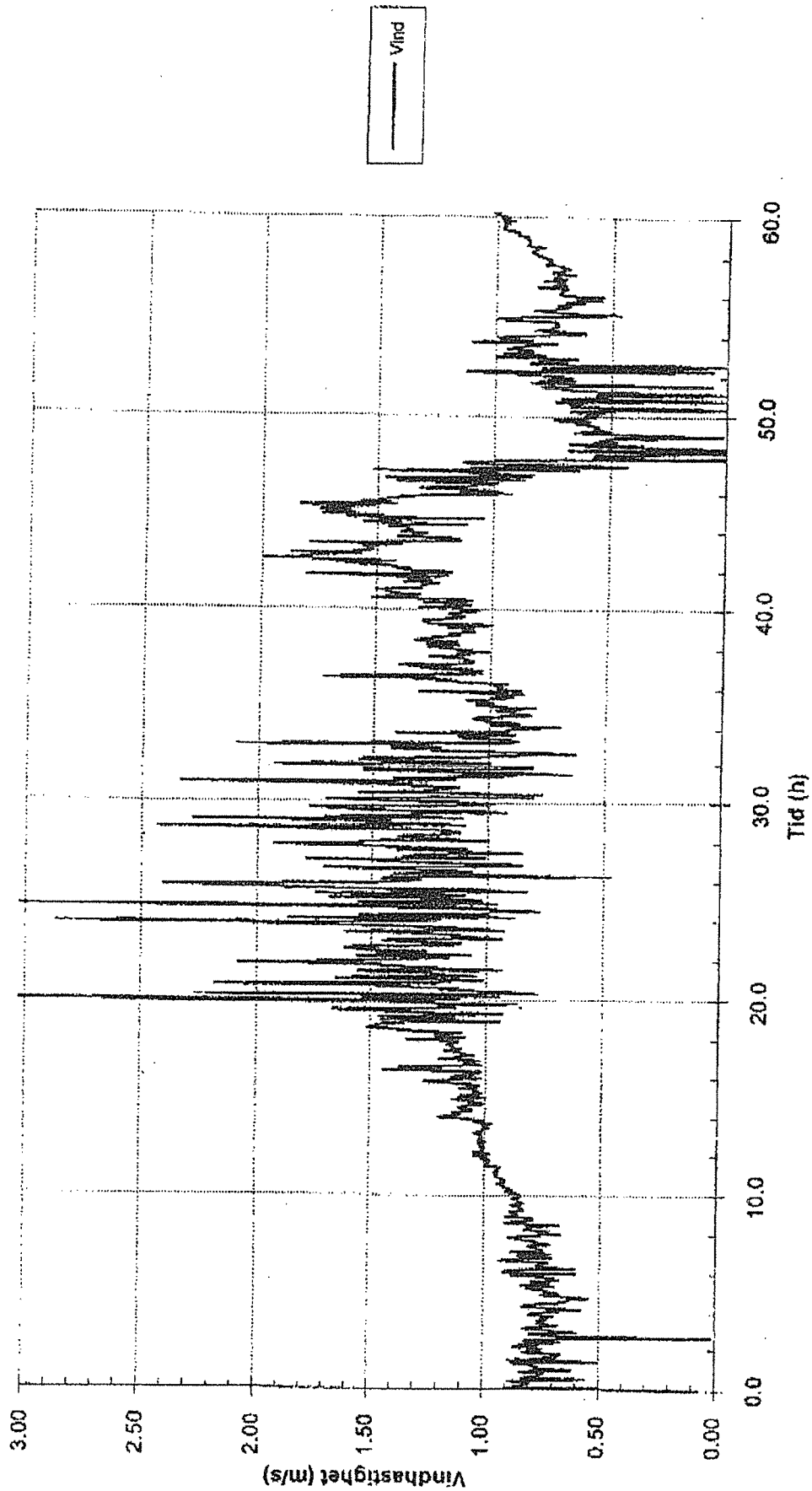
Bifogar faktura för hittills nedlagt arbete och kostnader.

Med vänlig hälsning

  
Kenneth Sandin

046 - 222 74 09

Vadstena 940519







## FÖRFRÅGNINGSUNDERLAG

### VADSTENA KLOSTERKYRKA UTTORKNINGS-HÅL I STRÄVPELARE

---

#### BAKGRUND

Kyrkan har utvändiga strävpelare vilka är helt vattenmättade, något som bla resulterat i skador i form av frostsprängning. Vatteninträngningen genom murverkets fogar är större än avdunstningen och tänkbara förändringar som skulle hindra vatteninträngning (andra fogar) kommer även att försämra avdunstningen. Åtgärder måste därför vidtas för att torka ut pelarna.

Det nedan föreslagna arbetet skall vidtas på prov på en pelare ( d 5), varefter uttorkningseffekten studeras under några år. Efter en utvärdering kan det bli aktuellt att åtgärda samtliga pelare.

#### BORRNING AV UTTORKNINGSHÅL

Två stycken vertikala hål borrar från ovasida av pelaren. Vid borrarne lyfts delar av blyplåten på pelaren bort (falsar öppnas), alternativt borrar direkt genom plåten, vilket fordrar att den återställs genom att ett "lock" löds fast.

Hålen borrar till en nivå av c:a 1,4 meter över mark. På denna nivå borrar anslutande horisontella hål genom pelaren och hål borrar även på motsvarande sätt c:a 0,8 meter under avtäckningen. De horisontella hålen kommer senare att huggas fyrkantiga c:a 2 dm in från öppningen där ett rostfritt nät monteras. Den fyrkantiga hål-formen väljs för att likna bomlagshål.

För att förbättra uttorkningen kommer värmekabel att dras i hålen och vissa mätinstrument monteras för att studera uttorkningsförloppet. En av mätningarna fordrar att ytterligare ett hål (mät hål) borrar c:a 3 meter över mark.

Läget för borrhålen framgår av ritning. Hålen skall ha en diameter av 10 cm.

#### FÖRFRÅGAN

Fast pris önskas på det bormingsarbete som beskrivits ovan. I åtagandet skall även ingå att fylla övre delen av borrhålen, ner till de övre anslutande horisontella hålen, med en bruksmassa av krossat tegel och kalkbruk. Dessutom skall blyavtäckningen återställas.

Priset avser ett fullt färdigt arbete med nödvändiga allmänna hjälpmedel och arbeten tex liftar eller ställningar.

Entreprenören skall ha allriskförsäkring och överta det ansvar som enligt arbetsmiljölagen åvilar byggherren.

Avsikten är att arbetet skall utföras under augusti månad innevarande år.

Anbud önskas till Vadstena församling c/o undertecknad senast den 2 juli kl 1600.

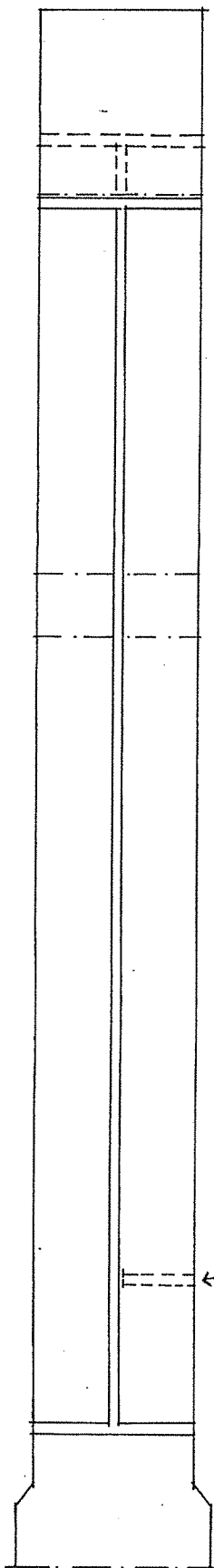
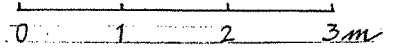
Vadstena den 9 juni 1993

Per Rydberg (arkitekt)  
Skänningegatan 6  
592 32 VADSTENA

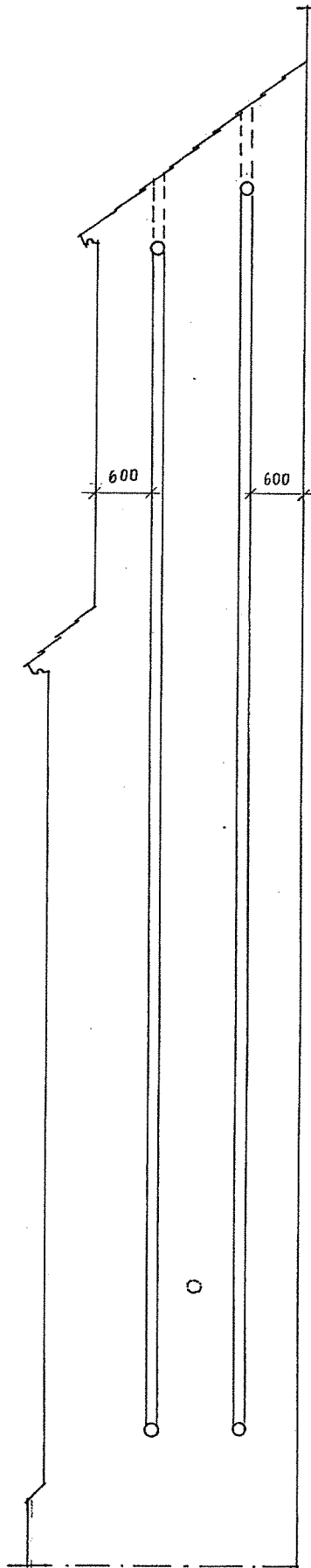
Tel: 0143-113 50

Bifogas:

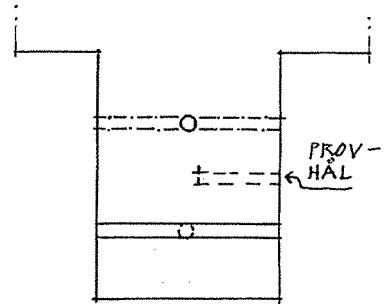
- Plan över Kyrkan
- Ritning, "Förslag till uttorkningshål..."



SEKTION  
PARALLELL MED  
LÅNGFASADEN



SEKTION  
TVÄRS LÅNG-  
FASADEN



PLAN-SNITT

VADSTENA KLOSTER-  
KYRKA

FÖRSLAG TILL  
UTFORSKNINGSHÅL  
I STRÄVPELARE

SKALA 1:50  
P. KYDBERG 9/6 1993

# KLOSTERKYRKAN, VADSTENA

MINNESANTECKNINGAR FRÅN MÖTE MED KENNETH SANDIN  
1993 -03-18

---

## Förutsättningar

Mötet var sammankallat för att diskuteras K S:s erfarenheter från den tidigare undersökningen av kyrkan, ställa frågor som rör tidigare dragna slutsatser samt inhämta K S:s synpunkter på utförda och planerade arbeten.

Ove Hidemark och Krister Berggren som skulle ha deltagit i mötet fick förhinder, varför endast K S och undertecknad deltog.

## Inriktningen på tidigare arbete

Kyrkans problem ansågs vid den tidigare projekteringen till stor del bestå i att väggarna inomhus, särskilt den södra långhusväggen, hade så stora saltutslag. K S kunde vid besök i kyrkan konstatera att detta i dag inte föreföll vara något problem alls. Anledningen till den markanta förändringen kunde inte entydigt förklaras. (Kan bero på att läckage från värmesystemet tätats, och att utvändiga hängrännor och dränering annordnats).

K S ville i huvudsak se kontreforemas sprickor som ett satiskt problem, vilket efter att sprickor uppstått kan förvärras av frost. (Under dagens diskussioner tyckte jag att han svängde mot min uppfattning att det är en fråga om frostsprängning).

K S hade vid sitt arbete kommit fram till att den kapilära uppsugningen var ett problem som måste tas på allvar. Han hade god praktisk erfarenhet av att hindra uppstigande fukt med hjälp av borrhämnor vilka fyllts med silicon (fuktuppstigningen hade minskat med c:a 90 %).

Markprover som han studerat visar att kyrkan är omgiven av täta jordlager och att det bildades en "bassäng" runt kyrkan som tryckte in vatten.

K S bedömde att den kapilära uppsugningen i kyrkan sker till 3-3,5 meters höjd med fyllda fogar och i stort sett oberoende av om de är av cement eller kalk. Dock beror denna på pelarnas konstruktion. I de ommurade pelarna, vilka närmast har en homogen stenkärna, är uppsugningen ytterst liten eftersom den sker i bruk och fyllning (ytterst lite även i tegel).

Om däremot den kapilära utsugningen och dunstningen via fogarna hindras kommer uppsugningen troligen att ske till 10-meters-nivån.

## Mätningar på bef givare

Mätningar gjordes på de fuktgivare som finns monterade i väggarna, både vid kopplingsplint i Brördakoret och alldeles intill mätdon. Resultatet blev orimligt, nämligen att väggarna var ytterst torra. K S menade att detta bekräftade vad han anat, nämligen att givarna åldrats så att de är helt oanvändbara. Givarna och sladdarna på fasad har inte längre någon funktion och kan därför avlägsnas.

## Hur kommer vattnet in i pelarna?

Upp till 3-metersnivån är det mest fråga om markfukt. Ovanför denna nivå kommer fukten från regn och förs in i pelaren genom kapilär sugning. Vindtrycket är helt försumbart i sammanhanget eftersom kapilärkraften är c:a 10 000 gånger starkare. De luftningshål som gjorts på den omfogade ytan gör därför knappast någon nytta, men heller ingen skada).

Vatten kan även transporteras i samband med frysning eftersom en vattenansamling som fryser suger vatten från omgivningen. Vid frysning expanderar vattnet 9%.

Luftfukten inuti kyrkan har nästan ingen som helst betydelse för murarnas fukthalt. Uttorkningen inåt påvekrar fukten i murarna ytterst lite.

## Varför inget problem i Linköpings domkyrka?

Insugningsgraden i fogarna beror på ytterst små skillnader. Vi rör oss i ett gränsområde mellan att de skall fungera eller ej. Påverkande faktorer är fogtjockleken men framförallt fogens form. En fog som blir större inåt är en dålig fog och motsatt är en fog med stor ytteryta bra eftersom

den drar ut fukt ur murverket. (Den fogning med utsmetade fogar som gjorts på Brödrakoret är därför bra i detta avseende).

"Flaskhalsen" sitter där fasdasteen slutar inne i muren. Är denna del av fogen stor så dras det in mycket vatten. Stor yttre öppning ger däremot inte mer insugning, men bättre avdunstning. Fogmaterialet har inte så avgörande betydelse.

#### Uttorkning

Den nu omfogade pelaren kommer att torka ut ytterst långsamt (knappast inte alls) eftersom utsugningen via fogarna förhindrats. Detta kommer också att innebära att markfukten stiger upp högre i pelaren om den fogas om på detta sätt i hela sin höjd.

I K S:s projektering ingår ett förslag att borra en "skorsten" genom pelaren (såsom vi diskuterat) och att lufta denna under pelarens avtäckning. K S tror på denna lösning men anser att den ensam inte är tillräcklig. Som åtgärder mot markfukten anser han att injicering eller en luftning bakom sockeln behöver utföras. En luftad sockel kan sänka fuktinnehållet med upp till 80-90 %.

Det uppstår knappast skorstensverkan i det borrhålet varför en hjälpkraft tex värme krävs.

En tillräcklig målsättning med uttorkningen är att sänka mätnadsgraden till 90%.

Om allt fuktillskott från marken hindras tar det två år innan den kapillära utsugningen upphör.

#### Fogmaterialet

Ren cement bör undvikas. Dock har KC 50:50 marginell skillnad gentemot luftkalk vad gäller sugning och diffusion. En cementhaltig fogning utanpå kalk är teoretiskt sett idealiskt men fungerar inte i praktiken eftersom det uppstår sprickor mellan cement och natursten. Det är således svårt att få cementfogar att fungera i praktiken.

K S har funnit att kyrkan innehåller ett ovanligt starkt bruk (hydrauliskt) och menar att detta kan vara en bidragande orsak till uppkomsten av sprickor i samband med skarvar och ojämnheter.

#### Sänkning av grundvattnet

K S avråder bestämt från denna åtgärd med tanke på materialet i marken.

#### Fritt vatten i pelarna?

K S anser att detta förekommer. Ett tecken på detta är de rinningar med saltinnehåll som kan studeras på fasaden. Detta vatten kan, vid stora sprickor, tryckas in av vinden men normalt bildas en vattenfilm i en spricka vilken genom sin egen vikt åstadkommer ett tryck på sina egna nedre delar vilket gör att vatten trycks in.

#### Genomförandetid

K S rekommenderade att prov görs och att lång tid avsätts för utvärdering. Med detta menade han årtal, för att inte onödiga ingrepp skall göras i stor skala.

Noterat av,

  
Per Rydberg

Delges:  
Ove Hidemark  
Krister Berggren



OVE HIDE MARK  
ARKITEKTKONTOR AB  
DROTTNINGGATAN 59  
11121 STOCKHOLM  
TELEFON 08 - 24 22 15  
POSTGIRO 65 41 83 - 3

Vadstena, Hov och Strå  
Församlingars pastorat  
Gräsgatan 31, 592 30 Vadstena

Vadstena klosterkyrka, Ang. projektering och reparationer.

Efter genomläsning av tidigare utredningar och besök på platsen har vi nått fram till följande bedömningar och handlingschema:

Fuktsituationen i kyrkan har radikalt förbättrats sedan den befuktning som infördes 1967 upphörde 1986. Tidigare läckage i värmesystemet som upphört, liksom tillkomsten av ständrännor på kyrkans tak har sannolikt ytterligare bidragit till ett bättre klimat i såväl kyrkorummet som i kyrkans murverk. Nuvarande klimatsituation i kyrkorummet uppvisar cirka 60% relativ fuktighet.

För att kunna bedöma riskbilden i saltvittring och sprickor i kontreforerna avser vi att via laboratorietest artbestämma saltet och ta ut materialprov ur en vald kontrefor. Samtidigt kan avtäckningens kvalitet undersökas. Detta kräver ställning. Per Rydberg avser att ordna detta till den 27 okt. då jag räknar med att komma ner till Vadstena. Samtidigt avser vi att genom provgrop undersöka grundvattennivån. För att kunna bedöma eventuella pågående rörelser i kontreforernas sprickor bör trepunktsmätningar utföras på några ställen och utvärderas sommar- och vintertid. Sammantaget ser situationen således inte fullt så oroande ut som förespeglats men bör följas upp med ovanstående undersökningar. Tidigare undersökningar drog inga konkreta slutsatser. Idag känns detta möjligt, i synnerhet då den historiska bilden av tidigare bedömningar av tillstånd och genomförda reparationer kan ställas mot nuvarande tillstånd och status.

Jag sänder bilagt kostnader för hittills redlagt arbete för ark. Per Rydberg och civ. ing. Krister Berggren.

Hälsningar

Ove Hidemark

## VADSTENA KLOSTERKYRKA

### FÖRSLAG TILL FÖRUNDERSÖKNING OCH PROJEKTERING INFÖR FÖRESTÅENDE RESTAURERING

#### FÖRUTSÄTTNINGAR

Klosterkyrkan står inför omfattande restaureringsinsatser. Åtgärdsbehovet finns beskrivet i ett brev rubricerat "Fortsatt yttre renovering av Vadstena klosterkyrka, Östergötland" (1991-09-12) som Riksantikvarieämbetet ställt till Civildepartementet.

Bland de planerade åtgärderna är reparationen av spruckna strävpelare och urlakande murverk arbeten vilka fordrar extra stora insatser i form av undersökning och analys eftersom orsakerna till skadorna inte är fastlagda. Vid tidigare tillfällen har hög fukthalt konstaterats i murverket och fuktmätningar har genomförts. Vissa förbättringsarbeten har på prov utförts på Brödrakorets yttermurar.

Övriga, planerade, arbeten kan i huvudsak betraktas som underhållsåtgärder vilka i sig kan vara kostsamma men som fordrar en relativt blygsam projekteringsinsats.

#### PROJEKTERINGEN

##### OMFATTNING

Det nedan beskrivna och bedömda behovet av projekteringsinsatser rör frågor som hör samman med skador i murverk och strävpelare. Insatserna skall leda fram till att lämpliga åtgärder för deras reparation skall kunna fastslås.

Innan detta skett är det inte meningsfullt att påbörja övriga arbeten med undantag för översyn och reparation av skiffertaket.

##### Arkivstudier

Med syfte att få förklaring till varför skadorna uppstått och för att konstatera hur, när och i vilken omfattning tidigare reparationer genomförts studeras församlingens och ATA:s arkiv. En viktig handling i sammanhanget är den sammanställning som församlingen har över sekelskiftets restaurering.

##### Litteraturstudier

Två publikationer studeras, nämligen

-Fukt och temperaturundersökningar i Vadstena klosterkyrka, LTH 1974

-Förslag till restaurering av Vadstena klosterkyrka, Ds U 1975:6

En självklar kunskapskälla i sammanhanget är dessutom de volymer av Sveriges Kyrkor vilka berör Klosterkyrkan.

##### Egen skadeinventering

Förekommande skador, främst sprickor, utfällningar och saltutslag dokumenteras på ritning.

##### Kemisk analys

Om tidigare utförda undersökningar inte fastslagit den kemiska sammansättningen hos utfällningar och saltutslag görs en kemisk analys av dessa.

Fotografering

För att utröna om håligheter finns i murverket, främst i form av luftkanaler bakom sockeln kan fotografering med densitets- eller värmekänslig kamera komma att utföras.

Rivning, provtagning

Undersökande rivning kan komma att behöva göras vid sockel och strävpelaratäckning.

Sammanställning av fuktmätning

Sedan den föregående restaureringen har kontinuerliga fuktmätningar utförts i kyrkans murverk. Resultatet av dessa sammanställs.

Analys, utvärdering och beskrivning

Samtliga, ovanstående, insatser syftar till att samla underlag för analys av skadornas orsak så att lämpliga reparationsåtgärder kan föreslås.

Åtgärderna formuleras som en beskrivning. Den är avsedd utgöra underlag för anbudsinförd-  
ran och vara en anvisning för hur reparationen skall utföras.

**BEDÖMDA KOSTNADER OCH TIDER**

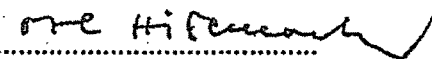
I analysen av skadorsakerna och vid eventuell kemisk analys avser jag att till mig knyta experter med specialkompetens. Samma förhållande gäller vid eventuell fotografering med special-kamera. Övriga insatser utförs av mig och mina medarbetare.

Jag bedömer att den ovan nämnda projekteringen kommer att leda till kostnader av storleksordningen 150 000 kronor. I beloppet ingår kostnaderna för den specialexpertis som jag avser att anlita.

Till detta kommer moms, resor och byggnadsarbeten i form av undersökande rivning.

Min avsikt är att arbetet skall drivas så att konkreta reparationsåtgärder kan föreslås under hösten 1992.

Stockholm den 22 maj 1992



Ove Hidemark  
Professor, arkitekt

Berggren & Engström  
Byggkonsult AB

Datum  
1992-11-06

Wittstocksgatan 16 A  
115 27 STOCKHOLM  
Tel 08 665 40 75  
Fax 08 665 40 95

Analytica AB  
Henning Haberman  
Box 511  
183 25 TÄBY

**BESTÄLLNING**  
**ANALYS AV SALT FRÅN VADSTENA KLOSTERKYRKA**

Härmed beställs elementanalys enligt telefonsamtal. Vi vill veta vad det är för slag av saltkristaller och en grov uppskattning av hur mycket det finns av varje sort.

Med vänlig hälsning

Berggren & Engström  
Byggkonsult AB



Krister Berggren

Berggren & Engström  
Byggkonsult AB

Datum  
1992-11-18

Wittstocksgatan 16 A  
115 27 STOCKHOLM  
Tel 08 665 40 75  
Fax 08 665 40 95

Ove Hidemark  
Per Rydberg

#### VADSTENA KLOSTERKYRKA

Jag har lämnat saltet på analys till Analytica den 6/11 men har inte fått svar ännu.

Jag har köpt klimatdata (temp, RF och nederbörd) för hela 1991 från SMHI. Nederbörd gäller Vadstena men temperatur och RF gäller Zinkgruvan som var närmaste RF-station. Bifogade fuktanalyser, baserade på SMHIs och kyrkans egna mätningar, visar helt normala fuktförhållanden som vi tidigare anat.

Betr "trepunktsmätningen" föreslår jag att Per köper mässingsskruvar med rund skalle och monterar i borrarde hål med bly- eller plastplugg på ca 100 mm inbördes avstånd. Två placeras på ena sidan av sprickan och en på andra. Monteras så att det går att mäta med vanligt skjumått.

Jag har sökt Kenneth Sandin men ännu ej fått tag på honom.

MVH

Krister



**ANALYTICA AB**

Box 511 • Nytorpsvägen 9 • S-183 25 TÄBY • Sweden  
Tel.: 08-768 02 25 • Telefax: 08-768 34 23

BERGGREN & ENGSTRÖM  
Byggkonsult AB  
Krister Berggren  
Wittstocksgatan 16A  
115 27 STOCKHOLM

Täby 1992-11-24  
Ank.datum 1992-11-09  
Vår ref. Henning Habermann


**ANALYSINTYG NR 92-10899**

ANALYS AV SALT

Provet har analyserats med röntgenfluorescens och röntgendiffraktion  
med följande resultat:

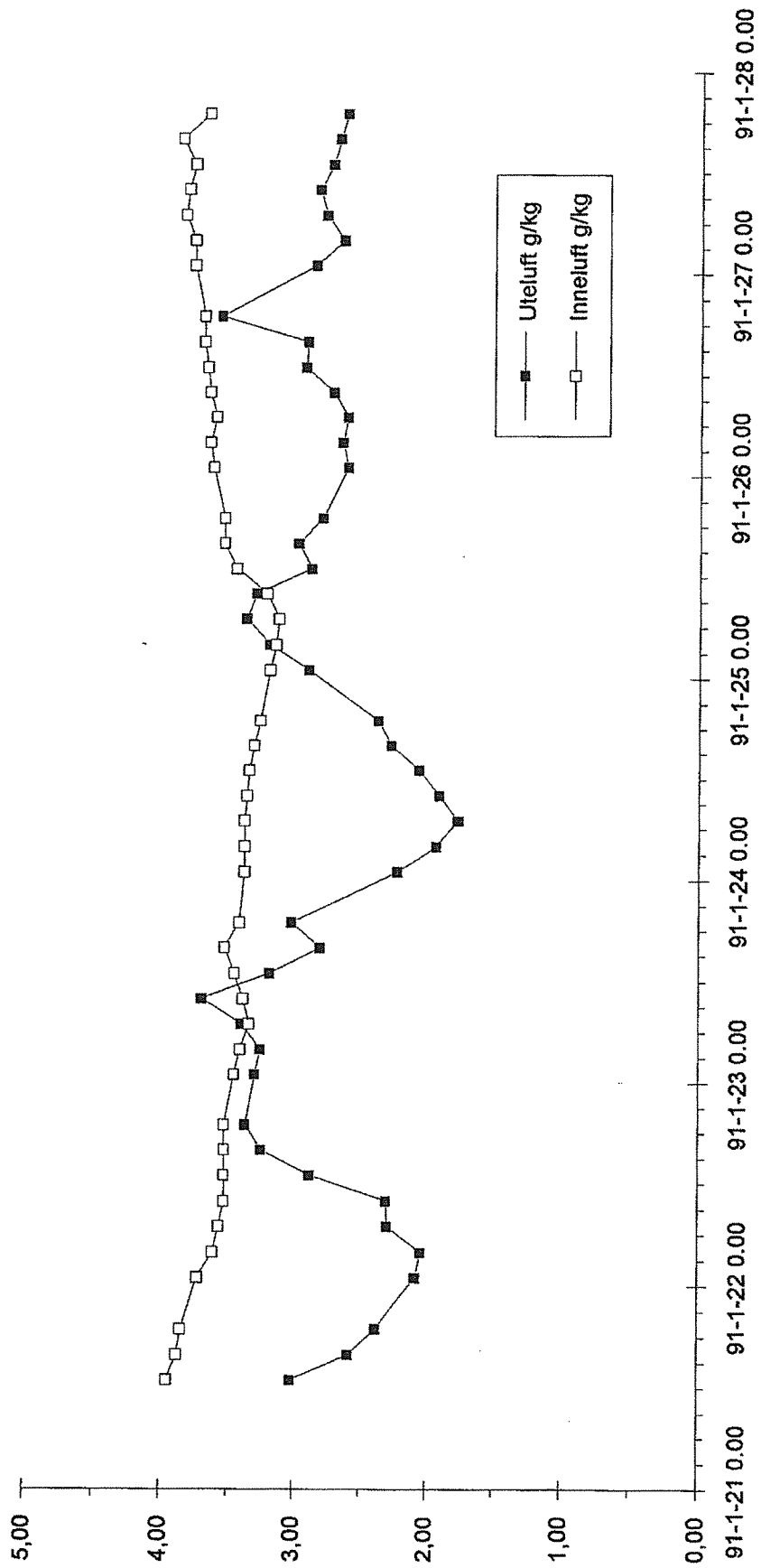
Ca 90 %  $\text{Na}_2\text{SO}_4$   
<5 % Ca-, Si-, K-föreningar

**ANALYTICA AB**

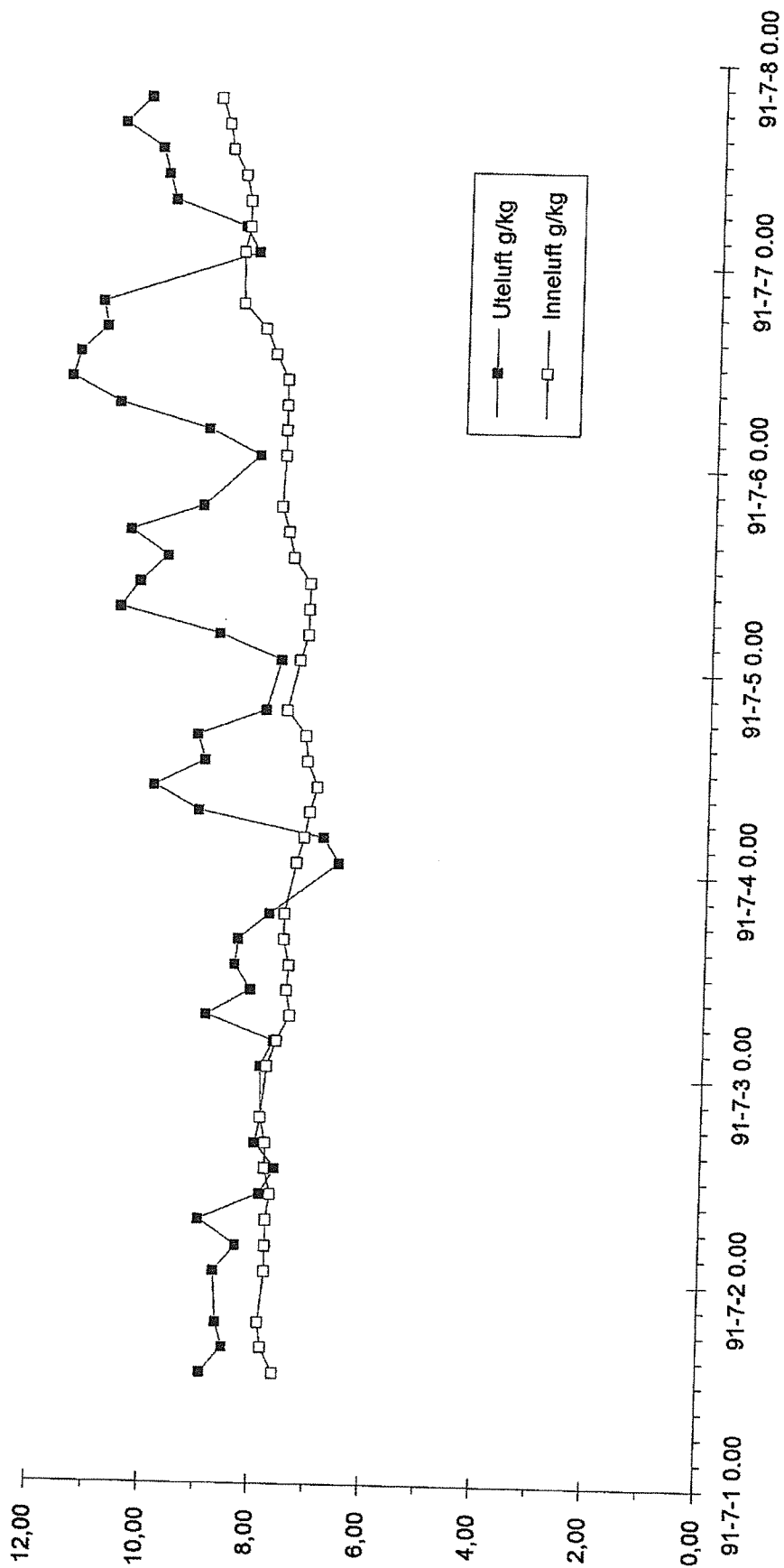


Lena Vågberg  
Lab chef

### VADSTENA KLOSTERKYRKA



### VADSTENA KLOSTERKYRKA





Vadstena klosterkyrka  
Minnesanteckningar från möte nr 2

NÄRVARANDE: Ove Hidemark, Krister Berggren, Per Rydberg  
TID: 1992-08-13  
DELGES: De närvarande

---

Anteckningar från föregående möte, det första inför den förestående reparationen, föreligger. De har förts av pastor Kjell Karlsson.

## 2:1 HÄNT SEDAN FÖREGÅENDE MÖTE

### 2:11 Studium av rapporter och utredningar

Alla tre har tagit del av restaureringsförslaget från år 1975 (Ds U 1975:6). K B har dessutom studerat hela den rapport beträffande fukt-och temperatur undersökning som utförts av K Sandin. P R har gått igenom delar av församlingens arkiv.

Restaureringsförslaget saknar en klar analys av skadeorsakerna. Den andra rapporten ifrågasattes eftersom de mätningar som gjorts för att fastställa fukthalten i murverket inte är tillförlitliga. Hagkonsults grundvattenundersökning måste förkastas. Där görs bl a det orimliga konstaterandet att grundvattennivån delvis står ca 0,5 meter över mark.

Konstaterades att föreliggande rapporter tyvärr ger dålig vägledning inför det förestående arbetet och att nya undersökningar fordras.

### 2:12 Skrivelser till pastor Kjell Karlsson

OH har sänt ett PM ang det kommande arbetets uppläggning till pastorn. Denne har även fått ett förslag till utformning av en ansökan om statliga medel för åtgärderna av PR.

### 2:13 Tidigare sprickinventering

K B har från ATA tagit fram kopior på den dokumentation av sprickor som gjordes av Ingmar Holmström år 1970.

## 2:2 DAGENS AKTIVITETER

Kyrkans exteriör och kyrkorummet synades. Undersökningar gjordes på vinden och diskussioner föredes men kyrkvaktmästare Ottosson beträffande befuktnings- och uppvärmningsanordningarna. Borrprover ur kontreforer, förvarade i trossboden, undersöktes. Efter detta noterades följande:

### 2:21 Läckage från värmesystemet

Läckaget är i dag försumbart. Vaktmästaren fyller på systemet med 4-5 liter per kvartal. Den fukt som uppträder på golvet sommartid konstaterades bero på kondens.

### 2:22 Befuktningen

Befuktning sker i dag endast i orgeln. Där tillsätts luften 24 l / dag under eldningssäsongen. Fukthalten i kyrkorummet i övrigt varierar under året mellan ca 40- 65 %. Utskrifterna för mätningen utförd under år 1991 lånades för kopiering.

Konstaterades att fuktmätaren i orgeln och den framme vid altaret visar värden som avviker tämligen mycket från varandra trots att igen befuktning görs vid orgeln under innevarande årstid. Mätarna regenereras inte på det sätt som anges i skötselinstruktionerna, och som fordras för att de skall vara tillförlitliga, varför resultatet av mätningarna kan ifrågasättas. Mätarna är dessutom av tämligen dålig kvalitet. Vaktmästaren rekommenderades att i stället använda en mätare av

bättre sort vilken fanns undanställd i trossboden.

Den tidigare, och i restaureringsrapporten förutsatta, befuktningen på upp till 90% har (lyckligtvis) upphört, troligen år 1985 eller -86 (registrering av fukthalter med en variation mellan 65-90 % finns från år 1985 i församlingens arkiv. (Befuktning installerades år 1967).

#### 2:23 Fuktighet i murar och kontreforer

Ingen påtaglig fukt finns i dag i de kontreforer som innehåller trappor, dock finns visst saltutslag i den östra (även högt upp). Inte heller finns påtagliga tecken på läckage i dessa kontreforers avtäckningar.

Inget tyder på att långhusmurarna på söderfasaden intill kotrefor-trapphuset skulle få vatten från yttertak.

Som helhet upplevdes kyrkan som torr.

Efter en regnskur konstaterades att regnpåslaget på fasaden var mycket ojämnt och knappast förutsebart på lä- och virvelbildningar.

#### 2:24 Ansökan och projekteringsuppdraget

P R samtalade med ordföranden i fastighetsnämnden, Göran Lindgren, för att utröna om ansökan om statliga medel hade sänts in och om det var i sin ordning att projekteringen påbörjades.

G L var inte helt säker att ansökan hade sänts in men höll det för ytterst troligt eftersom den hade behandlats vid ett av nämndens möten. Man hade därvid ändrat i förslaget när det gällde sammanställningen av uppskattade kostnader. En sådan ändring var att kostnaderna för projekteringen hade ökats.

G L lämnade klartecken till att projekteringen påbörjas.

### 2:3. ARBETSUPPGIFTER INFÖR KOMMANDE MÖTE

#### 2:31 Sprickregistrering

P R registrerar sprickor i murverket. Denna registrering görs på Ingmar Holmströms underlag så att förändringen i sprickmönstret sedan år 1970 lätt kan utläsas.

#### 2:32 Trepunktmätning

P R fäster dubb vid sprickor på pelare a 5 och a 6 (kortsida) samt b 0 så att förändringar kan registreras. För mätningen införskaffas en mikrometerskruv. Dubben fästes med blyplåt i uppborrade hål. K B ordnad dubb lämpad för ändamålet.

#### 2:33 Fuktighetskontroll

P R gör kontrollmätningar med termohygrograf och slungpsykrometer i kyrkan. K B tillhandahåller dessa och de kan hämtas av P R hos K B kommande onsdag.

#### 2:34 Studium av fuktmätningar

K B studerar mätresultatet av fuktmätningen för år 1991 (med den troliga förutsättningen att mätaren trots allt fungerat). Dessutom kontakter K B K Sandin för att med denne diskutera den gjorda undersökningens värde och ett ev framtida nyttjande av de givare som finns inborrade i kyrkans väggar.

#### 2:35 Saltanalys

P R samlar salt från murarna (enbart "skägg") och levererar två burkar till K B. K B svarar för att proverna analyseras.

#### 2:36 Fuktens inverkan på träföremålen

Inget nedfall kunde iakttas från skulpturer, något som bekräftades av vaktmästaren.

P R kontrollerar med de konservatorier som är verksamma i kyrkan hur skulpturerna "mår" med de (relativt låga) fukthalter som numera förekommer i kyrkan.

L/M  
RK  
Nederkavit.

## 2:4 FRAMTIDA ÅTGÄRDER

Nedanstående arbeten bör utföras. Innan så sker skall P R inhämta tillstånd från fastighetsnämnden varefter O H skriver till Riksantikvarieämbetet i frågan.

### 2:41 Grundvattennivå-undersökning

Ny undersökning behöver göras eftersom den utförda inte är tillförlitlig.

### 2:42 Kontroll av grundmurar

En framtida grävning bör göras för att studera grundmurarnas utformning under mark.

### 2:43 Borttagning av sten i fasaden

För att fastställa fukthalten i murarna bör hål huggas genom att sten tas bort på två nivåer eftersom bormingar ger missvisande resultat (bormingen påverkar fukthalten).

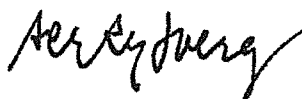
### 2:44 Borttagning av avtäckning på kontrefor

Avtäckningen på kontrefor 2d bör tas bort för att utförandet skall kunna studeras och fuktinnehållet i kontreforen kontrolleras. Samtidigt, när ställningar är på plats, studeras takfotens utformning för att utröna om underlagstaket kan föra ner vatten i långhusmurarna.

## 2:5 NÄSTA MÖTE

Inget datum fastställdes men det skall ske före den 14 september. O H kallar.

Noterat av



Per Rydberg



Vadstena klosterkyrka  
Minnesanteckningar från möte nr 3

NÄRVARANDE : Ove Hidemark, Krister Berggren, Per Rydberg

TID : 1992.10.06

DELGES: De närvarande

---

3:1 Föregående protokoll

Gjordes en kort genomgång. Inga felaktigheter noterades.

3:2 Kvarstående frågor

Sprickregistrering (2:31)

P R har gjort en registrering på underlag av den tidigare utförda ( Ingmar Holmström i april 1970). Avsikten var att därigenom lätt kunna utläsa vilka förändringar som skett sedan den föregående undersökningen.

Viss ökning av antalet sprickor och sprickors längd kan konstateras. Det rör sig dock inte om några stora förändringar. Samtidigt noterades även att några lagade partier knappast spruckit upp igen.

Vissa förhållanden gör emellertidundersökningen något osäker :

-Inventeringarna är inte exakta eftersom sprickorna endast registreras genom okulär besiktning. Ingen uppmätning har skett. Det kan därför råda osäkerhet om en spricka blivit längre eller ej.

-Har registreringen gjorts med samma noggrannhet ?

-I några fall finns sprickor redovisade i den tidigare inventeringen vilka inte har kunnat upptäckas vid den senaste. Hur kan detta förklaras?

Övervägdes att ta fram foton från tidigare inventering för att på så sätt få möjlighet till en mer korrekt jämförelse. Något beslut i frågan fattades dock ej.

Frågan kvarstår (P R).

Trepunktsmätning (2:32)

Frågan kvarstår ( P R, K B)

Fuktighetskontroll (2:33)

P R har utfört mätningar vecka 35 och 36. Luftfuktigheten var ca 60 % och de använda instrumenten visade samma värde som det vilket (permanent) står bakom huvudaltaret.

Studium av fuktmätningar (2:24)

Frågan kvarstår (K B)

Saltanalys ( 2:35)

Frågan kvarstår (K B)

Fuktens inverkan på träföremålen (3:36)

P R har samtalat med konservator Eva Nyström på Länsmuseum. Hon anser inte att det varit något problem med för torr luft utan att det i stället varit för fuktigt. Träföremål vilka står intill vägg har ofta haft mögelbildning på baksidan.

E N passade även på att uttrycka missnöje med att församlingen inte låter konservera föremålen.

Grundvattennivå-undersökning (2:41)

Frågan kvarstår

Kontroll av grundmurar (2:42)

Se nedan

Borttagning av sten i fasad (2:43)

Se nedan

Borttagning av avtäckning på kontrefor (2:44)

Beslutades att föreslå undersökning som även omfattar (2:42) och (2:43) vid pelare 2d.

Undersökningen skall avse:

-Borttagning av avtäckning.

-Upptagning av "grop" i kontreforen för att utröna hur murkärnan se ut ("mår") ett stycke ner i pelaren.

-Borttagning av en fasad-sten i kontreforen på halva höjdens nivå i närheten av spricka.

-Grävning av grop intill pelaren för att studera utförandet under mark.

Vid kontreforen skall finnas trappa eller lift så att det går lätt att inspektera dess överdel.

P R talar med fastighetsnämnden och begär deras medgivande samt tillfrågar entreprenör som kan göra arbetet (begär in pris). Arbetet skall vara utfört till nästkommande möte.

O H begär tillstånd från Riksantikvarieämbetet.

3: 3 Nya frågor

Inga frågor diskuterades.

3:4 Nästa möte

Nästa möte hålls tisdagen den 27 oktober. O H och K B anländer dagen innan och övernattar hos P R.

Noterat av



Per Rydberg

Vadstena klosterkyrka  
Minnesanteckningar från möte nr 4

NÄRVARANDE: Ove Hidemark, Krister Berggren, Per Rydberg  
TID : 1992.12. 27  
DELGES : De närvarande

---

Inför mötet hade "rivande undersökning" utförts. Vissa av nedanstående frågor diskuterades med andra inblandade personer t ex Ola Eriksson från Borghamns Stenförädling, Stenhuggare Göran Däckinger och plåtslagare Anders Hallin.

#### 4:1 FÖREGÅENDE PROTOKOLL

Gjordes en kort genomgång. Inga felaktigheter noterades.

#### 4:2 KVARSTÅENDE FRÅGOR

##### Sprickregistrering (2:31)

Det ansågs onödigt att leta fram äldre fotografier som ett försöka att erhålla en mer korrekt bild av sprickförändringarna. Frågan avförs.

##### Trepunktmätning (2:32)

K B har lämnat besked beträffande utförandet till P R som ännu inte monterat dubbar. Montering skall ske på södersidan av pelare d5. Frågan kvarstår (P R).

##### Studium av fuktmätningar (2:34)

K B har jämfört fukten i byggnadens luft med utomhusluftens ( Överlämnade diagram). Jämförelsen visar att förhållandena är klart bättre än de som tidigare redovisats av Kennet Sandin. Förhållandena har således, efter solpad befuktning mm, förbättrats radikalt och kan i dag betraktas som normala.

K B:s diskussioner med Sandin kvarstår.

##### Saltanalys ( 2:35)

K B har låtit Anayttica undersöka saltet från östra vindstrappan som visat sig till 90 % bestå av Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (som är aggressivt mot sten och bruk vid fuktväxlingar). Någon förklaring kunde inte ges till förekomsten av denna typ av salt. Frågan avförs.

##### Grundvattennivå-undersökning (2:41)

Grundvattennivån kunde studeras i den provgrop som tagits upp intill pelare d3. Konstaterades att vattnet stod förvånansvärt högt i gropen. (Uppskattningsvis en knapp meter under golvnivå). K B ansåg det angeläget att överväga en sänkning av grundvattennivån runt byggnaden. För att veta om grunden kan ta skada genom sänkningen skall provgropen fördjupas så att sulans undersida kan studeras.

P R skall registrera grundvattennivån och ta reda på vattenståndet i Vättern vid samma tidpunkt..

##### Kontroll av grundmurar ( 2:42)

Genom den gjorda provgropen kunde utformningen studeras. Långhuset har erhållit en formsatt pågjutning som går någon meter ner i mark. Kontreforeerna saknar denna och har endast en uthållid betongsträng i vilken granitsocklarna satts. När gropen fördjupats skall P R fotografera och mäta upp grunden.

Borttagning av fasadsten (2:43)

En sprucken sten har delvis knackats bort. Bruket i kärnan, innanför stenytan, innehåller tegel och bruk. Den spontana reaktionen var att kärnan var mycket fuktig. Bruksprov togs i hålet och dess fukthalt skall bestämmas av K B.

Borttagning av avtäckning på kontrefor (2:44)

P R hade begärt medgivande från fastighetsnämnden att få utföra arbetet samt hade upprättat förfrågningsunderlag och upphandlat arbetena. Detta hade inte kunnat göras till den tidpunkt som planerats (27 okt.) varför dagens möte hade framflyttats från innevarande dag. O H hade inhämtat tillstånd från Riksantikvarieämbetet.

Vid besöket på platsen var beställda rivningsarbeten utförda.

Blytäckningen som var lödd fast i skruvar / dubbar fästade i stenen var borttagen. Stenen under avtäckningen var torr och avtäckningen bedömdes ha fungerat väl. Vid återställandet skall plåten bockas ut något så att den får ett något större språng för bättre vattenavledning.

Vid borttagning av stenavtäckningen (två stenar) skadades stenarna. Nya av borghamssten skall tillverkas och monteras.

Stenarna visade sig var försedda med droppnäsor och troligen utförda för att stå utan plåtavtäckning. (Plåtslagare Anders Hallin berättade senare för P R att avtäckningen utförts omkring år 1950 av plåtslagare Edholm och att samtidigt murningsarbeten, igenmurning av någon typ av hålighet, utfördes)

Under de täckande stenarna var kärnan fylld med tegel, fältsten och bruk. En tegelbit togs ut och fukt-halten skall bestämmas av K B.

4:3 NYA FRÅGOR4:31 Utvändiga utfällningar

P R undersöker utfällningarna på fasad med fenoltalin och 6 %-ig saltsyra.

4:32 Fogning och montering av undersökningsdon.

Beslutades att den undersökta pelaren skall fogas om i sina övre delar, från toppen ner till den bortknackade stenen. Fogningen skall utföras så att luftkanaler bildas innanför fogen.

Två typer av don skall monteras så att registreringar kan göras dels på en omfogad yta, dels på en som inte åtgärdats.

- Två rör, tex ett av koppar, monteras i fogen och en slang med invändig diameter 4-5 mm träas på. Slangarna skall vara så långa att de kan nå från marken. Det ena röret skall stå i förbindelse med lutrummet innanför fogarna. Det andra skall muras in med cement i en icke omfogad yta. Montering skall ske på vind-utsatt plats. Avsikten med arrangemanget är att mäta tryckskillnaderna mellan de två hålen vid blåst.

-Två rör (av tex plast) med invändig diameter 11mm, eller något större, monteras så att det innanför finns ett 35 mm djupt hålrum. I detta hålrum skall en mätare kunna föras in för att registrera fukthalten.

K B levererar recept på fogbruk. P R ordnar rör och slangar samt ger instruktioner för montage.

4:33 Undersökning av takfot

Anders Hallin ombads att undersöka takets utformning vid takfoten för att utröna om risk finns för att vatten leds ner i murar och kontreforer från underliggande (äldre) taktäckning. P R håller kontakt med Hallin och dokumenterar takutformningen.

4:34 Översyn av yttertaket

Anders Hallin ser över yttertaket och gör en bedömning av hur pass omfattande arbete det är att ersätta trasig eller bortfallen skiffer.



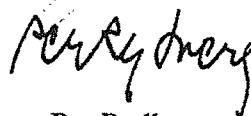
4:35 Jämförelse med Linköpings domkyrka

Eftersom domkyrkan är byggd av samma material som klosterkyrkan ansågs det av intresse att studera vilka skador som domkyrkan har.

Skadorna visade sig vara av i huvudsak samma slag : sprickbildning och saltutfällning, men av en närmast försumbar omfattning.

En fråga som besöket skulle besvara var : Om det antas att klosterkyrkans höga fukthalt till stor del åstadkommes av nederbörden varför har då domkyrkan betydligt mindre skador? Möjliga förklaringar bedömdes kunna vara att domkyrkan har tunnare fogar vid murarna av jämförbara dimensioner. Domkyrkans 1400-talsdel har visserligen fogar som liknar klosterkyrkans men där är kontreforeterna så pass tunna att de troligen har ett homogent stermurverk eller i varje fall en mycket liten kärna. Inga avgörande slutsatser kunde dras efter besöket.

Noterat av



Per Rydberg



Vadstena klosterkyrka  
Minnesanteckningar från möte nr 5

NÄRVARANDE: Ove Hidemark, Krister Berggren, Per Rydberg  
TID : 1993-02-09  
DELGES : De närvarande samt Göran Lindgren

---

Inför mötet hade fogningsarbetet på övre delen av strävpelare d5 färdigställts (i huvudsak färdigt till årsskiftet) och ställningarna rivits. Under dagen utfördes undersökningar för vilka en sky-lift inhyrd från brandkåren användes .

#### 5:1 FÖREGÅENDE PROTOKOLL

Företaget som analyserat salterna har i protokollet fått ett felaktigt namn. Korrekt namn skall var ANALYTICA.

Uppgiften om att avtäckning utfördes omkring år 1950 (punkt 2:44) har korrigeeras av uppgiftslämnaren, skall vara 1939.

#### 5:2 KVARSTÅENDE FRÅGOR

##### Trepunktsmätning (2:32)

Tre dubbar är monterade på pelare a1 och två mätningar har utförts. Ingen förändring skedde mellan mätningarna. P R utför fortsättningsvis mätningar en gång per månad.

##### Studium av fuktmätningar (2:34)

K B har diskuterat med Kennet Sandin och informerat denne om vilket arbete som pågår. K S hävdar att de mätningar som gjorts under hans tid inte utförts på bormaterial ( även om det står så i rapporten) utan på uthuggna delar och att resultatet borde vara rättvisande.

Även K S har registrerat en kapilär mättnadsgrad av inemot 100% i pelarnas inre delar. Inga motstridigheter finns således mellan hans och våra mätningar på denna punkt.

K S anser att de givare av autoklaverat cementbruk som han använde mäter relativt bra inom det kapilära området. Han tror dock inte att de kvarsittande givarna är brukbara i dag. K S hade ingen förklaring till varför mätkabla lämnats kvar på fasaden.

Beslutades att K B kallar K S till nästa möte.

##### Grundvattennivå-undersökning (2:41)

Vattennivån har registrerats. 93.01.19 var den 197 cm under övre ytterhörn på sockeln intill pelare d3, vilket motsvarar c:a 100 cm under kyrkans golv. (Plus-höjd på sockeln saknas). Vid samma tillfälle var Vätterns nivå +88,32.

Sedan föregående möte har sättningar i kyrkgolvet reparerats vid andra sidan kyrkan, vid södra långhusväggen. Fyllningen under plattorna hade satt sig (p g a uttorkning intill schakt för värmerör?). Vid reparationen kunde inga tecken på fukt under golvet noteras, snarare var där mycket torrt.

Konstaterades att grundvattennivån är relativt hög vid undersökningsstället men att nivån inte är oroväckande hög och att den knappast kan vara huvudorsaken till de blöta pelarna, dels därför att problemet inte återfinns i långhusväggarna, dels därför att uppsugning ända till pelarnas överdel knappast kan ske kapilärt.

Beslutades att inte föreslå en sänkning av grundvattennivån eftersom detta kan vara riskabelt och orsaka sättningar.

Kontroll av grundmurar (2:42)

Gropen har dokumenterats på foto och genom uppmättningsritning, dat nov -93. 3 st jordprover har tagits :

1. Orörd mark, 3 meter utanför kyrkan och 80 cm under mark (under kulturjorden)
2. Fyllning intill långhuset, 50 cm under mark.(därovanför sand)
3. Gammal fyllning intill kyrkan, 2 meter under mark.

Samtliga prover bestod av fingraderat material som band vid hoptyrckning. 1) och 3) är mycket finfördelat och bider till en hård klump vid torkning. 2) binder men är lätt att smula sönder.

I gropen upptäcktes dräneringsrör av tegel, en knapp meter under mark. Rören var kraftigt skadade och låg kringspredda. De fungerar inte längre som dränering. Skadorna föreföll ha orsakats i samband med att naturstenssocklarna monterades vid sekelskiftet.

Borttagning av fasadsten (2:43)

Prov på fyllningsmaterialet innanför stenen har undersökts och visade sig var kapillärt mättat, d v s kan inte innehålla mera vatten än vad det gör. Fuktinnehållet var c:a 13 %. Samma blev resultatet vid undersökning av den tegelsten som togs ut under avtäckningen. (2:44).

Borttagning av avtäckning på kontrefor (2:44)

Fukthalten på provad tegelsten framgår ovan.

P R har reagerat på fakutura från A Hallin för borttagning och återmontering av blyplåten (arbetstid 86 timmar) varför kontakterna med denne varit en aning "avmätta".

Utvändiga fällningar (4:31)

Utfällningarna löstes upp (fräste) i saltsyra och reagerar på fenoltalein i delar som inte hårdnat i luften. Hårda delar färgar ej fenoltalein. Utfällningen konstaterades vara kalciumhydroxid som i luften omvandlas till kalciumkarbonat, d v s icke karbonatiserad kalk som tränger ut ur pelarens murkärna. Detta ansågs vara högst naturligt och ej förvånande med tanke på pelarnas stora fuktinnehåll.

Fogning och montering av undersökningsdon (4:32)

Fogning är utförd och don för mätning monterade. (Skiss som visar utförandet bilägs noteringarna).

Arbetet utfördes genom att en 7-8 cm djup skåra sågades i fogen med diamantskiva. Skåran fylldes därefter med c:a 2 cm fogbruk av hydraulisk kalk. Bakom fogen erhöles därmed ett luftat utrymme. 4-5 stycken lufthål (c:a 3x10 mm) per kvm lämnades i fogen, utom på den övre södra sidan intill mätthål. I samband med att fogarna sågades upp noterades utträngande fukt ur fogarna under en veckas tid.

Omfogningen utfördes under intäckning och med uppvärmning innanför denna för att förhindra frysning hos de nya fogarna. Under arbetets gång kontrollerades temperaturen vilken normalt höll sig över +/- 0 grader. Efter en kall natt, med morgontemperatur -9 grader ( 4 jan ) var temperaturen innanför inklädnaden -1 och utanför -4. Detta var den kallaste perioden (vilken inträffade efter att fogningsarbetet slutförts) i samband med arbeten på pelaren.

Perioden var blåsigt och intäckningen erhöles håll och fick lagas flera gånger. 16-17 januari blev den närmast helt förstörd av blåsten. Den 24 januari togs ställningarna ner.

Omfogningen bedömdes ha givit viss effekt. Den omfogade delen av pelaren föreföll, vid ett betraktande, torrare än den icke åtgärdade delen. Mätningar visade dock inte på någon skillnad inuti pelaren. I båda mätthålen var den relativa fuktigheten 100 %, temperaturen 0,9 resp 1,0 grader.

Tryckskillnaderna vid blåst i mätthålen registrerades. Den svaga vindstyrkan innebar att det rådde ogynnsamma förutsättningar för mätningarna. Dock kunde konstateras att trycket inuti pelaren växlade med vinden, vilket innebär att blåst kan pumpa in vatten i pelaren. Effekten kunde konstateras både på omfogad och icke omfogad yta. ( Vid den omfogade hade inga luft-

ningshål i fogarna gjorts runt mätpunkten). Någon klar skillnad mellan mätresultaten i de två hålen kunde inte konstateras.

K B ansåg att luftningshålen i fogarna var för små och att ett större antal borde utföras vid ev framtida omfogningar. Detta kan i de redan utförda fogarna utföras genom borming från sky-lift. Inget beslut fattades om att göra detta.

#### Undersökning av takfot (4:33)

A Hallin har inte kontaktats i frågan beroende på ovan nämnda oenighet om faktura. A H har dock varit på plats och tagit upp hål för undersökningen. Frågan kvarstår

#### Översyn av yttertak (4:34)

A Hallin har undersökt taket bl a med hjälp av sky-lift. P R har av ovan nämnda skäl dock inte bett om någon redovisning. Frågan kvarstår.

### 5:3 NYA FRÅGOR

#### 5: 31 Uttorkning av pelare

Konstaterades att uttorkning genom fogarna kommer att ta många år, kanske ett 10-tal, och att bef sprickor under tiden kan komma att påverkas av om pelarna fryser.

Diskuterades alternativ för att förbättra uttorkningen. Ett sådant skulle vara att borra ett vertikalt hål i pelaren och att upptill och nertill ansluta detta till horisontella hål (vilka kunde förses med ventiler). Under (den första) uttorkningstiden borde en värmekabel dras i hålen för att höja temperaturen och öka luftomsättningen.

Förslaget ansågs inte vara idealiskt beroende på de relativt stora ingreppen.

Beroende på detta, och för att få en möjlighet att studera hur en sådan uttorkningsåtgärd kan fungera, diskuterades möjligheten att prova uttorkningseffekten på en av trapphuspelarna. De har i princip redan ett hål i kärnan även om det är betydligt större än de diskuterade borrhålen. Trapp-pelaren vid entrégaveln ansågs vara lämplig för provet eftersom den har fönster både upptill och nertill så att luftomsättning kan erhållas om dessa öppnas och utrymmet värms med en radiator, placerad i botten.

#### 5:32 hängrännor på kontrefoprer

Vid regn rinner vatten från kontrefor-taken ner på pelarna som därmed tillförs vatten "i onödan". Önskvärt vore att detta vatten leddes bort så att det inte fuktade ner pelarna. Diskuterades att på prov förse en pelare med hängränna (och stuprör) för att kunna studera effekterna av en sådan åtgärd. (Avledandet av vattnet från rännan, tex med stuprör, ansågs vara problematiskt med tanke på utseendet).

#### 5:33 Rensning av rännor och stuprör

Vatten tränger på några ställen ut på fasaden p g a att stuprören är igensatta. Detta bör påtalas för Fastighetsnämnden och en regelbunden tillsyn föreslås.

#### 5:34 Mölig entreprenör för lagning av skiffertak

O H har fått intresseanmälan från "Vincent Takmästare" som skulle kunna vara en av dem som tillfrågas om takreparationen. Han har ett upplag av kinesisk skiffer. O H överlämnade adress till P R.

### 5:5 MÖTE MED FASTIGHETSNÄMNDEN

O H presenterade läget och planerna på att pröva uttorkning av gaveltrapphuset och montering av hängrännor på en strävpelare.

#### 5:51 Förfrågningsunderlag för takreparation

Nämnden önskar att handlingar för förfrågan om takreparation föreligger under mars månad. Göran Lindgren påpekade att en arbetsbeskrivning från en entreprenör finns. Denna skall studeras i samband med upprättande av förfrågningsunderlaget.

Det är knappast rimligt att arbetet skall utföras på fast pris, men à-priser bör övervägas.

5:52 Beställning av reparationsarbeten

Arbeten som O H, K B, P R önskar få utförda beställs efter diskussioner med Göran Lindgren.

5:53 Begäran om ytterligare bidrag

Kjell Karlsson poängterade vikten av att kommande års möjligheter till bidrag för reparationsarbetena bevakas. K K kontaktar Lars Lindén i frågan.

(K K har efter sammanträdet meddelat att ett möte med representanter för kyrkan, projektörerna, Lindén och Riksantikvarieämbetet skall planeras till april månad.

5:54 Information, mötesprotokoll

Beslutades att Fastighetsnämnden kallar till möte när information önskas från deras sida samt att P R översänder protokoll från projekteringsmöten till Göran Lindgren.

5:6 NÄSTA MÖTE

Nästa möte hålls torsdagen den 18 mars. Klockslag fastställs senare beroende på hur O H, K B finner det bäst att resa.

Noterat av

  
Per Rydberg

Vadstena klosterkyrka  
Minnesanteckningar från möte nr 6

NÄRVARANDE: Ove Hidemark, Krister Berggren, Per Rydberg  
TID : 1993-05-11  
DELGES : De närvarande samt Göran Lindgren, Kenneth Sandin

---

Sedan möte nr 6 har ett möte hållits med Kenneth Sandin. Endast PR deltog i mötet eftersom övriga fick förhinder. Noteringar finns från mötet.

#### 6:1 FÖREGÅENDE PROTOKOLL

Inga invändningar riktades mot protokollet.

#### 5:2 KVARSTÅENDE FRÅGOR

##### Undersökning av takfot (4:33)

A Hallin har varit på plats och tagit upp hål för undersökningen samt lämnat en muntlig redogörelse för uppbyggnaden som tyder på att konstruktionen inte verkar medföra risk för vattendnedföring i pelarna. PR avser att dokumentera utseendet genom uppmätning. Frågan kvarstår

##### Översyn av yttertaket (4:34)

A Hallin har undersökt taket och redovisat sina iakttagelser för PR som även själv studerat taket. Den framtagna beskrivningen inför förestående reparation bygger på dessa båda undersökningar. PR har dock varit sparsammare när det gäller att föreslå arbeten jämfört med vad AH vill föreslå.

##### Uttorkning av pelare (5:31)

Beslutades att överge idén om att pröva uttorkning av det ena trapphuset och att istället föreslå uttorkningsprov genom borrning av två vertikala hål med horisontella avgreningar upp- och nertill. De senare huggs fyrkantiga för att likna bomlagshål. Hålen värms med elkabel. Konstaterades att likartade borrningar föreslagits vid projekteringen för c:a 10 år sedan, men att dessa hål upptill avslutades som vertikala hål i avtäckningen.

PR har kontaktat borrfirma (Svenska Urab i Linköping) som anser det fullt möjligt att utföra borrningen. Det problematiska är att få bormaskinen på plats på pelartoppen och komplikationer vid själva borrningen om pelaren skulle visa sig innehålla lösa massor. Själva borrningen bedömdes (av Urab) kosta c:a 10 000 kr per hål till vilket kommer tämligen stora kringkostnader för tex ställningar, vilket torde kunna innebära en kostnad av storleksordningen 40 000 kr per pelare vid en systematiskt genomförd borrning (två hål i varje, vilket för alla 20 pelarna innebär 800 000 kr).

(Se vidare under "nya frågor")

##### Hängrännor på kontrefoprer (5:32)

Konkret förslag föreligger ännu ej. Frågan kvarstår

##### Rensning av rännor och stuprör (5:33)

Vatten tränger på några ställen ut på fasaden p g a att stuprören är igensatta. Detta bör påtalas för Fastighetsnämnden och en regelbunden tillsyn föreslås, något som ännu inte skett. Frågan kvarstår.

##### Mölig entreprenör för lagning av skiffertak (5:33)

PR har blivit avrådd från att anlita "Vincent Takmästare" som anmält sitt intresse till OH.

5:51 Förfrågningsunderlag för takreparation (5:51)

PR har upprättat beskrivning vilken OH granskat. Beskrivningen har tillställts Riksantikvarie-ämbetet. Den har också, tillsammans med Administrativa Föreskrifter sänts ut till fyra entreprenörer. I dag föreligger anbud från dessa. PR i kväll skall presentera en utvärdering av anbuderna för kyrkans Fastighetsnämnd.

Begäran om ytterligare bidrag (5:53)

Sedan föregående möte har konstaterats att det pga den långa tid som krävs uttorkning av provpelare inte föreligger några behov av ytterligare bidrag. Kjell Karlsson som tagit på sig att driva denna fråga har fått information om detta och det möte som var tänkt att hållas i frågan har aldrig kommit till stånd.

6: 3 NYA FRÅGOR6:31 Borring i pelare

Beslutades att på prov föreslå borring av 2 st hål med diameter 15 cm, vilka ges hottisontella avslutningar upp-och nertill. Samma pelare som tidigare delvis fogats om bör provborras. Boringen görs genom blyavtäckningen, vilken efter att övre delen av hålet satts igen, täcks med pålött "lock". I pelarna skall elkablar dras och don monteras för registrering av luftflöde och fuktighet. Förberedelser bör vidtas så att borring kan ske i augusti månad innevarande år. KB bedömde att mätutrustning för c:a 15 000 kr kan behöva införskaffas.

6:32 Förberedelser för borring

## 6:321 Beräkning

KB gör en teoretisk beräkning av vilken effekt de planerade åtgärderna kan ge. Beräkningen skall vara färdig i början av juni.

## 6:322 Mätprogram

KB tänker igenom lämpliga metoder och hjälpmedel för att registrera uttorkningseffekterna av den planerade boringen. Ett skriftligt förslag skall föreligga i början av juni.

## 6:323 Förfrågningsunderlag

PR tar fram ritningar och beskrivningar som underlag för att begära i ett fast pris på boringen. Dessa skall föreligga i juni (efter att KB levererat sina handlingar enl pkt 6:321 och :322) och sänds ut till lämpliga entreprenörer.

6:33 Kontakter med Kenneth Sandin

KS tillställs noteringarna från mötet och ombedes lämna synpunkter på planerna samt att även utlåta sig över det framtagna underlaget (pkt 6:321-323).

6:34 Sprickregistrering

I samband med boringen skall sprickorna i pelaren registreras noga genom detaljfotografering av alla ytor från skylift. (för att hålla ordning på vilka delar som finns på resp fotografi skall en märkning göras på pelaren med hjälp av skolkrita). Dessutom skall registrering göras med mätlupp med 10-20 ggr förstoring (Peak"). PR utför fotografering och registrering.

6:4 NÄSTA MÖTE

Ingen tid för nästa möte fastställdes.

Noterat av

*Per Rydberg*  
Per Rydberg



Vadstena klosterkyrka  
Minnesanteckningar från möte nr 7

NÄRVARANDE: Ove Hidemark, Krister Berggren, Kenneth Sandin,  
Per Rydberg  
TID : 1993-12-10  
DELGES : De närvarande samt Göran Lindgren

---

Sedan föregående möte har takreparation genomförts enl beskrivning upprättad av OH och PR. Utöver vad som däri anges har italianens dropplåt förstärkts genom påläggning av en extra plåt och blytäckningen på den södra trapphuskontreforen har lagats. Entreprenören har lämnat en beskrivning av sitt arbete.

#### 7:1 FÖREGÅENDE PROTOKOLL

Inga invändningar riktades mot protokollet.

#### 7:2 KVARSTÅENDE FRÅGOR

##### Undersökning av takfot (4:33)

PR har ännu inte dokumenterat takfoten.

Frågan kvarstår

##### Uttorkning av pelare (5:31)

Diamantborrningsföretaget Urab har upphandlats och påbörjat bormingen, vilken skall ske utan användande av vatten. Vid besök på platsen hade just det första vertikala hålet borrats färdigt. Under bormingen hade det i det närmaste blivit stopp pga granit som är svårborrat, men eftersom det rörde sig om tämligen tunna lager lyckades bormingen ändå.

##### Hängrännor på kontreforer (5:32)

Beslutades att inte föreslå hängrännor utan istället studera hur pelaren kommer att klara uttorkningen utan rännor.

##### Beräkning (uttorkningshastighet) (6:321)

KB har levererat beräkning, vilken visar att uttorkningen med 10 cm håldiameter tar c:a 5,6 år med 10 W tillförd värme och 2,9 år med 20 W.

##### Mätprogram (6:322)

KB och KS har diskuterat lämpliga mätmetoder och enats om att pröva var sin. KB mäter fuktinnehållet i provhål med hjälp av träbitar som torkas och vägs.

KS mäter fuktinnehållet i instoppade träbitar med hjälp av instoppade elektroder. Träbitarna avskiljs i KS:s fall från omgivande stenytor med ett keramiskt filter.

Behov av hål, 5 st, har tillgodosetts vid upphandlingen av bormingsentreprenören.

Efter montering av provkroppar skall hålen förslutas med botteningslist + kompriband och registrering göras en gång i kvartalet.

Förutom ovanstående registrering i de förslutna mät hålen skall luftomsättning, relativ fuktighet och temperatur registreras i in- och utloppshål till det yttre av de vertikala borrhålen. För dessa mätningar ansvarar KS.

##### Förfrågningsunderlag (6:323)

Har upprättats av PR och sänts till tre på förhand tillfrågade entreprenörer, av vilka dock endast en lämnade anbud. Ytterligare en tillfrågades men lämnade aldrig anbud.

6:34 Sprickregistrering

Fotografering och mätning av sprickor har ännu inte utförts av PR. Frågan kvarstår.

7:3 NYA FRÅGOR7:31 montering av mätutrustning

KB och KS skall själva montera sin mätutrustning. Detta skall om möjligt ske innan ställningen demonteras. PR undersöker lämplig montagetidpunkt med bormingsentreprenören och meddelar KB och KS.

7:32 Montering av värmekabel

Värmekabel monteras i de vertikala hålen. Den skall även skall gå ut i de övre påstickshålen för att undvika isbildning där. Kablarnas effekt skall vara reglerbar mellan 10-20 W per meter. PR ombesörjer att kablarna kommer på plats.

7:33 Igensättning av vertikala hål

Igensättningen av de vertikala hålen ovanför de övre påstickshålen skall inte göras med bruk såsom föreskrivits i förfrågan med tanke på risken för nedfall och att man kanske i framtiden kan vilja rensa hålen. De skall istället fyllas med mineralull. Över hålet klistras papp. För att hålens läge skall kunna ses uppifrån skall de markeras på avtäckningsplåten. PR ombesörjer igensättning och markering.

7:34 Galler i påstickshål

Påstickshålen skall huggas fyrkantiga c:a 10 cm in från fasad och i hålet skall en ram med 20 mm puts-arteringsnät monteras. PR ombesörjer detta.

7:4 NÄSTA MÖTE

Ingen tid för nästa möte fastställdes.

Noterat av

  
Per Rydberg

## Vadstena klosterkyrka

### Kommentarer om Sandins rapport: FUKT- OCH TEMPERATURUNDERSÖKNING I VADSTENA KLOSTERKYRKA

Jag kände inte till denna rapport förrän jag läste Göran Fagerlunds inlämnade kommentar inför seminariet. De fuktvärden som Göran nämnde förvånade mig. Jag har nu skummat igenom rapporten.

Att fuktinnehållet (fuktkvoten?) i väggen skulle kunna vara 40 vikt-%, vilket nämns bl a på sid 70, verkar för mig orimligt. Den kapillära mättnadsfuktkvoten för kalkstenen är 0,6 % och motsvarande för både bruk och tegel är ca 15 %. Uppmätta fuktkvoter ligger något under mättnad. Det senare anger även Sandin (Figur 33 a-d). Eftersom väggen och kontreforerna till största delen består av kalksten borde fuktkvoten räknat på hela väggen inte kunna överstiga ca 5 %, det vill säga långt ifrån 40 %. Har jag missuppfattat något i rapporten?

Om man analyserar tabell 9 kan man se att genomsnittlig porositet för uttagna prov uppgår till 39 %. Tillsammans med angivna skrymdensiteter kan man beräkna den genomsnittliga mättnadsfuktkvoten (absolut mättnad) till 33 %. Med en mättnadsgrad på ca 85 % (fig 34 a-d) skulle fuktkvoten i uttagna prov vara i genomsnitt 28 %. Man får väl anta att det gäller de porösa materialen bruk och tegel i kärnan. Men så höga fuktinnehåll har jag inte kunnat mäta upp.

En annan sak som förvånar mig är att Sandin kommit fram till att under 15-25 vikts-% fukt (sid 70) sker avdunstningen genom diffusion. Jag förutsätter att han menar att där någonstans ligger den kritiska nivån för kapillärsugning.

Det förvånar mig också att han kommit fram till att uttorkningen av de stora fuktmängderna kan ske genom fogarna på 2-3 år.

Bifogar en beräkning av uttorkning via luftkanalerna som Ole Fabricius gjorde när vi påbörjade projektet 1993. Vi trodde då att kärnan bestod av tegel. Vi lurades av en öppning i skalet där man ser tegel innanför. Kärnan består i verkligheten av kalksten, bruk och tegel. Genom inslagen av kalksten minskar både avdunstning och den mängd vatten som ska torka ut. Mätningarna har visat att uttorkningen inte alls gått i den takt vi beräknat alternativt att vatten tillförs i samma takt.

Stockholm 2013-08-18

Krister Berggren



Per Rydberg

Ove Hidemark

### VADSTENA KLOSTERKYRKA

Jag har låtit Ole Fabricius genomföra en beräkning av uttorkningsförloppet för kontreforerna. Uttorkningstiden och energiåtgången per kontrefort för att komma ner till det kritisk fuktkvot blir:

Med två hål 150 mm

Värmeeffekt 10 W/m	4,3 år	12807 kWh
Värmeeffekt 20 W/m	2,5 år	14892 kWh

Med två hål 100 mm

Värmeeffekt 10 W/m	5,6 år	16679 kWh
Värmeeffekt 20 W/m	2,9 år	17274 kWh

Jag tycker att man bör välja 100 mm hål och <sup>20</sup>~~100~~ W/m.

Beträffande mätningar under provperioden, anser jag att det borde vara tillräckligt att endast mäta fuktkvoten i teglet två gånger per år. Man bör kunna göra detta mycket enkelt, genom att förvara en lös tegelcylinder i ett borrar hål. Den måste stå i kapillär kontakt med omgivande tegel. Cylindern plockas ut och vägs, torkas och vägs två gånger per år. Detaljutformningen kan jag beskriva senare. Vi får tillsammans avgöra om dessa mätningar bör ske på flera nivåer, eller om man ska nöja sig med ett ställe på ca 3 m höjd, där provkroppen kan nås med en kort stege.

MVH

Krister



VÄDSTENNA Kyrka

UTTORKÄNNING AV UTVÄNDIGA PÉLARE

1. MODELL

BÉRÄKNINGEN UTFÖRS PÅ EN CÍRKULÁR PÉLARE ENLÍGT FIG 1

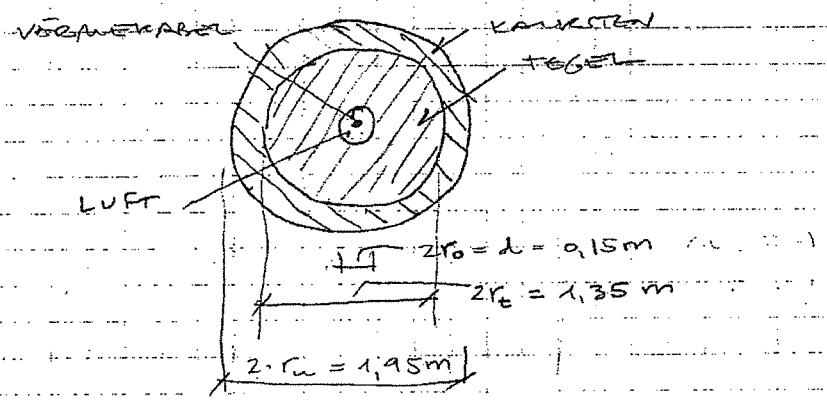


FIG 1, BÉRÄKNINGS MODELL, LUFTRÖRET HAR IN- OCH UTLOPP Á TTVÁ HÁLL MED SAMMA AREA SOM LUFTRÖRET, VÉRTIKAL HÖJD = 17 M

KALKSTENEN ANTAS GE VIKT MOTSTÁND MOT VÄRMESTRÖMNING MEN VARA HÉTT TÁT MOT FUKTRÖRELSE.

2. ÖVRIGA FÖRUTSÄTTNINGAR

2.1 LUFT (UTOM STRÖMNING)

- DENSITÉT  $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$
- SPÉCÍFÍK VÄRMEKAPACITÉT  $c = 1010 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$
- KINEMATISK VÍSKOSITÉT  $\nu = 14 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

UTSLÖFTENS ÅRSMEDELTEMPERATUR HAR  
 ANTAGITS TILL 6,4 °C (GÄLLER FÖR MOTALA).  
 MEDELFUKTHALTEN HAR ANTAGITS TILL 6,42 g/m<sup>3</sup>  
 (GÄLLER FÖR JÖNKÖPING, VÄRDEEN FÖR MOTALA  
 OCH SAMNAS I KLIMATHANDBOKEN)  
 KONVEKTIVA VÄRMEÖVERFÖRINGSKONSTANTEN  
 HAR ANTAGITS TILL 10 W/m<sup>2</sup>°C FÖR  
 ROSET, VILKET MOTSVARAR EN LUFTHASTIGHETS  
 HAST PÅ CA 1 m/s.  
 UTVÄNDIGT HAR ANTAGITS 25 W/m<sup>2</sup>°C EN-  
 LIGT NR

2.2) FUKT  
 ÅNDBILDNINGSVÄRME  $R = 2500 \cdot 10^3$  J/kg  
 MÄTNADSBÄNHÄTT SOM FUNKTION AV TEM-  
 PERATUR GÄLLER TABELL I FUKTHANDBOKEN

2.3 TEGEL

$\lambda = 0,6$  W/m°C  
 $\delta = 5 \cdot 10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s  
 $\rho = 1600$  kg/m<sup>3</sup>

FUKTKONSTANT	KAPILLÄR MÄTNAD	13%
	KRITISK FUKTKONSTANT ( $\frac{13}{4}$ )	3,25%
	HYGROTEKNISKA JÄMNHET	0,65%

2.4 KALKSTEN

$\lambda = 3$  W/m°C  
 $\delta \approx 0$



## 2.5 STRÖMMING

EN GÅNGS FÖRLUSTKOEFFICIENTER HAR

ANTAGITS TILL

INTAG 0,4

UTLOPP 1,0

FÖRGRÄNNING 0,5 TÄR VARJE T.

} FÖR INTAG OCH UTLOPP BERÄKNAS

TILL HASTIGHETEN  $V/2$ , ÖVERGA TILL

$V$ .

3. BERÄKNINGSMETOD

DE EKVATIONER SOM GÄLDER FÖR UTTORE-  
NINGEN ANGES I BILAGA A-C. DET

SKEDS PÅ SKEDE 1 OCH SKEDE 2. I SKEDE

1 SKER AVDUNSTNINGEN FRÅN RÖRETS

INREDA DIREKT TILL LUFTEN. MED HÄNSYN

TILL TEGLET STORA KAPILLARITET KAN DET

SKEDE ANTAS FORTGA TILL KRITISKA

FORTGRÄNINGEN FÖR KAPILLARSTYCKNING

HAR UPPNÅETS I HETA TEGELTUNNEN

I SKEDE 2 SKER AVDUNSTNINGEN INNE

I TEGLET. APPROXIMATIVT HAR ANTAGITS

ATT ALL FOKT HAR SAMLATS I MITTEN AV

KONCENTRISKA "RINGAR" MED TROCKLEKEN

0,02 M. AVDUNSTNING SKER FRÅN DEN

"RING" NÄRMEST RÖRET SOM INTE ÄR

"TORR." DÄR RINGEN HAR NÄR HYGROSKOP-  
PÄREN JÄMNUET HOPPAS TILL NÄSTA "RING".

EKVATIONERNA ÄR LÅA KOPPLADE OCH  
KAN INTE LÖSAS ANALYTISKT. MED HÄNTN  
TILL ATT GRÄNSVILLKOREN VID LUFTINTÅGET  
ÄR GIVNA KAN DE TVÅ DIFFERENTIAL-  
EKVATIONERNA GÖRAS OM TILL DIFFERENS-  
EKVATIONER ( $dt_e \rightarrow \Delta t_e$ ,  $dv_e \rightarrow \Delta v_e$ ,  $dx \rightarrow \Delta x$ )  
SOM KAN LÖSAS MED TILLRÄCKLIG NOG-  
GRANNHET OCH  $\Delta x$  VÄNS TILLRÄCKLIG  
LITEN.

BERÄKNINGSGÅNGEN ÄR:

1. ANTAGS ETT VÄRDE PÅ  $V$  (I UMLT)
2. BERÄKNA  $t_s$  VID RÖRETS BOTTEN UR  
ANDRA EKVATIONEN I BILAGA A OCH  
TÄRKEN ÖVER  $v_{s,m}$  SOM FUNKTION AV  
 $t_s$ . DET GÄLLER:  $t_e = t_w$ ,  $v_e = 6,42 \text{ g/m}^3$   
BERÄKNINGEN GÖRS ITERATIVT.
3. BERÄKNA  $\Delta t_e$  UR FÖRSTA EKVATIONEN  
I BILAGA A OCH  $\Delta v_e$  UR EKVATIONEN  
I BILAGA B.
4. I SNITT  $\Delta x$  ÖVER BOTTEN ÄR  $t_e = t_e + \Delta t_e$ ,  
 $v_e = v_e + \Delta v_e$ . ÅTERGÅ TILL 2. ETC.  
TEMPERATUREN I VARJE INTERVALL  $\Delta x$   
REGISTRERAS FÖR BERÄKNING AV  
LUFTENS MEDELTEMPERATUR I RÖRET.

5. MED MEDELTEMPERATUREN OCH EKVATIONEN I BILAGA C BERÄKNAS ET NYTT VÄRDE  $V_n$  PÅ HASTIGHETEN. OM  $V_n \neq V$  UPPREPAS BERÄKNINGEN FRÅN 1 MED NYTT VÄRDE PÅ  $V$ . REGULA FÅS HAR ANVÄNTS.

6. AVFURTNINGEN PER TIDSENHET BERÄKNAS UR

$$g = V \cdot A \cdot (N_{ut} - N_{in}) \quad \text{kg/s}$$

DAR  $A =$  RÖRETS AREA  $\text{m}^2$

$N_{ut} =$  FURTHALT VID UTLOPP  $\text{kg/m}^3$

$N_{in} =$  — — INLAG —

7. TIDSÅTGÅNGEN BERÄKNAS UR

$$tid = \frac{G}{g}$$

DAR  $G =$  DEN FURTMÄNGD SOM SKALL AVGÅ UNDER AKTUELLT SVEDE (1) EGER DÅSKED (2).

STEGET LX HAR VALTS TILL 0,1 M EFTER KONTROLL AV NÖGBÄRHÄGT MED FLERA ÖZRA VÄRDE

TEMPERATUR- OCH FUKTHETSDELSER I TEGEL I VERTIKALLÄD HAR FÖRSUMMATS.

4 BERÄKNINGSRESULTAT

BERÄKNINGSRESULTATET SAMMANFATTAS  
I TABELL 1, I FIG 2 VÄRDE MEDEL-  
FUKTKVOTEN FÖR DE FÖRSTA 20 ÅREN.

EFFEKT I VÄRMEKABEL

	10 W	20 W
TIDSÅTGÅNG TILL KRITISK FUKTHALT. ÅR	4,5	2,5
TIDSÅTGÅNG TILL HYGROSKOPISK SAMVÄRT -	87	77
LUFTHASTIGHET UNDER SKEDE 1 m/s	0,74	1,01
MEDEL LUFTHASTIGHET UNDER SKEDE 2 -	0,86	1,13
TEMPERATUR VID UTLOPP UNDER SKEDE 1 °C	10,6°	13,7°
FUKTHALT VID UTLOPP UNDER SKEDE 1 g/m <sup>3</sup>	8,55	9,13
TEMPERATUR VID UTLOPP VID BÖRJAN AV SKEDE 2. °C	11,4°	15,1°
FUKTHALT VID UTLOPP VID BÖRJAN AV SKEDE 2 g/m <sup>3</sup>	6,93	6,98
TEMPERATUR VID UTLOPP VID SLUTET AV SKEDE 2 °C	11,8°	15,6°
FUKTHALT VID UTLOPP VID SLUTET AV SKEDE 2 g/m <sup>3</sup>	6,43	6,43

TABELL 1 RESULTAT SAMMANFATTNING

OBSERVERA ÅG TIDSPÅGÅEN FÖR SKED 2  
 ÄR STARKT BERÖENDE AV VALET AV  $\delta$   
 FÖR TEGEL.  $\delta$  SKAR MED HÖG FUKTIGHET  
 OCH DE BERÄKNADE TIDERNÄ FÖR SKED  
 2 ÄR FÖRMODLIGEN NÅGOT ÖVERDRUNA

LUNDAGS 93-07-23

~~OLU FÄBRIK~~  
 OLU FABRIKUS

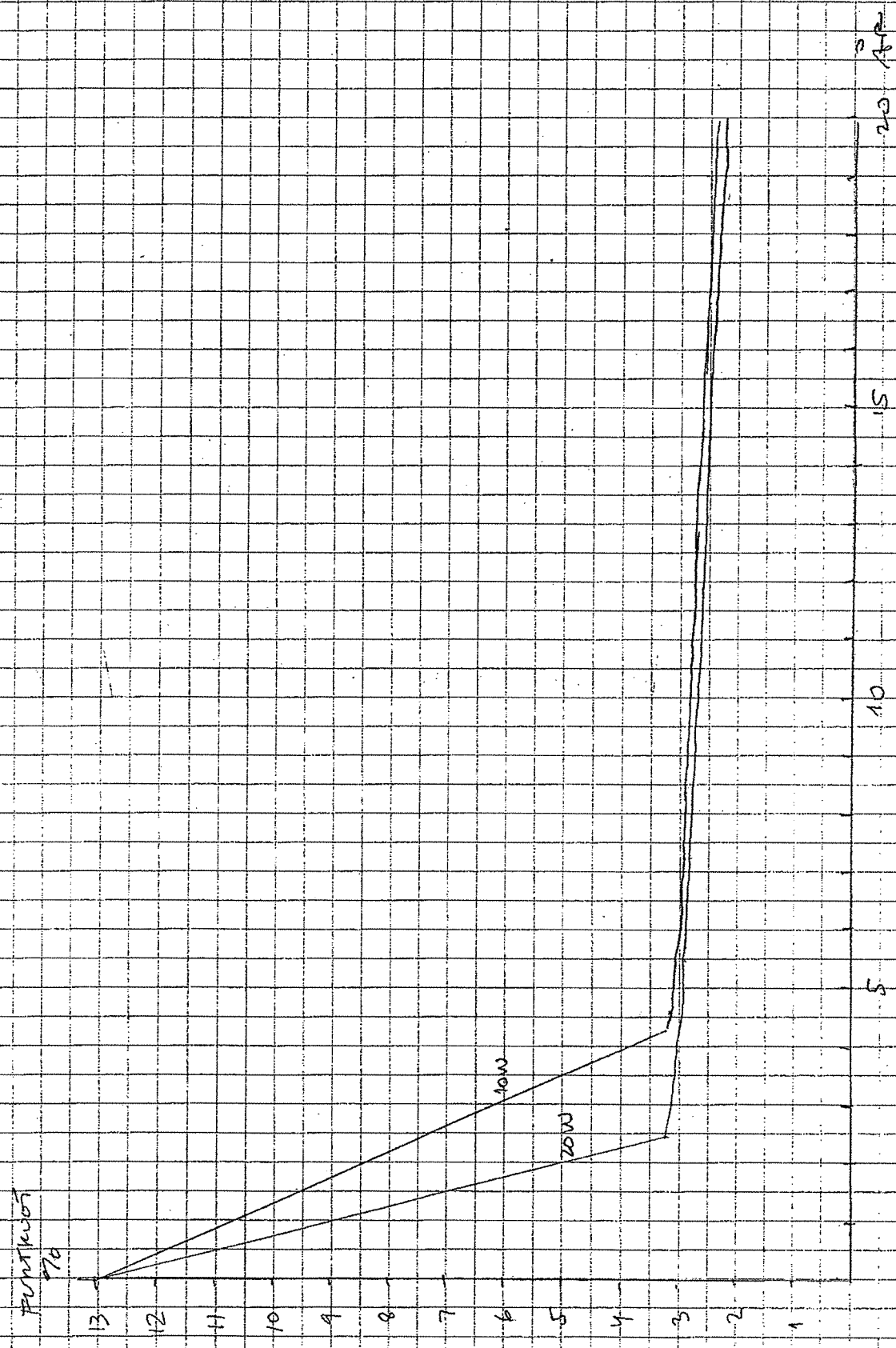


FIG 2 MEPELEPUNKTION 50W PUNKTION AU TIA

BILAGA AVÄRME

ENERGIBALANS EKVATIONEN I RÖRET ÄR:

$$v \cdot A \cdot \rho \cdot c \cdot \frac{dt_c}{dx} = \phi - (t_c - t_s) \cdot U_s \cdot \gamma_0$$

DÄR

 $v =$  LUFTHASTIGHET i m/s $A =$  RÖREAREAN i  $m^2$ ,  $\gamma_0 =$  RÖRENS RÄDI I  $m^2/m$  $\rho =$  LUFTENS DENSITET i  $kg/m^3$  $c =$  SPECIFIK VÄRMEKAPACITET i  $J/kg^\circ C$  $t_c =$  TEMPERATUR i  $^\circ C$  $x =$  VERTIKALT AVSTÅND FRÅN ISLOPP i m $\phi =$  VÄRMETILSKOTT i  $W/m$  $t_s =$  TEMPERATUR PÅ VISST STÄLLE i  $^\circ C$  $U_s =$  VÄRMEGENOMGÅNGSKOEFF. MELAN LUFT OCH STÄLLE MED TEMP.  $t_s$  i  $W/m^2^\circ C$ 

I SKEDE 1 (ÖVER KRITISKA KAPILLARITETEN)

 $\bar{t}_c$  TEMPERATUREN PÅ RÖRETS INFIDAOCH  $U_s = \alpha_k$  DÄR  $\alpha_k$  ÄR KONVEKTIV

VÄRMEÖVERGÅNGSTALET

I SKEDE 2 (UNDER KRITISKA KAPILLARITETEN)

ÄR  $t_s$  TEMPERATUREN I UTDRICKNINGSVÄGGENMED RADIVS  $R_s$  OCH  $U_s = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_k} + r_0 \ln \frac{r_0}{r_0} / \lambda_c}$ DÄR  $\lambda_c =$  ISLÄGGETS VÄRMEKONDUKTIVITET i  $W/m^\circ C$ OCH  $r_0 =$  RÖRETS RADIE i m

## 1 LAGET DÄR UTTÄLLNING (FÖRÄNDRING)

SKER GÄLLER:

$$(t_c - t_s) \cdot \alpha_s \cdot Y_0 + (t_u - t_s) \cdot \alpha_u \cdot Y_u = \phi_f$$

DÄR  $t_u =$  UTTEMPERATUR  $^{\circ}\text{C}$  $\alpha_u =$  VÄRMELEDNING. Koeff. Mellan UTLUFT OCHSTÄLLE MED  $t = t_s$ .  $\alpha_u = 1 / (\lambda_k + \alpha_u \cdot \ln(\frac{r_u}{r_s}) / \lambda_k + \alpha_u \cdot \ln(\frac{r_s}{r_e}) / \lambda_e)$ I SKED 1 ÄR  $r_s = r_0$  $\alpha_u =$  UTVÄNDRIT VÄRMEÖVERGÅNGS Koeff.  $\text{W/m}^2$  $r_u =$  UTVÄNDRIG RADIE I M,  $Y_u$  UTVÄNDRIG YTA  $\text{m}^2$  $r_e =$  RADIE FÖR TEGLI I M $\lambda_k =$  VÄRMEKONDUKTIVITÄT FÖR KÄLLSTEN $Y_u =$  UTVÄNDRIG YTA I  $\text{m}^2/\text{m}$  $\phi_f =$  ENERGIÖVERGÅNG FÖR FÖRÄNDRING  
 $\text{W/m}$ 

## 1 SKED 1 GÄLLER:

$$\phi_f = \beta \cdot (v_{s,m} - v_c) \cdot R \cdot Y_0$$

DÄR  $\beta = \alpha_k / (\rho \cdot c)$  (LEWIS FORMEL) = FORTFÖR-  
KÖEFFICIENT I  $\text{m/s}$  $v_{s,m} =$  MÄTTNINGSRÄTHET VID  $t_s$  I  $\text{kg/m}^3$  $v_c =$  LUFTENS RÖRELSE I  $\text{kg/m}^3$  $R =$  ÅNDBILDNINGSVÄRDE I  $\text{J/kg}$ 

## 1 SKED 2 GÄLLER:

$$\phi_f = \delta_t \cdot (v_{s,m} - v_c) \cdot R \cdot Y_0 / (\rho \cdot \ln(\frac{r_s}{r_0}))$$

DÄR  $\delta_t =$  ÅNDBILDNINGSKÖEFFICIENT FÖR TEGLI  
I  $\text{m}^2/\text{s}$



BILAGA BRORET

FUKTBALANTJEKUNTSOMMEN I RORET ÄR:

$$V \cdot A \cdot \frac{dn_e}{dx} = (N_{s,m} - N_L) \cdot D_s \cdot Y_0$$

DAR  $D_s$  = ÅRDBEGRENSNINGSPÅLÖSTHET I m/s

SE BILAGA A FÖR ÖVRIGA

1. SKED 1 GÄLLER

$$D_s = \beta \quad (\text{SE BILAGA A})$$

1. SKED 2 GÄLLER

$$D_s = \delta_t / (r_0 \cdot \ln(\frac{r_s}{r_0})) \quad (\text{SE BILAGA A})$$

PLAGA CLUFTSTRÖMMING

LUFTENS HASTIGHET I RÖRET KAN BERÄKNAS UR

$$\Delta p = \sum \lambda \frac{L}{d} \cdot \rho \frac{v^2}{2} + \sum \zeta \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2}$$

OR  $\Delta p$  = TRYCKSKILLNAD I N/m<sup>2</sup>

$\lambda$  = FRIKTIONSFAKTOR

$\zeta$  = ÖPPNINGSFÖRLUSTKOEFFICIENT

$\rho$  = LUFTENS DENSITET I kg/m<sup>3</sup>

$v$  = HASTIGHET I m/s

VID  $2300 < Re < 10^5$  KAN  $\lambda$  BERÄKNAS UR  
(BYGG A14:52)

$$\lambda = 0,316 \cdot Re^{-0,25}$$

$$Re = \text{REYNOLDS TAL} = \frac{v \cdot d}{\nu}$$

$d$  = RÖRDJÄMETER I m

$\nu$  = KINEMATISK VISKOSITET I m<sup>2</sup>/s

$L$  = STRÖMNINGSTRÄCKA I m

DET BERÄKNAS ÄR HASTIGH. PÅ DE HORIZONTELLA

(TRÄCKEN ÄR = 0,5V)

$\Delta p$  KAN BERÄKNAS UR

$$\Delta p = \frac{\Delta T}{T} \cdot g \cdot \rho \cdot h \quad (g = 9,81 \text{ m/s}^2)$$

$\Delta T$  = TEMPERATURSKILLNAD MELLAN MEDEL  
TEMPERATUREN I LUFTEN I RÖRET  
OCH UDETEMPERATUREN °C

$T$  = ABSOLUTA TEMPERATUREN I K

$h$  = AVSTÅND MELLAN UTLOPP OCH INLOPP I

KOMPLETTERING TILL BERÄKNING

VÄDSTENVA KIRKA

93-05-23

100 MM RÖR

		10 W	20 W
TIDSÄTGÅNG TILL KRITISK FUKTHÅLL	ÅR	5,6	2,9
TIDSÄTGÅNG TILL HYGROSKOPISK FÄMMELET	-	102	87
LUFTFÄSTIGHET UNDER SKED 1	m/s	0,84	1,14
MEDELLUFTFÄSTIGHET UNDER SKED 2	-	0,94	1,25
TEMPERATUR VID UTLOPP UNDER SKED 1	°C	13,6	18,9
FUKTHET VID UTLOPP UNDER SKED 1	g/m <sup>3</sup>	9,67	11,10
TEMPERATUR VID UTLOPP VID BÖRJAN AV SKED 2	°C	14,5	20,9
FUKTHET VID UTLOPP VID BÖRJAN AV SKED 2	g/m <sup>3</sup>	7,33	7,51
TEMPERATUR VID UTLOPP VID SLUTET AV SKED 2	°C	15,6	21,6
FUKTHET VID UTLOPP VID SLUTET AV SKED 2	g/m <sup>3</sup>	6,45	6,44

LÄSINTE 93-05-27

Ola Jakob

OLE FABZILLIS

