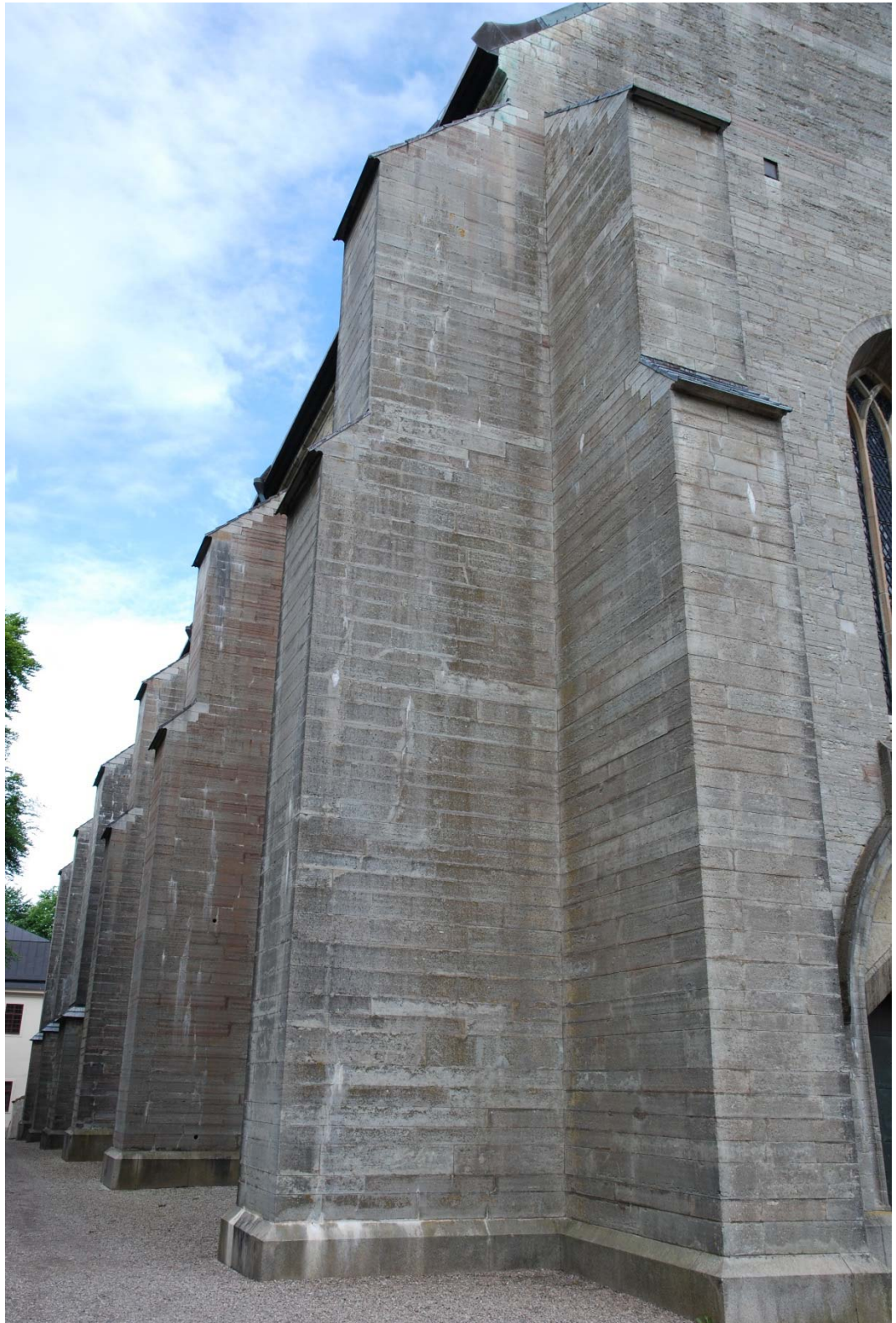
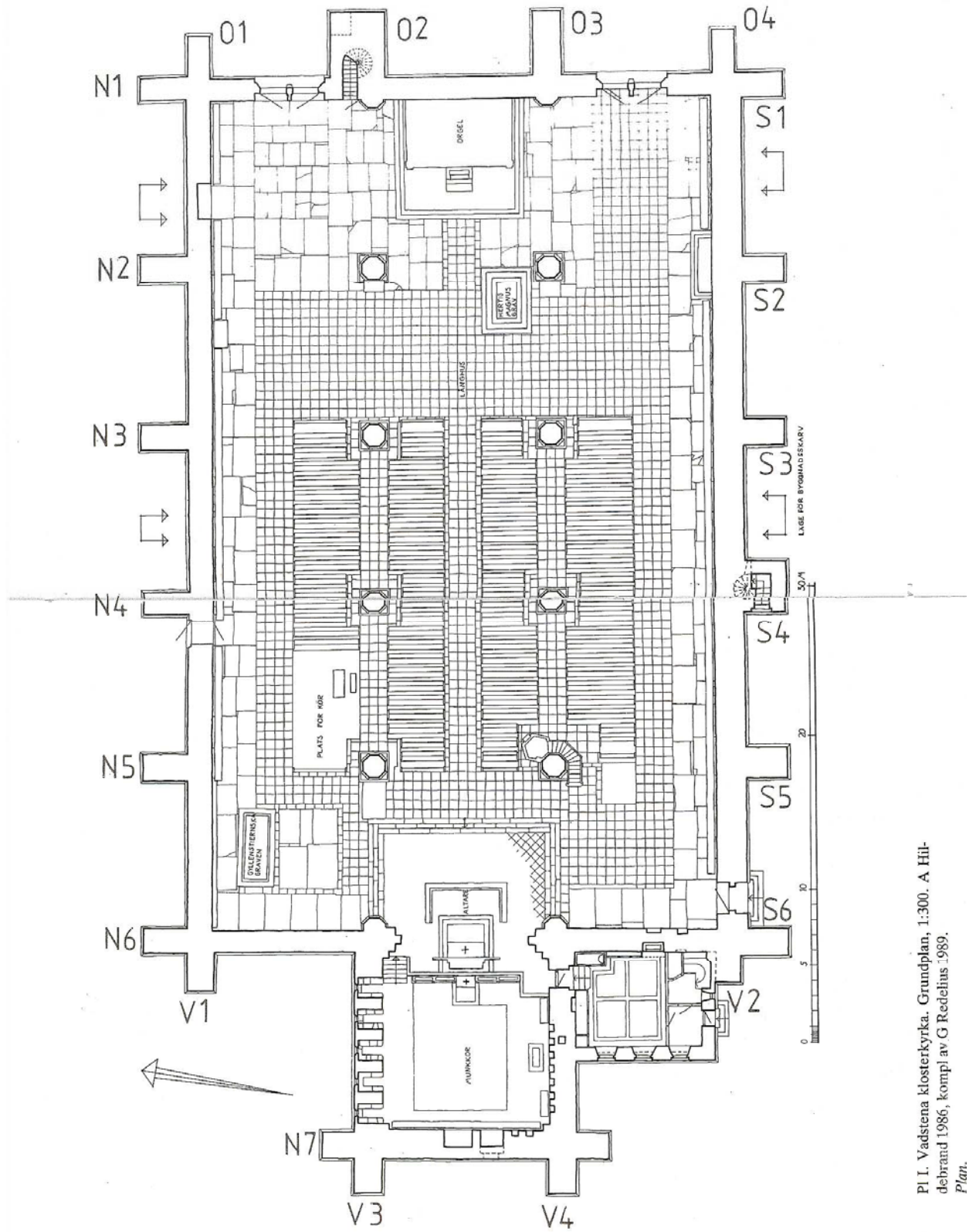


VADSTENA KLOSTERKYRKA
REPARATION AV STRÄVPELARE S1
Teknisk slutdokumentation av 2018 och 2019 års arbeten
2019-09-29 Krister Berggren



Före åtgärd



Pl I. Vadstena klosterkyrka. Grundplan, 1:300. A Hil-
debrand 1986, kompl av G Redelius 1989.
Plan.

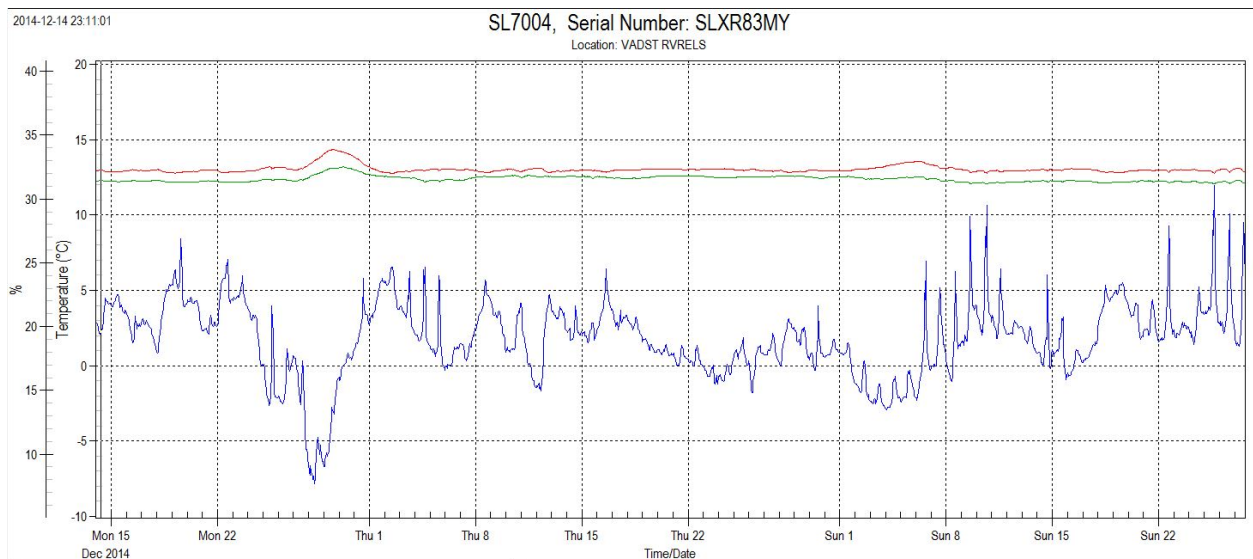
Bakgrund

Flera av kyrkans kontreforer har kraftiga vertikala sprickor. Speciellt gäller det de kontreforer som byggdes om på slutet av 1800-talet. Det som utmärker dessa är att de har mycket långa och välhuggna kvaderstenar med tunna fogar. Men även de äldre kontreforer som sannolikt hade kortare och mindre välhuggna stenar måste ha skadats på något sätt eftersom de byggts om.

Utredningar har pågått i många år för att utröna orsaken till dessa skador och finna lämpliga åtgärder. Den senaste utredningen baserades på noggranna sprickmätningar och datasimuleringar med finit elementanalys under åren 2014 och 2015. Då påvisades att sprickbredden ökar när temperaturen i murkärnan understiger 0 °C.

Kalkutfällningarna på kontreforer och uttrinningen av fritt vatten efter slagregn visar att det förekommer fritt vatten i kontreforer. Dessa fakta tyder starkt på att det är frågan om frostsador orsakade av vatten i murkärnan. Samtidigt visade FE-analysen att spricksrisken ökar med större längd på stenarna och tunnare och starkare fogar. Om stenarna är tillräckligt långa och fogarna tillräckligt tunna och starka skulle till och med temperaturrörelser kunna spräcka stenen med gjorda antaganden om temperaturvariationer och materialdata.

Under flera årtionden har skadad kalksten i fasader i väldigt många objekt ersatts med relativt tunna stenskivor av kärnsten med stående lagringsriktning. Detta har inte alltid fungerat tillfredsställande ur teknisk synpunkt. Det har förekommit att stenskivorna skjutits ut med risk för att falla ner. Hela det statiska verkningssättet förändras, speciellt om många stenar byts på detta sätt. Inte heller ur estetisk och antikvarisk synvinkel är det bra. Utseendet förändras genom att de stående stenskivorna av kärnsten får en enhetlig färg och struktur som radikalt skiljer sig från de liggande stenarna med sina synliga klov och ofta skiftande färg.



Blå Temp innanför skalet
Röd och grön Sprickbredd rörelse, 1 % motsvarar 0,5 mm



Under många år har skadad sten ersatts med tunna skivor av kärnsten med stående klov. Den synliga ytan får då ett helt annat utseende än originalstenen.

Vi har nu valt att ersätta enbart spräckta stenar med nya med samma lagringsriktning, utseende och statisk funktion som de ursprungliga. Att på detta sätt byta enstaka stenar är något som förmodligen aldrig gjorts tidigare. Det är förenat med en hel del problem, som vi nu var tvungna att lösa. Därför startade vi med ett utvecklingsprojekt under 2018 där vi gjorde åtgärder på de fyra nedersta skiften på strävpelare S1 i det sydöstra hörnet av kyrkan.

Jämförelse med liknande reparationsarbeten

De mest skadade och troligen de oftast reparerade kontreforerna är de som ligger i kyrkans hörn. De är också mest utsatta för slagregn, vilket styrker den första skadehypotesen om inpressat vatten och frysning. Kontrefor S1 har en kärna som till största delen består av tegel och kalkbruk. Undersökningar av kontrefor N4 och N5 visar att de har en kärna huvudsakligen av kalksten och kalkbruk.

Vid uttorkningsförsök av strävpelare N5 omkring 1994 gjordes försök med kapillärbrytande fogar i den övre delen av kontreforen. Fogarna skrapades ur till flera centimeters djup och omfogning av den yttre delen gjordes med ett svagt kalkcementbruk. På några ställen gjordes hål genom den yttre fogen in till bakomvarande luftspalt genom att sticka in bitar av en avbruten tumstock. Bitarna togs bort när fogen börjat härda. Spalten var huvudsakligen tänkt som kapillärbrytande och de sporadiskt placerade hålen var tänkta som tryckutjämningshål för att minska tryckskillnaden över fogen och därmed inpressningen av vatten. Vid utvärderingen 2012 visade det sig att denna kapillärbrytande luftspalt inte hade haft någon positiv effekt på fuktinnehållet i bruk och tegel innanför. Se rapport från 2012.



Kapillärbruten fog på N5.

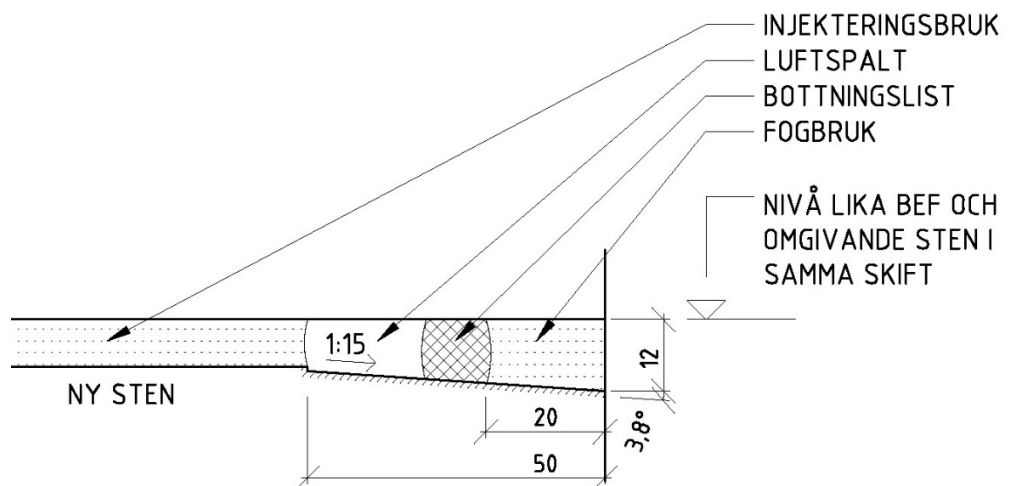
Ungefär samtidigt renoverades Vegamonumentet (minnesmärke över bl a Nordenskiölds polarexpeditioner på 1800-talet med skeppet Vega) bredvid Naturhistoriska Riksmuseet av NS Sten med Restaurator och Tord Andersson som projektör. Jag var underkonsult till Restaurator och föreslog att hela monumentet skulle fogas om med kapillärbruten fog med luftspalt, vilket också gjordes. Bakom den yttre fogen monterades en botteningslist av polyeten. I detta fall gjordes också ett antal hål genom yttre fogen, mest koncentrerade till nedre delen. Det visade sig att fritt vatten rann ut ur hålen efter slagregn och att omfattande kalkutfällningar uppstod vid hålen.



Vega-monumentet med kapillärbruten fog.

Tidigare har jag haft uppfattningen att det mesta vattnet kommer in via kapillär insugning. Men de båda exemplen tyder på att fritt vatten pressas in och att den dränerande funktionen är betydligt viktigare för att kunna leda ut inträngande vatten. Detta har varit ledstjärnan vid reparation av S1.

Reparationsarbeten på S1



Utformning av liggfogar.

De åtgärder som nu genomförts går ut på att minska risken för både kapillär insugning och inpressning av fritt vatten i kontreforna genom en slags 2-stegstätning med en dränerande luftspalt bakom den yttre regnavvisande delen av fogen, samt att minska stenslängden och göra många av fogarna tjockare och med något svagare bruk. I

huvudsak har de material och metoder som utvecklades under 2018 års projekt tillämpats även 2019.

Nedre delen av varje stötfog har försetts med ett litet hål genom den yttre fogen så att inträngande vatten dräneras ut med hjälp av den lutande överkanten på underliggande sten.

Arbetena har löpt på planenligt utan några större störningar. Ett problem var att gjuttrycket av injekteringsbruket tenderade att skjuta ut stenen om injekteringen utfördes rationellt med injekteringshöjder på mer än ett skift. Detta hade kunnat lösas på flera sätt, men vi valde att förankra stenen i kärnan med syrafast gängstång.

Den bensindrivna kedjesågen har bytts mot en hydrauldriven, som är tystare, stabilare och mindre skakig. Snedsågningen av underkant på liggfogarna har utförts med handhållen rondell med kapskiva för sten, eftersom cirkesågarna (fogsågarna) för sten blev överbelastade. Den minskade perfektionen som det medförde har troligen varit positivt för slutresultatet.

De nya stenarna smälter bra in i fasaden och går knappt att skilja från de gamla efter att de gamla rengjorts. Vi har därför bedömt att patineringen kan utgå.

Utvärdering

Vi kan redan nu se att reparationsmetoden ger ett mycket lyckat resultat vad gäller utseende och totalintryck. Det går absolut inte att jämföra med den nu vanliga metoden att byta skadade stenars yttre del mot tunnare skivor av sten med stående klov, som normalt blir synligt och estetiskt störande.



De något ljusare stenarna är nya.

Det kan ta många år att utvärdera den tekniska funktionen. Kommer den yttre fogen av NHL 5-bruk att hålla mot frost? Kommer injekteringsbruket att hålla? Kommer den dränerande spalten att fungera och leda ut inträngande fritt vatten utan att det orsakar sprickor och andra skador? Kommer de kortare stendlängderna i skalet att minska risken för spräckning?



Spräckta stenar borttagna, en ny sten monterad och fogar injekterade (2018).



Nya stenar med liggande klov har monterats (2018).



Sydsidan av strävpelare S1 med nya stenar och dräneringshål (2018).

Medverkande

Beställare	Vadstena och Dals församlingar, Pär Martinsson
Projektledare	Krister Berggren Byggkonsult AB, Krister Berggren
Projektör	Krister Berggren Byggkonsult AB, Krister Berggren
Antikvarisk medverkan	Arkitektkontor á la Rydberg AB, Per Rydberg
Generalentreprenör	Närkesten Entreprenad AB, Stefan Aronsson
Montörer	Per-Magnus Sälg och Lars Sethson
Stenleverantör	Borghamnsten AB, Peter Gustafsson
Bruksleverantör	Målarkalk AB
Sågleverantör	Matek AB
Verktögsutvecklare	Lanbro Smide AB, Ulf Lanbro