

Stegeborgs slottsruin

Uppbyggnad av rasad mur

Krister Berggren och Per Rydberg



Stegeborgs slottsruin

Uppbyggnad av rasad mur

Krister Berggren och Per Rydberg

Krister Berggren Byggkonsult AB
Hustegavägen 1
SE-181 90 Lidingö

Stegeborgs slottsruin. Uppbyggnad av rasad mur
Teknisk och antikvarisk slutrapport
Krister Berggren och Per Rydberg

Rapporten är finansierad av Länsstyrelsen Östergötland

Produktion: Kapish produktion
Tryck: Exakta Print, Malmö 2016
ISBN: 978-91-639-2618-1

Fotografier i denna skrift är tagna av författarna om inte annat anges
Materialet får fritt kopieras för enskilt bruk

Omslagsbild: personal från Länsstyrelsen Östergötland studerar rasmassorna

Innehåll

Förord	5	Nya genomgående dragstag	37
Sammanfattning	6	Förbättrad kröntäckning	37
Abstract	7	2016	39
Inledning	9	Kontroll av övriga murskal	39
Ruinens historia i korthet	9	Antikvarisk bedömning	41
Raset 2014	10	Ekonomi	45
Beskrivning av ringmuren	11	Källor	46
Tidigare restaureringar	13	Medverkande i projektet	47
Fram till 1970	13		
Efter 1970	16		
Analys av frilagd kärna vid raspertiet	17		
Murkärnans utseende	17		
Bomhål	18		
Skifthöjd	18		
Bruk i kärnan	20		
Sten i kärnan	20		
Hypotes om hur muren byggts	21		
Skadeorsak och skademekanismer	23		
Återuppförande av rasat skal	28		
Projektering och genomförande	28		
2014	30		
Förarbete	30		
Stålstöd och rivning	31		
Stabilisering av kärnan	32		
2015	34		
Rivning av stabiliserande konstruktion	34		
Återuppmurning av skalet	35		



Förord

Stegeborgs slottsruin är en fornlämning. Den ägs och förvaltas av Stegeborgs Egendom AB, som varit byggherre och beställare för återuppbyggnaden av det rasade murpartiet. Länsstyrelsen Östergötland har i egenskap av tillsynsmyndighet och finansiär medverkat genom hela projektet.

Vi vill tacka alla medverkande för ett professionellt genomförande utan överraskningar och tillbud. Tidplaner och budget har hållits. Ruinen är nu återställd på ett antikvariskt och tekniskt korrekt sätt.

Linköping september 2016
Länsstyrelsen Östergötland
Mattias Schönbeck

Motstående sida: Ruinen sedd uppifrån. Överst är den aktuella norra muren efter reparationen. Rektifierat ortofoto baserat på UAS-fotografier, Norconsult AB.

Sammanfattning

Cirka 55 m² av det yttre stenskalet på norra muren rasade plötsligt 2014. Denna del av muren har bedömts vara ursprunglig, från medeltiden. Murpartiet har nu återuppbyggt med traditionell och väl beprövad teknik. Uppmurningen har skett under säkra arbetsförhållanden i huvudsak med befintlig rasad sten och med naturligt hydrauliskt kalkbruk av något högre styrka än det svagt hydrauliska kalkbruk som användes vid uppförandet på 1400-talet.

Under projektets gång har orsaken till raset utretts med hjälp av mätutrustning monterad i anslutande murar. Undersökningen visade att man med stor säkerhet kan fastslå att raset orsakats av frost i kombination med att vatten trängt in i murens kärna. Slutsatsen har medfört att kröntäckningen på norra muren har förbättrats och riskabla partier på andra ställen av ruinen lokaliserats och säkrats med genomgående dragstag.

Den, efter raset, frilagda kärnan gav möjlighet att analysera hur uppmurningen har skett. Iakttagelserna kan tolkas som att det skedde i orostider. Brådska rådde till en början och bruket blev dåligt blandat. Byggnadsställning användes inledningsvis men när muren nått sådan höjd att den började kunna tjäna som försvarsverk fortsatte byggandet utan ställning på utsidan. Arbetet måste då utföras enbart från insidan vilket gav en murkärna med annat utseende, uppförd i tunna skikt.

Abstract

In 2014, about 55 m² of the outer masonry veneer of the northern wall suddenly collapsed. This part of the wall has been deemed medieval in origin. The wall-section has now been rebuilt using well proven and traditional methods. The repair has been completed under safe working conditions. The original stone from the collapse has been used, set in natural hydraulic lime mortar with somewhat higher strength than the slightly hydraulic lime mortar used in the 15th century.

The cause of the collapse has been investigated with measuring devices mounted on the connecting wall. The result is that with a large degree of certainty it can be determined that the collapse was caused by water penetration in to the rubble and mortar core and frost action. This conclusion resulted in improvement of the coping of the north wall and that vulnerable parts of other sections have been identified and secured with tie rods through the wall.

The part of core which was exposed by the collapse provided an opportunity to analyze how it was originally built. The observations can imply that it was done in troubled times. At first, there was a great hurry, leading to poorly mixed mortar. Scaffolding was initially utilized, but when the wall had reached a height, where it could serve as a defense, the construction continued without outer scaffolds. This would then be accomplished only from inside, which gave a different shape to the wall's core, made up of thin layers.



Inledning

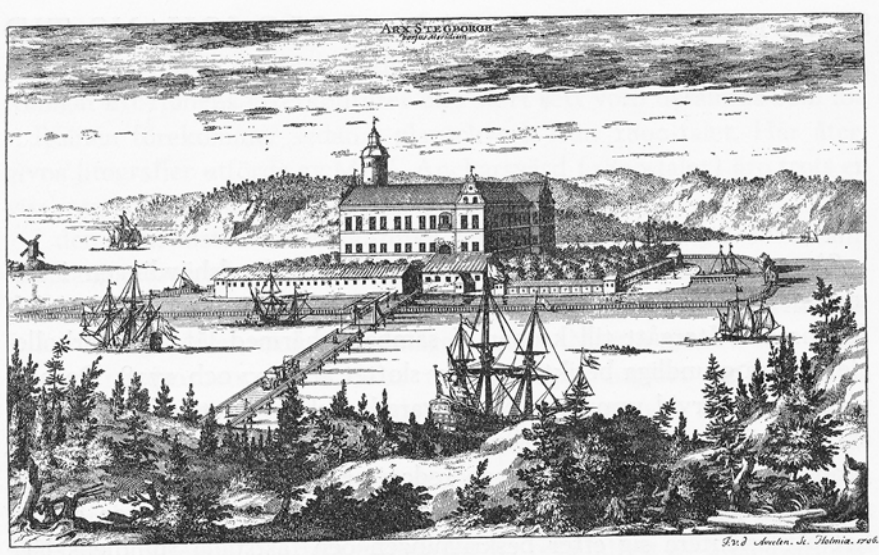
Ruinens historia i korthet

På den strategiskt viktiga platsen, vid inloppet till Söderköping, har det under historiens gång funnits flera försvarsanläggningar. På sen medeltid låg här en borg. Resterna av denna finns nu kvar som ruin.

Ruinens höga ringmurar är till stor del från 1400-talet. Över dessa murar skedde en stor på- och ombyggnad under 1500-talets andra halva då borgen förvandlades till ett ståtligt kungapalats i tre våningar. Detta palats finns avbildat i *Suecia antiqua et hodierna*.

Motstående sida: Det återuppmurade murpartiet i norra fasaden framträder som ljusare på detta foto taget från drönare i maj 2016. (Foto Bo Lindström TV-produktion.)

Slottet sett från söder under sin glans dagar. Avbildat 1706 av Johannes van den Avelen.



Johan III, Gustav Vasas son och sedermera kung av Sverige, föddes här 1537 och växte upp på slottet. Slottet och hela Stegeborgs län, där både Söderköping och Norrköping ingick, förlänades till Gustav II Adolfs svägers pfalzgreve Johan Kasimir 1622. Slottet var bebott av släkten fram till 1689 då det övergavs och återgick till kronan. Landshövdingen i det då nyligen bildade storlänet, Östergötlands län, försökte hålla det i någorlunda gott skick.

På 1730-talet upphörde underhållet och palatsets övre delar revs. Rivningsmaterialet togs tillvara och återanvändes i andra byggnader. Resterna, bland annat rundtornet och den medeltida ringmuren som omgav hela borgen, blev kvar som ruin. Murverket lämnades att förfalla

Motstående sida: Norra muren sedd från vattnet.

under 200 år. Det har därefter kompletterats och lagats, framför allt under 1940-talet, och är nu i betydligt bättre skick och mer beständigt än för 100 år sedan.

Raset 2014

Under kvällen den 9 och förmiddagen den 10 maj rasade ett parti av ytterskalet på ruinens norra mur. Raset på kvällen iakttogs av personal på bilfärjan, som går över Slätbaken vid ruinen. Man uppfattade då situationen som att raset startade högst upp. Totalt rasade cirka 55 m²



av skalet. Vissa kvarvarande stenar av skalet hängde helt lösa och riskerade att falla ner av sin egen tyngd om de inte plockades ner. En mindre sträcka väster om raset visade tydliga tecken på allvarlig skalseparation. Samma tendens fanns på ungefär fyra meter av muren omedelbart öster

Rasparti i maj 2014. De flesta av stenarna ligger kvar framför muren. Några har rullat längre bort, kanske till och med ända ner i Slätbakens vatten.

om raset. I delar av dessa områden buktade skalet ut ungefär en decimeter på halva murhöjden och muren var krökt i plan. Största utbuktningen var i anslutning till raset. Nertill och upptill var utbuktningen försumbar. Inom områdena med skalseparation fanns omfattande vita kalkutfällningar på murytan.

Beskrivning av ringmuren

Raset skedde på norra ringmurens utsida. Denna mur uppfördes troligen under andra halvan av 1400-talet. Enligt konsthistorikern Erik B Lundbergs efterlämnade rapport är hela norra ringmuren grundlagd på berg. Några meter framför raspåret finns berg i dagen. Ringmurens tjocklek varierar mellan 3,0 och 3,5 m. Den norra muren är på utsidan cirka 9 m hög.

Muren är i huvudsak murad av gråsten (granit och gnejs). I skalet finns även en del återbrukad sten. Bland rasmassorna fanns en del av en kvarnsten.

Murbruket består av gulaktigt svagt hydrauliskt kalkbruk. Att bruket är gulaktigt kan innebära att kalken bränts av oren järnhaltig kalksten och att det kan vara hydrauliskt. Men även ett från början vitt bruk kan med tiden gulna. Enligt Erik B Lundberg är ”murkärnan genomgående mycket hård, närmast betongartad”. Detta gäller naturligtvis inte på ställen där den frusit sönder. För att bekräfta våra bedömningar av brukets sammansättning lämnades två bortfallna bitar för mikroskopisk tunnslipsanalys och våtkemisk analys till CBI Betonginstitutet AB (SP) och SEIR-Materialanalyse AS. Enligt den genomförda analysen ska bruket klassas som subhydrauliskt kalkbruk. Även dessa svagt hydrauliska bruk har i praktiken visat sig vara mycket starkare och mera beständiga än rena luftkalkbruk. Att bindemedlet omkristalliserat i provet visar att muren varit utsatt för vatten under lång tid. Som vanligt, när det gäller äldre bruk, är blandningen mycket fet. Varifrån kalken tagits är för närvarande inte fastställt, men det finns uppgifter om att den kan komma från Åland. Det är inte heller känt om den skeppats till Stegeborg som redan bränd packsten eller som råsten som bränts lokalt. Äldre skrifter talar om kalk i kalkbodan utan omnämnande av kalkugnar, vilket talar för att kalken skeppats dit som bränd packsten.

Kalkbruket i kärnan består av en något fetare blandning än K 1:1 räknat som torrsläckt kalk. Ballasten utgörs av sand 0–3 mm.

Skalet är uppfört av väl utvald fältsten eller kluven och tuktad sten,

uppskattningsvis med ett tvärmått av ungefär 0,5–1,1 m. Skalet bedöms ha en genomsnittlig tjocklek av cirka 0,6 m. På grund av den varierande storleken ligger stenarna inte i välordnade horisontella skift. Stenarna i skalet är stabiliserade med skolsten. Kärnan är huvudsakligen murad av rund fältsten med en storlek av uppskattningsvis 0,1–0,6 m. På ett par meters höjd i murens överkant har kärnan kantig sten med inslag av tegelbitar. Detta kan uppfattas som om övre delen är från en annan utbyggnadsperiod. Men kalkbruket verkar vara av samma slag som det bruk som finns längre ner. Det tyder på att etapperna inte ligger alltför långt från varandra tidsmässigt.

På insidan har marken varierande höjd och ligger i genomsnitt några meter högre än på utsidan. Insidan är betydligt mera komplicerad än den släta utsidan. Något öster om raspertiets mitt ansluter en tvärgående 1,4 m bred stenmur till ringmuren. Något väster om raspertiets mitt finns en del där innerskalet försvunnit på hela höjden. Över detta parti finns ett betongtak. I undre delen, ner mot den ursprungliga borggårdsnivån, finns en djupare tegelvälvd nisch som sträcker sig långt in i kärnan, ungefär in till murens mitt. Detta skulle kunna vara rester av en nisch med skottglugg av samma slag som finns på andra ställen i ruinen eller rester av en port. Ungefär mitt för utsidans rasparti finns ett över omgivande mark förhöjt parti mellan två murar. Detta innehåller resterna av en gammal trappa, som betjänade den högre upp liggande kyrkan. Några meter öster om raspartiets östra kant är murens insida drygt en halv meter lägre än utsidan. Även detta parti har kompletterats med ett betongtak. Väster om den anslutande tvärvägen finns ett skyddstak av trapetsprofilerad plåt på en stålstomme. Taket ansluter mot ringmuren någon meter under murkrönet.

Murkrönet har sedan 1973 en fogindelad betongtäckning. På anslutande partier finns fribärande betongtak av äldre datum. De fribärande taken kom till redan på 1940-talet. Fogarna i täckningen är tätade med någon form av fogmassa. Fogmassan är nu förhårdnad, krympt och sprucken. Analys visade att den inte innehåller PCB.

Tidigare restaureringar

Fram till 1970

Skalen har säkerligen fogkompletterats och vitmenats med kalk vid många tillfällen fram till 1731 då slottet överlämnades till Norrköpings stad. Byggmaterial hämtades från slottet och anläggningen fick förfalla. Man har bland annat funnit uppgifter om att 12 000 tegelstenar från Stegeborg har använts till byggandet av Rådstugan (Eschelsonska huset) i Norrköping. När underhållet återupptogs för att bevara resterna som ruin är oklart men sannolikt fick förfallet pågå i ett par hundra år.

Under 1890-talet uppmärksammades förfallet i ett brev: ”Norra utsidan är mest illa medfaren. Den visade intet som förtjenade teckning, blott en rak slät mur, der allt af vigt förstörts genom ras.” Det handskrivna brevet finns på ATA, men det har inget adressat och kuvertet saknas. Undertecknad signatur är oläslig. Brevet är daterat Eriksberg 30/II 1891. Flera brev med larm om ruinens dåliga tillstånd finns från 1900-talets första decennier.



Foto på norra murens östra ände. Gissningsvis 1950-tal. (Fotograf okänd, Riksantikvarieämbetet.)

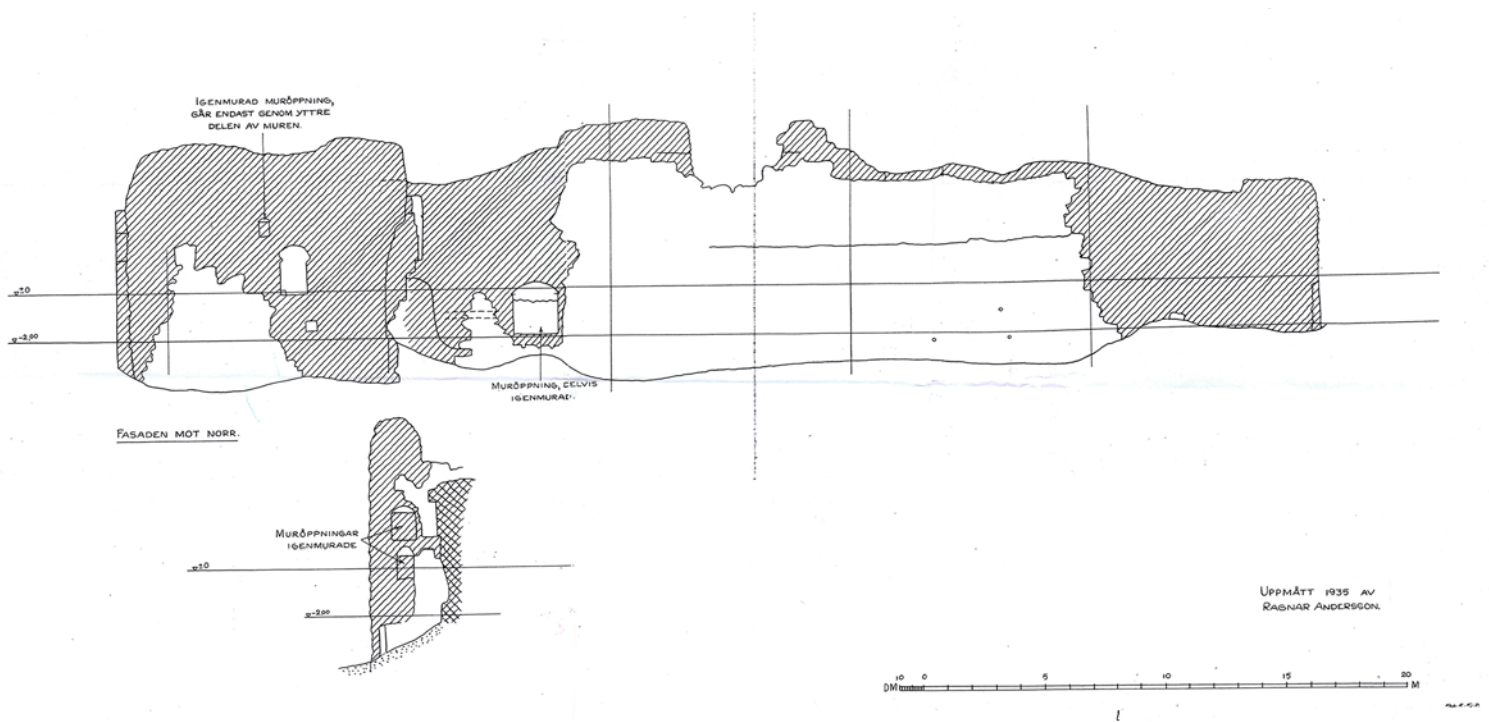


Detta är ett foto från 1938 av den östra delen av norra muren. Observera att kraftiga kalkutfällningar fanns på muren redan då. (Fotograf okänd, Riksantikvarieämbetet.)

Under 1920-talet gjordes försök av bland annat riksantikvarien Sigurd Curman att finansiera en konservering. År 1925 renoverades tornhuven över rundtornet. Redan 1928 var man tvungen att reparera stormskador på den nya kopparplåten på tornet.

I mitten på 1930-talet saknade norra ringmuren skal på stora delar av både ut- och insida. I övrigt saknades fogbruket nästan helt. Förfallet finns delvis dokumenterat i fotografier och på uppmättningsritningar från 1935.

Under slutet av 1930-talet, 1940-talet och början av 1950-talet bedrevs så kallade konserveringsarbeten innebärande stora återuppmurningsarbeten under arkitekten och Byggnadsminnesavdelningens chef Erik Lundbergs överinseende (ej att förväxla med konsthistoriker Erik B Lundberg) och med arbetskraft i form av vapenvägrare. Det 2014 rasade eller lösa skalet är sannolikt äldre och inte rekonstruktioner från denna period. Stora delar av det rasade partiet kan till och med vara originalmurverk från medeltiden. Arbetena 1938 började med röjning av stora mängder växter som etablerat sig på ruinen. ”Efter röjningen framstod ruinen i ett skrämmande skick.” Åren 1938, 1942–1945 och 1948–1952 murade och fogade man troligen om med starkt kalkcementbruk och rent cementbruk. Vid arbetena 1948–1952 var Erik B Lundberg Riksantikvarieämbetets kontrollant. Under arbetena 1943 ”fylldes väldiga sprickor med cementbruk” enligt Lundberg. Samma år gjordes krönen om. Det övre stenskiftet lyftes upp och sattes tillbaka i cementbruk som blandats med Ofalin. Ofalin var ett



Uppmåtningsritning utförd av Ragnar Andersson 1935. Partier med rasade skal är skrafferade. Murrasaset 2014 skedde ungefär i mitten av det parti som vid uppmätningen hade skalet bevarat.



Foto taget från rundtornet efter 1940-talskonservering. Både betongtaken och det Ofalin-inblandade bruket är på plats. Kyrkotrappan har fått ett enkelt skyddstak. (Foto Nils Lagergren, Riksantikvarieämbetet, 1952.)

tillsatsmedel (kan möjligen utgöras av vattenglas) med uppgift att göra cementbruk vattentätt, i detta fall för att det övre skiftet skulle fungera som kröntäckning och förhindra vatteninträngning. Enligt vissa uppgifter på nätet var tätning med Ofalinbruk inte speciellt beständig.

Efter 1970

Vid arbetena på 1970-talet gjordes murning och fogstrykningen till en början med rent luftkalkbruk. Detta var i enlighet med 1972 års byggnadsbeskrivning. Någon klok person insåg snabbt att det inte skulle fungera och man övergick enligt slutrapporten till murning med kalkcementbruk KC 31/3 (volymdelar kalk:cement:ballast = 3:1:12) och fogstrykning med det extremt svaga kalkcementbruket KC 61/3. På norra muren valde man av någon anledning att även fogstryka med det något starkare KC 31/3, som har vissa förutsättningar att fungera. Styrkan på detta bruk bör motsvara hållfasthetsklass D. Arbetet utfördes mestadels av arbetslösa byggnadsarbetare, som arbetsmarknadsstöd. Även under 1970-talet gjordes stora rekonstruktioner och återuppmurningar i likhet med arbetena på 1950-talet. I rapport från 1972 års arbeten nämns att skalet saknades vid östra änden av norra muren och kärnan var hårt angripen. Ungefär 130 m² murades upp. Vid 1973 års arbeten uppmärksammades att det rann vatten ur norra muren. Därför borrades två hål. ”Avsevärda mängder vatten rann direkt ut ur hålen” enligt slutrapporten. Cementrör monterades i hålen som en sorts dräneringsrör.

Under 1980-talet utfördes mindre kompletteringar, bland annat ett skyddstak över östra trappan och vissa arbeten inne i tornrummet.

Vid arbetena 1989–1992 gjordes relativt omfattande fogkomplettering med så kallat hydrauliskt kalkbruk med bindemedel innehållande roman-cement (Marienstein Hydraulisk Kalk) och luftkalk, ett bruk i hållfasthetsklass D. På rundtornet användes luftkalkbruk. Vid djupare lagningar på tornet tillsattes tegelkross, som fungerar som svagt hydrauliskt tillsatsmedel. Tornets puts var tänkt att fungera som offerputs. På vissa ställen är den i dag helt bortvittrad. Tornhuvens tak fick ny kopparplåt. Bjälklagen i tornet återskapades till stora delar. Tegelskoningar rekonstruerades vid källarnedgång i norra längan och delar av ovanförliggande öppning murades igen. Även under 1990-talets renoveringar uppmärksammades att det rann vatten ut ur norra muren. Också denna gång kunde entreprenören delvis nyttja billig anvisad arbetskraft.

Analys av frilagd kärna vid raspärtiet

Murkärnans utseende

Den cirka 8 m höga kärnan är uppförd av ett gulaktigt bruk och cirka 0,1–0,6 m stor fältsten, normalt gråsten, men i det övre partiet även med inslag av sandsten och tegel. Mer av kärnan har ramlat bort på murens övre halva, där en konkavitet är tydlig ovanför halva höjden. Rimligen har frosten orsakat störst skada på denna nivå. Nertill på muren är bortfallet från kärnan som minst.

Skalet har varit cirka 0,7 m tjockt, men måttet har varierat. I murens nederdel har det på sina ställen, förvånande nog, varit så tunt som 0,4 m. Ett stycke ovanför halva höjden kan mer ordnade skift av sten anas i kärnan. Muren avslutas upptill med en avtäckning av betong och betongen har i varierande grad trängt ner en bit i själva muren. Det kan röra sig om någon halvmeter.

Inga tecken finns på att muren skulle ha byggts på vid senare tiders reparationer; snarare kan det ha rört sig om att skadade delar tagits bort så att

Murkärnan med bomhålen numrerade med siffror i gul kulör. Fotografiet är taget när stålstöd endast hade monterats på sidorna av raset. Cirka 1 m ovanför de översta bomhålen syns en tydlig horisontell gräns där muren ändrar karaktär och får lägre och mer ordnade skift. I detta parti förekommer också mer hålrum. Ingen förändring som motsvarar denna gräns syns i skalet på sidorna av raset.



muren sänkts för att erhålla en jämn avslutning upptill. I kärnans nederdel syns bomhål på tre nivåer medan sådana saknas på delen ovanför.

Bomhål

Som nämnts sitter bomhål på tre nivåer. Avståndet i höjded är cirka 1,2 m och de sitter på något varierande avstånd i sidled, ofta cirka 3 m. En tendens till att hål högre upp sitter ungefär lodrätt ovanför de undre kan anas.

Hålen är horisontella men går snett in i muren. Som mest är de cirka 30 grader snedställda. Riktningen, åt höger eller vänster, varierar mellan hålen. Något tydligt mönster kunde inte urskiljas även om en tendens till att riktningen varierar mellan hålen i höjded kunde iakttas. Hålens djup och deras diameter framgår i särskild dokumentationsrapport.

Skifthöjd

I kärnan syns närmast horisontella spår som visar i hur höga skikt kärnan fylldes, alltså i vilka etapper muren uppfördes. Ovansidan av fyllningsskikten syns på några ställen och där framgår att bruket måste ha varit lättflytande.



Överst i bild syns ovansidan på ett fyllningsskikt med välblandat, lättflytande bruk från murens övre halva. Både över och under brukskiktet finns hålrum.

I murens nederdel, delen med bomhålen, är skiften i regel cirka 0,6–0,7 m höga, det vill säga motsvarande ungefär halva avståndet mellan bomhålen. Det innebär två fyllningar per bomlagsnivå. Uppåt minskar skiftens

höjd påtagligt, till som minst drygt 0,25 m, och här är lagren uppdelade genom tunna grå skikt av ofta löst, obundet material som lossnade lätt när muren blåstes ren med högtryck.

T.v.: Nederdelen av murkärnan med bomhål. Hål syns även vilka rimligen är avtryck från längre bindstenar som medverkat till att förankra murens skal i kärnan. Bruk med kalkklumpar.

T.h.: Övre delen av muren med liten skifthöjd och med lagren åtskilda av tunna grå "skräpskikt".



Dessa tunna skikt upplevdes som märkliga "skräpskikt", liknande gamla avlagringar som samlats vid bristande städning. I lagren fanns små matben, fiskben, tändar och en och annan rostig järnbit (spikhuvud?). I övre delen av muren ligger "skräpskiktet" på sina håll som tjockare, cirka decimeterhöga, ansamlingar.

T.v.: Detaljfoto av tunt skräpskikt.

T.h.: Detaljfoto, tjockare skräpskikt i grå kulör innehållande ett litet matben. Skikten upplevdes på många håll som ett material utan bindemedel. På den här bilden är det dock fastare, mer sammanbundet, troligen av kalk från bruket i kärnan.



Färtänder bland matavfall i murverket (som grinar mot betraktaren). Ovanför syns översidan på ett fyllningsskikt med luftrum ovanför.



Bruk i kärnan

Bruket i hela kärnan bedömdes ha enhetlig kulör, med gulaktig ton, men framträdde som olika mörkt. Detta förmodades bero på hur fuktigt det var och hur mycket av vitare kalk som fanns på ytan. På en del ställen hade bruket inte helt fyllt utrymmet mellan stenarna. Några stora hålrum var det dock inte frågan om.



Nederst i bild: dåligt blandat bruk med kalkklumpar. Högre upp: välblandat bruk.

Kärnans nedre nivå, upp till någon halvmeter ovanför de översta bomhålen, skiljer sig från delen ovanför genom att bruket förefaller vara dåligt blandat och innehåller stora klumpar av kalk som är porösa. De har som störst en diameter av cirka 5 cm. Kärnans övre del har färre och mindre kalkklumpar i bruket vilket upplevs som bättre blandat. I murens övre del syntes på ett ställe en bruksbit som upplevdes vara en äldre bruksklump som återanvänts. Den slutsatsen drogs av att lager i klumpen inte låg horisontellt.

I kärnan återfanns en del större djurben. Några togs till vara i samband med att kärnan blåstes ren från löst material.

Sten i kärnan

Beroende på att de tunnare skiften i murens övre del är åtskilda av ”skräpskikt” ger denna del av kärnan ett intryck av att stenen ligger i mer ordnade skift. Högt upp i kärnan uppträder sandsten i högre grad än längre ner. Andelen är dock liten.

Inslaget av tegel ökar upptill även om några tegelbitar också finns långt

ner i kärnan. Särskilt på ett ställe upptill sitter mycket tegel, närmast att likna vid ett tegelmurverk. Det bedömdes vara en igenmurning, utförd med återanvända tegelstenar med höjden 9 cm och bredden 13 cm. Bruket i detta ”murverk” är av samma sort som i kärnan runt omkring. Tegelmuren är uppfört på det tunnaste, övre ”skräpskiktet”. I trakterna av igenmurningen finns en nisch på murens insida. Det kan vara frestande att söka ett samband mellan dem. Nischen på insidan sitter dock längre mot väster.

Murens överdel med avtäckning av betong som har trängt ner någon halvmeter i murverket. Delar av de översta skalstenarna hänger kvar i betonggjutningen. I överkanten av kärnan syns nämnda tegelmurverk beläget ungefär i mitten av det raserade partiet. Inga tecken finns på att muren skulle ha byggts på vid sentida reparationer.



Hypotes om hur muren byggts

Kärnans utseende väcker frågor om hur den byggdes. Något säkert svar kan inte ges, men nedanstående teori bedöms som tänkvärd.

Som nämnts har kärnan i murens övre halva annan karaktär än i den nedre. Skillnaderna består främst i:

- Nederdelen har bomlagshål, vilket saknas i överdelen.
- Bruket i nederdelen innehåller större inblandning av kalkklumpar än den övre.
- Överdelen har i kärnan ganska låga, tämligen ordnade fyllnadslager åtskilda av ”skräpskikt”.

På insidan av muren ligger markytan högre än på utsidan. Nivåskillnaden mellan sidorna varierar något, men det rör sig om cirka 3 m, vilket innebär en nivå något lägre än de översta bomhålen. Förklaringen till höjdskillnaden kan vara att insidan under mark består av rivningsmassor och enligt gamla uppmätningar till och med tegelvalv.

På fotografier som visar ytterskalet före raset syns inga spår av de två nivåerna som kunnat avläsas i kärnan med undantag av att skalet i nederdelen innehöll betydligt flera små skolstenar.

I kärnan finns inga tecken på att muren skulle ha byggts i etapper, med påtagligt tidsuppehåll, vilket rimligen borde kunna utläsas som krön för att täcka kärnan mellan byggetapperna.

Det mesta talar för att det skadade murpartiet är uppfört under borgens utbyggnad vid senare delen av 1400-talet. Kärnans utseende tolkas som att muren uppförts i ett sammanhang. Till exempel är kulören och sammansättningen på bruket tämligen enhetlig. Skillnaden mellan murens över- och underdel måste i så fall förklaras av att omständigheterna på platsen medfört olika sätt att bygga respektive del.

I nederdelen kan brådska i uppförandet anas. Bruket upplevs som slarvigt blandat och mycket skolsten har använts i skalet, vilket innebär att tidsödande passning av stora stenar kunnat undvikas.

Hålen för bommarna till byggnadsställningen är ovanligt djupa vilket kan vara ett sätt att få dem att sitta fast bättre. Det skulle kunna vara motiverat om ställningens spiror inte kunnat stabiliseras genom att sammanbindas över muren – det vill säga om spiror saknades på insidan. Så kan ha varit fallet om marken där var hög eller att någon form av byggnad stod i vägen.

Övre delen av muren tycks ha byggts utan ställning på utsidan eftersom bomhål saknas. Anledningen kan ha varit att en ställning skulle försvagat möjligheten att försvara anläggningen vid det fortsatta byggandet.

Transporter och uppbyggnad har då troligen skett enbart från insidan, vilket inte kan ha varit helt lätt vid monterandet av det yttre skalet. Kanske underlättades detta om avståndet till marken var lägre på insidan eller om där redan fanns någon byggnad så som antytts ovan.

För att uppföra det yttre skalet skulle i så fall muren behövt beträdas och den cirka tre meter breda muren varit transportyta. Rimligtvis kunde man i så fall bara bygga skalet från ena sidan i murens längdriktning, vilket bör underlättas av låga skift. Låga lagerhöjder skulle också ge kärnan bättre förutsättningar att hårdna så att den kunde beträdas. Detta skulle ge avlagringar av skräp på kärnan, vilket troligen skulle utökas av kringrande jord och sand.

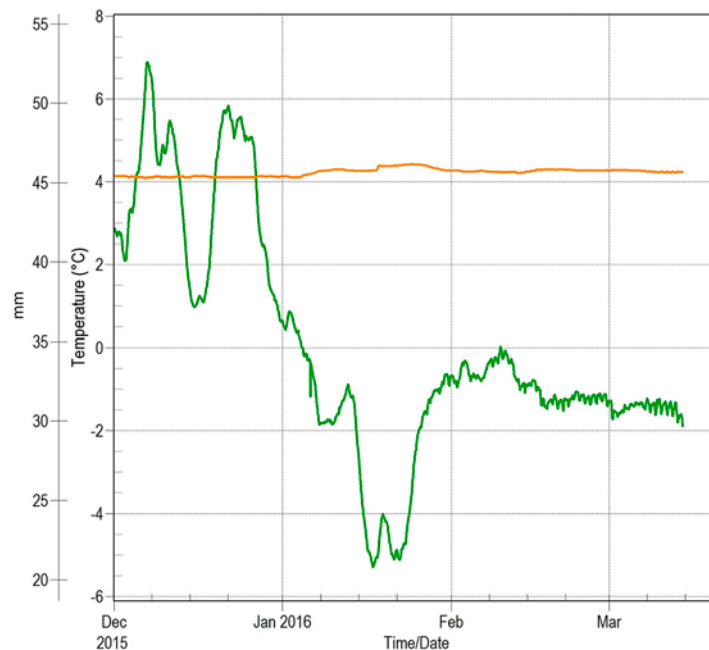
Om en byggnad på insidan eller i närheten av muren samtidigt revs skulle bygget av kärnan kunna ha skett med rivningsmaterial som förde med sig ytterligare skräp och då skulle till och med de mat- och fiskben som påträffats få en rimlig förklaring.

Skadeorsak och skademekanismer

Genom mätningar i närmare två år av bland annat skalets rörelser och temperaturer i muren och i luften i kombination med okulära iakttagelser anser vi oss ha fastställt orsaken till att murskalet rasade. Rörelsemätningarna har utförts på murpartiet omedelbart öster om raset. Dessutom borrades totalt 12 provhål i muren på båda sidor om raspertiet genom skalet och en bit in i kärnan. Dessa borrhål undersöktes med fiberoptikkamera.

Mätningarna visar tydligt att skalet på halva höjden, där sammanhållningen med kärnan är som sämst i denna mur, vid varje tillfälle när temperaturen innanför skalet understiger 0 °C, förskjuts utåt i förhållande till kärnan. Rörelsen är vid varje frysningstillfälle liten, knappt 1 mm. När temperaturen sedan stiger till över 0 °C återgår rörelsen till största delen. Samtidigt har vi vid raspertiet iakttagit att murbruket i kärnan närmast skalet är sönderfruset. Men sönderfrysning är ingen förutsättning för att frysande vatten ska skjuta ut skalet. Det räcker med att det någonstans finns instängt vatten. De tvångskrafter som uppstår när vatten fryser är mycket stora. Vid upprepade frysningar bör skalet skjutas längre och längre

Den gröna kurvan visar temperatur i gräns mellan skal och kärna och den röda kurvan är skalets rörelse utåt i förhållande till kärnan. Rörelsen utåt sker när temperaturen understiger 0 °C.

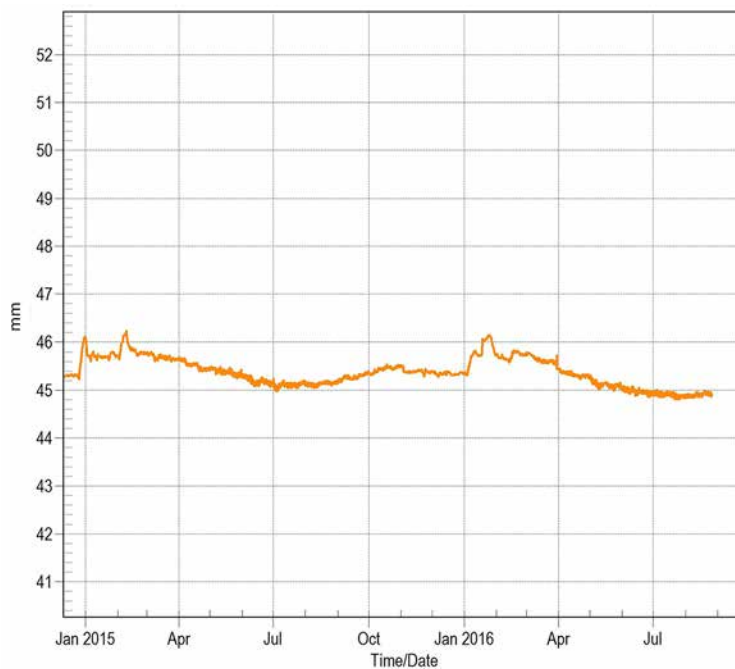




Rörelsegivare med fäste.

ut tills det kollapsar. Utifrån mätningarna som gjorts under de två år som återuppbyggnaden pågått kan man knappast se några tydliga tendenser till denna successiva utskjutning, men man ska då ha i minnet att nya dragstag monterades och spändes upp under hösten 2015.

Vattnet kan ha kommit in i muren via brister i kröntäckningen, genom inpressat eller kapillärt insuget regnvatten i fasad eller genom kapillärt



Mätningarna som pågått under knappt två år visar inga tecken på tilltagande utskjutningar, men det kan bero på att arbeten pågått i närheten och att nya genomgående stag monterats och spänts upp.

uppsuget vatten från marken. Normalt ska fuktkvoten nå upp till nivåer omkring kapillär mättnad eller högre för att sönderfrysning ska ske. Det är därför mindre troligt att kapillär uppsugning kan ha orsakat raset. Mest skadligt är sannolikt läckage genom kröntäckningen. Kröntäckningen är nu tätad och mängden rinnande vatten på fasad har minskats genom att krönet försetts med grästov. Mätningarna föreslås fortsätta några år till för att kunna fastställa hur dessa åtgärder påverkar froströrelserna.

Så kallad skalseparation, det vill säga att skalet släpper från kärnan, är mycket vanlig och förekommer nog, åtminstone lokalt, i flertalet skalmurar. Om muren är tillräckligt låg kan det lösa skalet vara stabilt utan stöd av kärnan, men i högre murar är risken större för att det lösa skalet ska kollapsa genom buckling, knäckning eller stjälpning. I detta fall var muren ungefär 8 m hög vid raset. Öster om raset är den till och med 10 m hög.

Skalmurar utförda som bruksmurar har alltid en tendens att dra till sig vatten i kärnan. Detta oberoende av med vilket bruk de murats eller fogats. Tendensen är störst i oputsade murar. Det beror på att fogarna suger in vatten genom sprickor eller genom brukets porsystem. Vid slagregn tillförs fritt vatten på fogytan. Detta sugas snabbt in kapillärt eller pressas in i större sprickor av vindtrycket. Vid inpressning kan fritt vatten rinna ut när vinden upphör, men det kapillärt bundna vattnet kan bara sugas ut kapillärt och hastigheten på återsugningen begränsas av avdunstningen från fogytan. Fogarna fungerar som en slags backventil som suger in vatten, men bara lämnar ifrån sig en mindre mängd vatten genom dunstning.

Den allra viktigaste vatteninträngningsmekanismen i skalmurar är vattenläckage genom brister i kröntäckningen. Kröntäckningen var i detta fall relativt vattentät, men den hade sina brister, främst i form av rörelsefogar. Fogarna mellan plattorna utfördes tätade med plastisk eller elastisk fogmassa. Fogmassan har med tiden förlorat sin plasticitet eller elasticitet. Den har blivit hård och krympt. Detta har orsakat stora sprickor. Genom att stora ytor i vissa fall avvattnas över fogarna kan relativt mycket vatten ha tagit sig in i muren genom sprickorna i fogarna. En annan brist är att kröntäckningen saknar utkragning vid fasadliv. Vattnet från krönet har därför runnit ner på muren. Man ska också ha i minnet att murarna stod utan kröntäckning i ett par hundra år.

När bruket i kontaktytan mellan skal och kärna blir tillräckligt vattenmättat sker sönderfrysning av bruket och skalet frikopplas mer eller mindre från kärnan. Efter att bruket frusit sönder kan inträngande fritt

vatten lättare rinna genom bruksresterna, vilket ofta medför att binde- medlet på sikt lakas ur. När det kalkrika vattnet sedan tar sig ut till murytan karbonatiserar kalken och det uppstår kalkutfällningar eller till och med porösa droppstensbildningar.

Den stora förekomsten av kalkutfällningar på murytan på det rasade partiet och på omgivande murytor tyder starkt på att fritt vatten runnit genom murens inre och sedan i någon mån tagit sig ut till ytan.

När kärnan börjat lösas upp kan fukt- och temperaturrörelser i skalet medföra att sand och stenar sjunker ner och kilar in sig i spalten mellan skal och kärna. Detta medför att skalet inte kan återgå mot kärnan utan vid upprepade rörelser successivt flyttas utåt tills det i värsta fall rasar.

En annan mekanism som kan bidra till att skalet kollapsar är att kärnan i många fall är vekare än skalet. Det beror på att skalet är byggt av större stenar med bättre passform än kärnans. I kärnan kan det i värsta fall dessutom förekomma att stenarna inte ligger i kontakt med varandra utan att det finns delar som bärs av murbruk. Genom att skalet är styvare kommer det att ta hand om det mesta av bärningen. Det uttrycks i Castiglianos sats (Alberto Castigliano 1847–1884, Italien) ungefär på följande sätt: Lasten i ett elastiskt statiskt obestämt system tar den väg som ger minimum av inre energi i systemet. Det innebär att en del av vertikallasten i kärnan svänger ut i skalet och ger upphov till så kallade spjälkkrafter, som vill trycka ut skalet. Man kan alternativt se det som att det uppstår valvverkan i kärnan mellan skalén. Valven orsakar horisontalkrafter som trycker ut skalén. I denna mur verkar kärnan vara mycket stabil. Kärnan innehåller stora och väl ordnade stenar. Bruket består av svagt hydrauliskt kalkbruk med god hållfasthet. Därför är effekten av en mindre styv kärna sannolikt av underordnad betydelse i detta fall.

I antikvariska kretsar ser man ofta användningen av cement och cementbruk som huvudorsaken till i stort sett alla problem som uppstår i gamla murade konstruktioner. Som exempel kan nämnas den mur som rasade vid Varbergs fästning 1974. Personer med koppling till Riksantikvarieämbetet gick snabbt ut med beskedet att raset orsakats av cementfogarna. Efter noggranna undersökningar fastslogs att det var ett skred orsakat av skjubbrott i djupare liggande lerskikt som orsakat raset. Säkerhetsfaktorn mot brott var redan vid uppförandet mycket nära 1,0. Enbart landhöjningen efter murens uppförande kunde förklara brottet. Cementfogen hade ingen betydelse eftersom materialet bakom muren var dränerande. Trots detta har man i vissa kretsar hållit fast vid att det var

cementfogen som orsakade brottet. Ett annat exempel är Visby ringmur. Under de hundra åren efter att muren började fogstrykas med cementhaltigt bruk, bland annat så kallat Gullex-bruk med bindemedel av murcement, skedde två större ras. Genomgång av arkivhandlingar har visat att det under föregående hundra år sannolikt skedde runt tio gånger så många. Trots detta har många kopplat förekommande skador och ras till förekomsten av cement i fogarna.

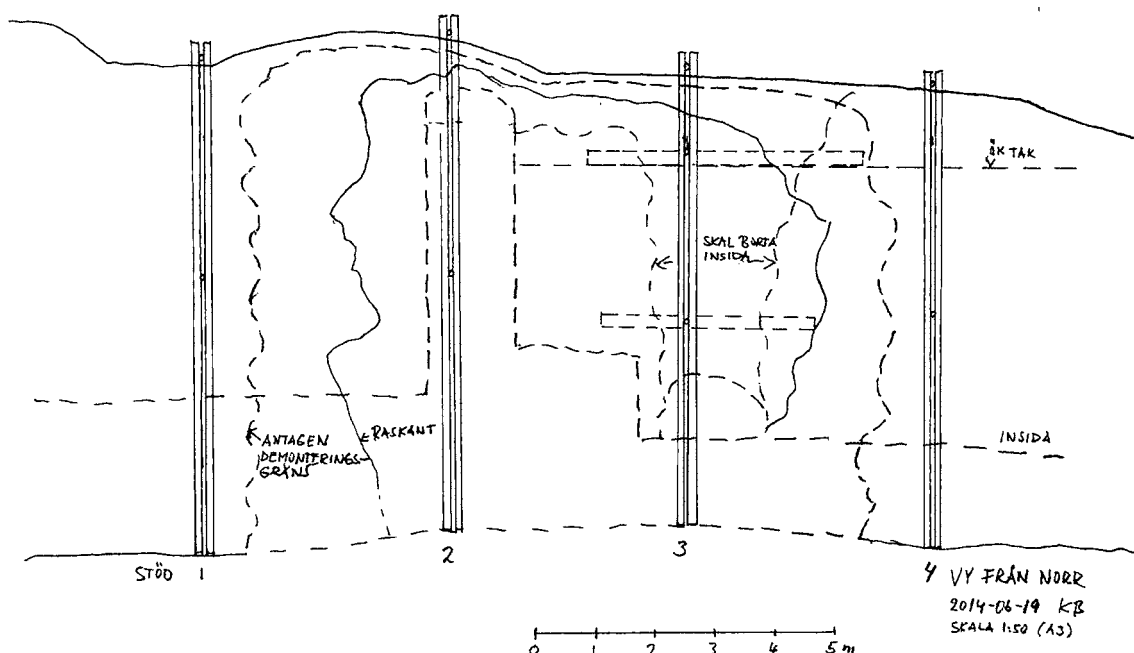
Detta ska inte tolkas som att cement inte i något enskilt fall kan ha bidragit till några skador. Genom fogstrykning med starkt cementbruk kan styvheten i skalens allra yttersta del ökas, vilket skulle kunna leda till extra stora spjälkrafter. Cementfog kan också i viss mån försämra uttorkning och dränering av kärnan genom lägre kapillärsugning och större täthet. Samtidigt kan cementfogen också minska vatteninsugningen, vilket är en positiv effekt. Även om det förekommit cementfogning på denna mur åtminstone från 1930-talet och fram till 1990-talet är det knappast någon huvudorsak till raset. Innan ruinen började underhållas och återuppmuras med cement- och kalkcementbruk hade det skett mycket omfattande ras. Sedan man börjat använda cementbruk har våra ruiner åtminstone blivit säkrare och stabilare. Sedan finns det andra aspekter som definitivt talar emot cementbruk. Det är till exempel möjligt att raset skulle ha skett i mindre etapper om skalet skulle ha varit uppfört med svagare bruk. Med ett starkt bruk kan skalet stå kvar längre, men genom sammanhållningen blir raset större när det väl uppstår.

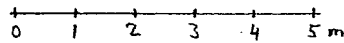
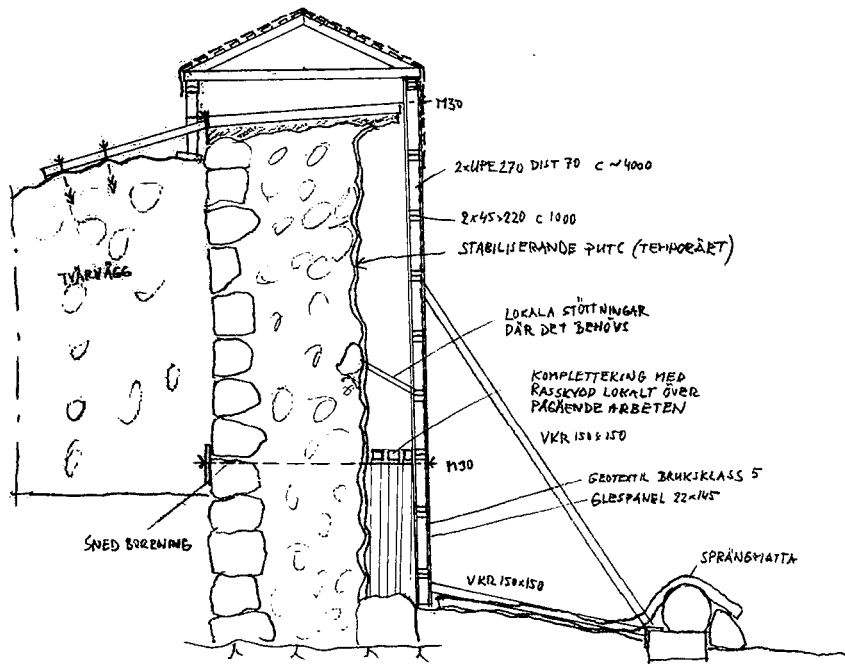
Återuppförande av rasat skal

Projektering och genomförande

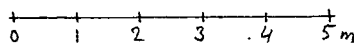
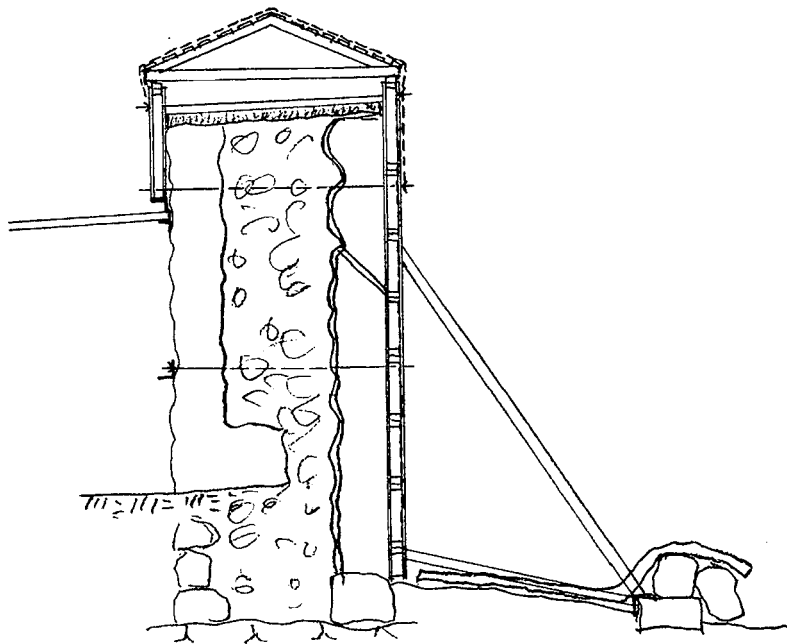
Redan några veckor efter raset i maj 2014 påbörjades planeringen av återuppbyggnaden. Den norra muren laserskannades under juni månad. En programhandling färdigställdes under samma månad. I denna handling skisserades en lösning av hur återuppbyggnaden skulle kunna ske på ett säkert sätt. Nedan visas några illustrationer från programhandlingen. Avsikten är att visa deras karaktär, inte att de ska kunna tolkas i detalj.

I stort har genomförandet följt de principer som skissades i programmet, men vissa detaljer har modifierats under genomförandet. Bygghandlingarna gjordes avsiktligt enkla. Utförandet har sedan preciserats i samband med byggmöten i takt med att förutsättningarna framkommit, ofta i form av enkla skisser. Byggmötena har under intensiva perioder hållits varje vecka.





STÖD 2
 2014-06-19 KB
 SKALA 1:50 (A3)



STÖD 3
 2014-06-19 KB
 SKALA 1:50 (A3)

2014

Förarbete

Arkeologiska förundersökningar utfördes vid utvalda områden invid muren där markarbeten inför återuppförandet planerades. De arkeologiska undersökningarna finns redovisade i en separat rapport från Östergötlands Museum.

Arbetet med muren var 2014 mest koncentrerat på förberedelser inför själva återuppbyggandet. Bland annat gjordes en tillfällig väg, lösa stenar demonterades och den kvarvarande muren stabiliserades. Föresatsen har hela tiden varit att arbetet ska utföras på ett säkert sätt, vilket kanske varit projektets största utmaning. Arbetet påbörjades direkt efter byggsemestern 2014.

Efter raset hängde stora stenar mycket löst på en höjd upp till 9 m över marken. De största skalstenarna bedömdes väga mellan 500 och 1 000 kg styck. Marken framför raspartiet lutade ner mot norra sundet i Slätbaken. Några stenar hade vid raset rullat ända ner i vattnet i Slätbaken, ungefär 30 m från muren. Det bedömdes som närmast livsfarligt att vistas nära muren framför raset.

Under första året utfördes arbetet helt utan byggnadsställning. Alla höjdarbeten utfördes från självgående dieseldrivna bomliftar. Under vissa perioder var två liftar i drift.



I förgrunden: skyddsbarriären fyra meter framför muren. Barriären är ungefär en halv meter hög och avsedd att stoppa stenar som faller eller petas ner från muren. Här har nerfallna skalstenar redan plockats bort, men rester av rasad kärna ligger kvar.

I ett första skede byggdes en stabil körväg fram till raspartiet där en plan arbetsyta anlades. Fyllningshöjden varierade mellan ungefär 0,30 och 1,20 m. Fyllningen utgjordes av enkla massor i form av sprängsten och betongskrot täckta av krossgrus. Ungefär fyra meter framför raspartiet byggdes en skyddsbarriär av storsten och pålkap. Barriären kompletterades med motfyllning av grus och sprängmattor för att öka stabiliteten. Det mesta av detta arbete utfördes med grävmaskin utan personal på marken framför raspartiet. Ingen fick sedan vistas på marken innanför skyddsbarriären innan muren stabiliserats. Därefter påbörjades arbetet att med en gripklo försedd grävmaskin plocka bort nerrasad skalsten och övriga rasmassor. All sten sorterades ut och förvarades för återanvändning.

Stålstöd och rivning

Muren efter att lösa stenar tagits ner. Två stabiliserande stålstöd är monterade.

Kraftiga vertikala stålstöd av dubbla U-balkar UPE 270 monterades med hjälp av mobilkran på både ut- och insida omedelbart öster och väster om raspartiet på ungefär 12 m inbördes avstånd. Ovanför muren kopplades



stöden på ut- och insida ihop med stålstag. Nertill fixerades stöden mot muren med betongmotvikter.

De lösa skalstenarna petades ner med en grävmaskin med gripklo och spett. När alla lösa stenar tagits bort var den frilagda kärnan 100 m². Den skrotades sedan manuellt med spett och renblåstes med tryckluft. Arbetet utfördes från bomlift. Alla sönderfrusna delar rensades bort.

Därefter monterades två mellanstöd på samma sätt som de yttre. Dessa försågs dessutom med snedsträvor på utsidan för att bli stabila. Mellan dessa vertikala stöd monterades horisontella stålreglar i form av U-balkar. Kvarvarande kärna ytförstärktes med ett sprutat tunt lager av NHL2-bruk. Detta skikt var också tänkt som ett separationsskikt mellan kärna och ett skikt EPS-cement, som skulle stå för provisorisk stabilisering tills skalet uppmurats.



Stålkonstruktionen kompletterad. Rensning av kärnan utfördes från bomlift.

Stabilisering av kärnan

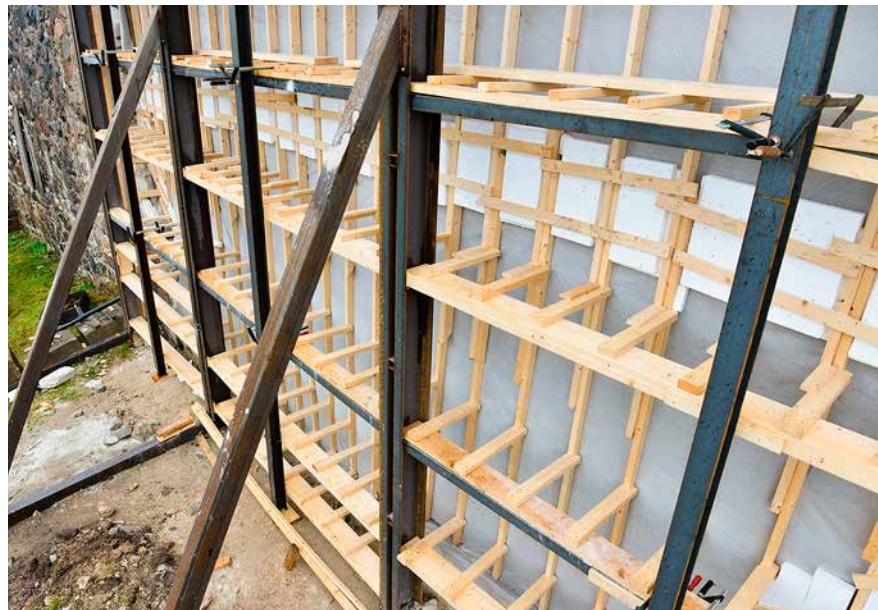
Tanken med hela stödkonstruktionen (stål och EPS-cement) var att stabilisera kvarvarande skalstenar, skydda och stabilisera murkärnan under kommande vinter samt att ordna ett effektivt rasskydd som skulle skydda arbetarna mot tänkbara rasmassor från ovanföriggande delar medan det nya skalet muras upp. Vi begärde ett prov på en ny lätt variant av EPS-cement avsedd för isoleringsändamål, så kallad EPS-cement 200, där 200 står för densitet 200 kg/m³. Produkten bedömdes utifrån detta prov vara



Prov på EPS-cement 200.

lämplig för motgjutning mot muren, eftersom den var tillräckligt stark, men lätt att riva med bara händerna eller med små handverktyg. Normal EPS-cement har densiteten 400 kg/m^3 och blir mycket hård.

Som gjutform för EPS-cementen monterades träreglar på vilka en fiberduk spändes upp. På direkt fråga till leverantören blev svaret att man skulle räkna gjuttrycket utifrån en densitet på 200 kg/m^3 hos



Formsättning av trä och fiberduk. Utrymmet mellan kärnan och fiberduken är igjutet med EPS-cement.

gjutmassan. Gjutning skedde i två etapper för att inte gjuttrycken skulle bli orimligt stora. EPS-cement tillverkades i en speciell pumpbil och massan pumpades direkt från bilen in i formen. Redan vid gjutningen kunde man utifrån reglarnas deformation ana att densiteten var högre än 200 kg/m^3 . Efter att ett provisoriskt skyddstak byggts över muren avetablerade entreprenörerna och anläggningen lämnades över vintern.

2015

Under 2015 skedde återuppbyggnaden av det rasade partiet och komplettering av krönet. Arbetet bedrevs från en kraftig murarställning. Olika former av lyfthjälpmiddel för de tunga skalstenarna provades. Men det slutade med att man monterade en liten tornkran, som fungerade bra vid montering på alla nivåer. Stenarna lyftes med stensax.

Arbetet 2015 avslutades med att det uppmurade partiet försågs med en vintertäckning varefter ställningar revs. Vintertäckningen utgjordes av två lager av vintertäckmatta, så kallad elefantmatta och ett lager fiberduk fixerad med bräder fastskruvade i fogbruket.

Rivning av stabiliserande konstruktion

Träreglar, fiberduk och EPS-cement revs längst ner och upp till ungefär två meter över mark. Det visade sig vara mycket svårt att riva EPS-cemen-



Första årets arbeten avslutade. Inför återuppbyggnaden rivs träkonstruktion, fiberduk och EPS-cement etappvis nerifrån. Innan nästa etapp rivs, muras skalet upp så långt det är möjligt. Kvarvarande skyddskonstruktion ovanför sitter kvar som skydd mot ras och fallande sten. Arbetsställning byggs i takt med arbetets fortskridande.

Rivningen av EPS-cementen tog betydligt längre tid än beräknat. Efter uppsplitsning med tigersåg bröts bitarna ner med slunga. Det sista spolades bort med kraftig högtrycksspruta.



ten som under vintern blivit väldigt hård och inte gick att bryta sönder. Uppsågning i strimlor med tigersåg visade sig vara det mest rationella. Det sista som satt fast i kärnan kunde spolas bort med en kraftig 3-fas högtryckstvätt. Rivningen tog minst tre gånger längre tid än beräknat utifrån erfarenheten av test utförd på levererat prov. Vid två kontrollmätningar av densiteten visade den sig vara 300 kg/m^3 i stället för utlovade 200. Leverantören hävdade då att "kvalitet 200" ska ha en densitet på 300 kg/m^3 , trots att det på deras hemsida angavs en densitet på 200 kg/m^3 .

Återuppmurning av skalet

Efter rivning av knappt två meter längst ner påbörjades återuppmurningen av det rasade skalet. Med den starka EPS-cementen ovanför var risken för att något skulle falla ner obefintlig. När den nedre uppmurningen var klar revs en ungefär lika hög etapp ovanför och så fortsatte arbetet ända upp till krönet.

Murningen skedde sten mot sten som i en kallmur. Varje sten stabiliserades först med skolsten. Stenen lyftes sedan bort, murbruk applicerades och stenen återmonterades. Bakmurning utfördes med mindre sten och murbruk. Önskemålet var att ungefär var åttonde sten skulle vara bindsten som stack in extra långt i kärnan. Antalet bindstenar blev sannolikt färre i praktiken.

Som murbruk användes ett naturligt hydrauliskt kalkbruk, NHL2-bruk med cementindex 0,29 (enligt Eckels definition). Analysen av det gamla bruket visade på cementindex 0,11. Det använda murbruket är



Återuppmurning sten mot sten pågår i nedre etappen. Omgivande befintliga murar användes som förebild för utseendet.



Bindsten baxas på plats med hjälp av stensax.

alltså mer hydrauliskt och något starkare än det ursprungliga murbruket. För fogstrykningen användes ett pigmenterat NHL5-bruk. Det bör undanröja risken för sönderfrysning.

Skalet har i huvudsak uppmurats av de tillvaratagna stenarna efter raset. Viss komplettering har skett med ny sten. Bland annat saknades stenar som lämpade sig som bindsten. Målet har varit att det återuppbyggda skalet på sikt inte ska gå att skilja från de omgivande delarna av skalet.

I samband med återuppmurningen av skalet gjordes några dräneringshål genom fogbruket långt ner i muren för att minska risken för att inläckande fritt vatten skulle stängas in bakom skalet.

Än så länge är det nyuppmurade partiet mycket renare än de omgivande delarna, eftersom de återbrukade stenarna rensades och rengjordes innan de murades in på nytt och fogbruket ännu inte har fått sin naturliga patina.

Nya genomgående dragstag

För att förbättra skalets förankring till kärnan och minska risken för större skalseparationer i framtiden har norra muren försetts med sju stycken genomgående dragstag med ankarslutar placerade på ungefär halva murhöjden. Fyra stag är monterade i det nymurade partiet, två öster om och ett väster om detta parti. Stagen består av M24 syrafast gängstång i tvåmeterslängder, hopskarvade med skarvhylsor.



Ankarlutar av syrafast stål.

Förbättrad kröntäckning

Den befintliga kröntäckningen av betong har försetts med ett tätskikt av en helklistrad enskikts asfaltmatta av typ SEP 5800. I båda kanterna har ett droppbleck av 2 mm tjock blyplåt monterats. Denna kröntäckning bedöms förbli helt vattentät under många år.

För att minska vattenbelastningen på fasaderna har kröntäckningen kompletterats med två lager grästorv, undre lagret med gräsytan neråt



Läggning av asfaltmatta.

och övre med gräsytan uppåt. Vid regn kommer en stor del av vattnet att absorberas i torvlagret och tas om hand av vegetationen för att så småningom avdunsta i stället för att rinna över kanten och väta fasaden. På brantare partier har torven förankrats med krokar av rostfritt stål. Gräset ger ett något naturligare och mjukare intryck än den tidigare betongytan. Liknande torvtäckning finns sedan länge på andra delar av ruinen. På de äldre ytorna där miljön blir torrare har gräset närmast kanterna konkurrerats ut av vacker sedum. Grästorven togs från en gräsbevuxen plan markyta på Slottsholmen, söder om ruinen.

Längs båda kanterna på murkrönet monterades en rostfri stålkätting



Läggning av grästorv på krönet. Först ett lager med gräset neråt, sedan ett med gräset uppåt.

ovanpå gräset i syfte att hålla kvar grästorven vid de vindutsatta kanterna. Den fästes punktvis in via beslag i betongen. En tredje kätting monterades mitt på muren. Syftet med den är att man ska kunna fästa en livlina vid arbete på muren. Både kätting och infästningar är kraftiga, men inte typgodkända som livlinefästen. Kättingarna kommer att döljas av uppväxande gräs.

Muren skyddstäckt med vintertäckmatta och fiberduk inför vintern 2015/16 för att förhindra sönderfrysning av nya fogar.



2016

Under våren 2016 gjordes det sista återställningsarbetet. Den provisoriska vägen revs. Permanenta ankarlutar av rostfritt stål monterades på dragstagen. Grinden och påverkade markytor återställdes.

Kontroll av övriga murskal

Norra ringmurens utsida laserskannades 2014 och hela ruinen under 2015. Kompletterande skanningar och flygfotograferingar utfördes 2016. Punktmolnet har anslutits till SWEREF 99 och RH 2000. För att ytterligare öka noggrannheten vid jämförande skanningar i framtiden har 20 stycken stödpunkter befästs med små grunda borrhål i berg. Ett av syftena med laserskanningarna är att kunna lokalisera andra områden där ras kan tänkas ske. Punktmolnet har därför analyserats med avseende på buktiga och utåtlutande skal. Som kriterium för att lokalisera riskområden av buktighet har vi valt pillhöjd 0,10 m från en rät linje dragen

från skalets murfot till murkrön. Som kriterium för lutning har vi valt en utåtlutning av 0,10 m utanför murfot. Gränsen för buktighet har inte överskridits på något annat ställe än i anslutning till raspviet, medan gränsen för utåtlutning överskrids på större delen av ringmurens södra utsida och på något lokalt ställe på östra murens utsida. Den största lutningen på sydsidan är drygt 0,40 m. För att säkra mot ras genom utstjälpning av skal utfördes därför 8 stycken nya genomgående dragstag, placerade på ungefär halva skalthöjden.

Utseende i augusti 2016. Gräset på marken har återetablerats. Grästorven på krönet har haft det något svårare. På grund av den torra sommaren och avsaknad av konstgjord bevattning har gräset i kanterna torkat ut. Det är bara att hoppas på en regnig sommar nästa år.



Antikvarisk bedömning

Vid reparationer av stenmurverk sker nu för tiden normalt omfattande borrar i stenarna. Främst görs hålen för montering av lyftöglor och festsättning av kramlor. Vid reparationen på Stegeborg har sådana borrhål undvikits. Stenen har lyfts med hjälp av stensax och ingen kramling har utförts.

Detta har ställt stora krav på utförandet. Att hantera sten med sax fordrar noggrannhet, försiktighet och eftertanke. Att undvika kramling som håller fast stenarna fordrar att de inpassas väl i murverket.

Stenarna lyftes med stensax. Ofta krävdes flera omtag för att få stenen att balansera.



Som tidigare nämnts har det nya skalet på nordmuren uppförts med stor omsorg för att skapa goda liggytor. Till sin funktion kan muren därför närmast anses ha samma goda anliggningsytor som en väl utförd kallmur, till skillnad från kramlade bruksmurar där murbruket oftast i högre grad utgör liggytorna.

Uppbyggnaden har i huvudsak skett med sten återanvänd från det rasade murverket, alltså med sten som bedöms ha anskaffats när muren uppfördes under senmedeltid. I den nyuppförda muren syns därför vilken typ av sten som var önskvärd och möjlig att skaffa och hur den bearbetades, främst genom klyvning.

Murens utseende före raset finns dokumenterat på fotografier, vilka tillsammans med utseendet på angränsande ytor tjänat som referens för

återställandet. Den lagade murens karaktär stämmer väl med dessa förlagor och detta har, som nämnts, åstadkommit utan den åverkan på stenen som moderna byggmetoder brukar medföra.

I dag upplevs det lagade partiet som nytt. Åldrande, till exempel i form av borterodering av bruk på stenytor, smutsning av fogar och påväxt på sten fordras innan karaktären av nytt murverk mattas.

Sättet att bygga har resulterat i att krympsprickor och sättningar i murverket verkar kunna ha undvikits eftersom krympande bruk i liten grad bär stenarna. Inga sådana spricktendenser syns efter första vintern. Detta lovar gott för murens fortbestånd.

Byggtekniken kan betraktas som traditionell och beprövad i jämförelse med vad som är brukligt vid liknande arbeten i dag och där moderna förstärkningar ofta förekommer. Frågan kan ställas om det är alltför vågat att förlita sig på traditionell teknik vid reparation av ett murskal. Två sätt för att säkerställa att skalet sitter kvar har använts, båda vedertagna i traditionellt byggande: bindstenar och sammanhållande stag.

Bindstenar har monterats i muren relativt jämt fördelade. Många av dem har nyanskaffats för ändamålet eftersom de behövde vara långa. De är alltså nya tillskott, men de har valts så att de knappast kan urskiljas bland övriga stenar i muren. Bindarna har monterats livande med murens utsida men sticker ut så mycket på sidan mot kärnan att urtag gjorts i den för att de ska få plats. Ingrepp har alltså skett i kärnan där stenen kilats fast och fästs med bruk så att de kan ”hålla fast” skalet. I jämförelse med den rasade skalet har det nyuppförda mer konsekvent försetts med bindare.

På det lagade murpartiet och angränsande delar har sammanhållande stag monterats i hål borrade genom muren ungefär vid dess halva höjd. Erfarenheter och analys av murraset visar att här löper skalet störst risk att skjutas ut.

Det aktuella murpartiet saknade stag före raset. De som nu finns är alltså tillägg. Stagen visar på ett pedagogiskt sätt hur muren hålls ihop. Sådana stag har länge varit vanliga tillskott när murar behövt förstärkas. I många murar har stag monterats redan under byggtiden. Åtgärden faller därför väl inom ramen för upplevelsen av traditionellt byggande. Stagens ankarslutare är av två slag, plattor mot syd och stänger mot norr. Avsikten har varit att de ska upplevas som nya tillägg som inte försöker dölja att reparation skett, dock utan att vara alltför iögonfallande. Delade uppfattningar har förekommit om vilken variant som antikvariskt är att föredra.

Vid borrning av hålen valdes ställen för ingångshålet i fogkryss, helst lägen som ger sluten bra anliggning mot omgivande stenar. På sidan för utgångshålet kunde inte det exakta läget förutses. Här riskerar det ojämna murverket leda till att slutarna endast delvis trycker mot muren och någon form av avjämnning kan vara lämplig både av tekniska och estetiska skäl. Sådan åtgärd kvarstår.



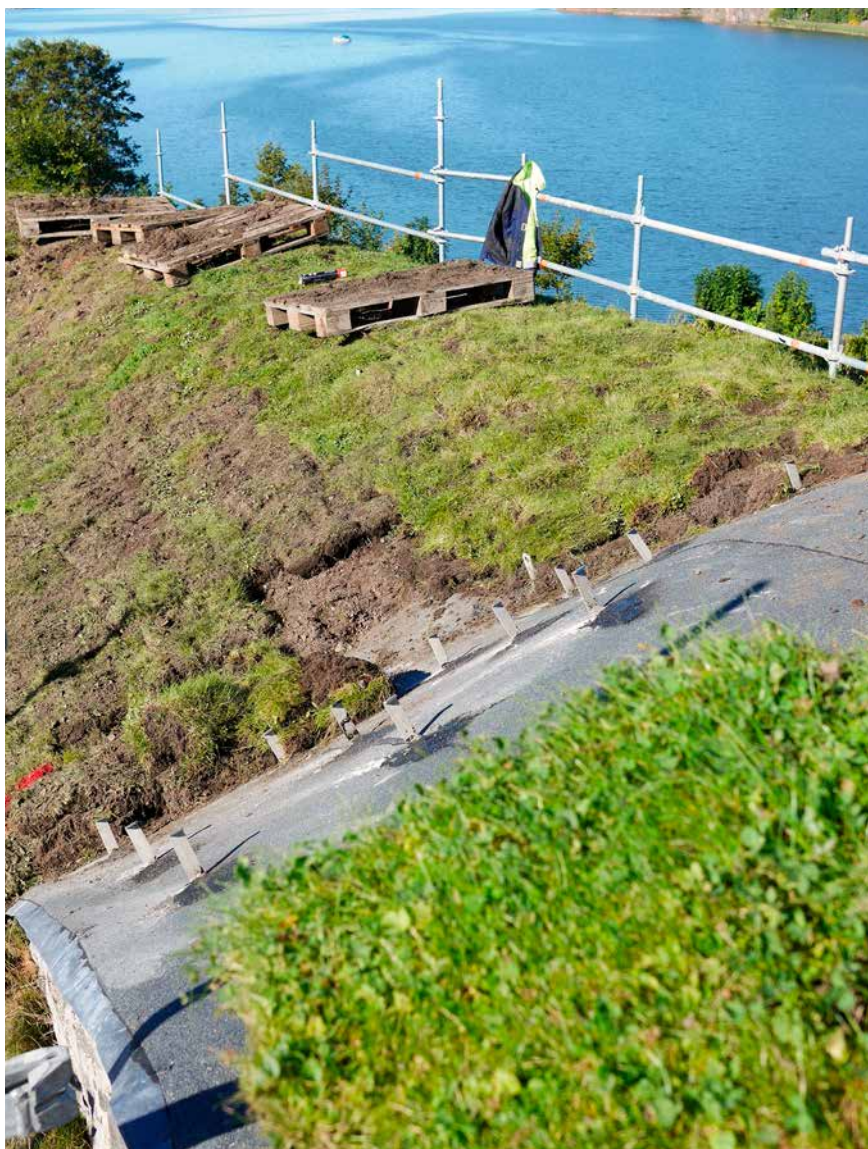
Uppbyggnad under det skyddande skiktet av EPS-cement. I höjd med hantverkarens hand syns ett upphugget hål för bindare.

Murarna är sedan tidigare täckta med en betongavjämnning som följer deras buktande överyta. Beläggningen har behållits och kompletterats med en vattentät matta och rostfria stöttor, främst på kraftigt lutande ytor och vid kanter, som stöd för den grästorv som sedan lades dit. Torven magasineras

regnvatten och minskar mängden vatten som rinner på murarna. Till detta bidrar dessutom bleck av blyplåt vid murens ytterkanter.

Den nya avtäckningen har visat sig ha god effekt för att minska fukt-påslaget på murarna och kommer därmed att bidra till deras fortbestånd. Detta är tydligt i den av tegel murade nischen på murens sydsida, i nivå med rasets västra del. Den har blivit torrare sedan torven kom på plats.

Torvläggningen på murarna är ett nytillskott men ansluter väl till andra ytor på ruinen där torv tidigare lagts ut. Jämfört med den tidigare synliga betongytan på murarna är torvtäckningen både ett bättre skydd och en estetisk förbättring.



Avtäckningen på murarna med vattentät matta, i kanterna avslutad med droppbleck och vid lutande ytor försedda med rostfria stöttor så att torven ska ligga kvar. Som syns i övre delen av bilden döljs stöttorna i grästorven.

Ekonomi

Återuppbyggnaden har finansierats av Riksantikvarieämbetet och Länsstyrelsen Östergötland. I projektet har förutom själva återuppbyggnaden av muren ingått en hel del kartläggning och dokumentation av hela ruinen och forskning om orsaken till raset. Detta har medfört att även andra partier än rasområdet har förstärkts eller kommer att förstärkas. Allt arbete har utförts på löpande räkning mot budget. Budgetarna har i stort sett hållits varje år, förutom ett visst överskridande under 2015 på grund av svårigheter att riva levererad EPS-cement.

Hittills (september 2016) har projektet kostat 6,03 miljoner kronor exklusive moms. Därav faller på entreprenadarbeten 4,86 miljoner kronor. Resterande 1,17 miljoner kronor har använts till planering, projektering, projektledning, arkivsökning och dokumentation.

Källor

LUNDBERG, ERIK B: Stegeborgs slott. Kungl. Vitterhets Historie och Antikvitets Akademiens Handlingar. Antikvariska Serien 12. Stockholm 1964.

ATA, Stockholm. Arkiverade handlingar, fotografier och ritningar avseende Stegeborgs slottsruin.

Östergötlands museums topografiska arkiv.

ANTELL, OLOF och BERGGREN, KRISTER, som var engagerade i restaureringen 1989–1992.

Medverkande i projektet

Byggherre och beställare

Stegeborgs Egendom AB, Söderköping
Casimir Danielsson

Tillsynsmyndighet

Länsstyrelsen Östergötland, Linköping
Jan Eriksson
Mattias Schönbeck

Konsulter

Krister Berggren Byggekonsult AB, Stockholm
Krister Berggren

Arkitektkontor à la Rydberg, Vadstena
Per Rydberg

Entreprenörer 2014

Generalentreprenör

Haga ROT Service AB, Norrköping
John Torsell

Under- och sidoentreprenörer

Bygg Rosen AB, Norrköping
Bengt Rosen

Bröderna Adamsson Gädderstad HB, Norrköping
Kjell Adamsson

Lanbro Smide AB, Järfälla
Ulf Lanbro

Sweco Civil AB, Stockholm
Kristian Englund

Entreprenörer 2015 och 2016

Generalentreprenör

Sten och Anläggning AB (Stenab), Linköping

Göran Kaldenberg

Under- och sidoentreprenörer

Haga ROT Service AB, Norrköping

John Torsell

Lanbro Smide AB, Järfälla

Ulf Lanbro

P & L Byggställningar AB, Linköping

Pierre Pellinen

BINAB Tätskikt, Örebro

Jonas Nilsson

Norconsult AB, Stockholm

Ulf Hägnefelt

Produktion: Kapish produktion
Tryck: Exakta Print, Malmö 2016

