

Restaurering med naturlig cement

Naturvetenskapliga
fakulteten



Suzanna Hultqvist

**Uppsats för avläggande av filosofie kandidatexamen i
Kulturvård, Bebyggelseantikvariskt program
15 hp**

**Institutionen för kulturvård
Göteborgs universitet**

2010:21



GÖTEBORGS UNIVERSITET

Restaurering med naturlig cement

Suzanna Hultqvist

Handledare: Ewa Sandström Malinowski/ Sölve Johansson

Kandidatuppsats, 15 hp
Bebyggelseantikvariskt program
Lå 2008/09

Program in Integrated Conservation of Built Environments
Graduating thesis, BA/Sc, 2009

By: Suzanna Hultqvist
Mentor: Ewa Sandström Malinowski/ Sölve Johansson

The use of natural cement for restoration

ABSTRACT

This essay has as its purpose to analyse natural cement and the use of this material for restorations. The essay is based on literature studies as well as a number of interviews and may work as a basis for discussion for possible future restorations with natural cement in Sweden.

Natural cement, also called roman cement, came to be of great importance as a building material in the 19th century Europe, and it was then used both for constructions on locations exposed to water and, to a great extent, for facing plaster and façade ornaments. In Sweden, the material did not become as widespread, but a minor importation from Great Britain resulted in a number of buildings made out of natural cement in Sweden, most of them located in the Western part of Sweden and Gothenburg. Natural cement stopped being used in the beginning of the 20th century and has until the 1990's been relatively forgotten. A number of finalized and ongoing European projects have had as their purpose to reintroduce this material on the market, for the restoring of buildings where it has originally been used. Natural cement has earlier been restored with replacement material, which has not been working optimally. Several pilot projects have now been realized in Europe and the newly produced material is available for sale. Natural cement is strongly hydraulic and is characterized by a very quick setting time, generally around three minutes or less. The material is relatively strong and resistant to weather conditions, pollutions and erosion. Its colour varies between different nuances of brown. Restoration with natural cement is in many ways different from restoration with air-lime, hydraulic lime or Portland cement. It is crucial that all the persons involved in the restoration are aware of these differences. The quick setting time is one of the aspects that to a great extent affect the handling of this material. The lack of knowledge and experience is in the present situation making restoration with natural cement a relatively expensive and problematic project. The material has, however, played an important role in the architectonic evolution in Europe, something that motivates its preservation. In Sweden, the existence of the material is, among other things, giving proof of the historical trade contacts between Gothenburg and Great Britain. It is desirable to spread awareness about the material and the number of natural cement buildings in Sweden. It would also be a good idea to take into consideration the existence of natural cement when making a care and maintenance plan for these buildings. By these measures it should be possible, with good planning, to make decisions about future restorations of natural cement buildings in Sweden.

Title in original language: Restaurering med naturlig cement
Language of text: Swedish
Number of pages: 72
Keywords: Natural cement, roman cement, restoration, mortar

Ett stort tack till Sölve Johansson för all hjälp och uppmuntran

Innehållsförteckning

1. Inledning

- 1.1 Bakgrund
- 1.2 Problemformulering
- 1.3 Frågeställningar
- 1.4 Syfte och målsättning
- 1.5 Avgränsning
- 1.6 Tidigare forskning
- 1.7 Källkritik
- 1.8 Metod och tillvägagångssätt
- 1.9 Teoretisk referensram
- 1.10 Terminologi

2. Avslutade och pågående forskningsprojekt

3. Historik

- 3.1 Naturlig cement i Europa
- 3.2 Naturlig cement i Sverige

4. Materialet

- 4.1 Definition av materialet
- 4.2 Naturlig cement och andra kalkbaserade bruk
- 4.3 Kemi
- 4.4 Egenskaper
- 4.5 Identifikation

5. Användning och restaurering med naturlig cement

- 5.1 Problem, skador
- 5.2 Hur har dessa byggnader tidigare restaurerats i Europa/ Sverige?
- 5.3 Det historiska materialet och dess användning
- 5.4 Modern forskning kring restaurering med naturlig cement
- 5.5 Naturlig cement och färg
- 5.6 Checklista vid restaurering med naturlig cement
- 5.7 Var får man tag på naturlig cement?
- 5.8 Restaureringar, olika pilotprojekt, vad har gjorts?

6. Diskussion

- 6.1 Antikvariska aspekter
- 6.2 Var befinner vi oss när det gäller restaurering med naturlig cement?
- 6.3 Kontroverser och frågor inför framtiden

7. Sammanfattning

8. Källförteckning

- 8.1 Otryckta källor
- 8.2 Tryckta källor

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Naturlig cement, ofta kallad "Romancement" började användas som byggnadsmaterial under 1800-talet, men har sedan början av 1900-talet i princip varit bortglömt. Materialet har hitills inte tillmätts någon större historisk betydelse jämfört med exempelvis portlandcementet. Sedan 2003 har materialet dock undersökts närmare i det EU-finansierade projektet ROCEM. Byggnader med naturlig cement har tidigare restaurerats med olika typer av ersättningsmaterial, men sedan ROCEM-projektet startade har flera restaureringar med ny tillverkat naturligt cement utförts runt om i Europa. Materialet, som i princip inte använts sedan början av 1900-talet, har åter börjat komma till användning som restaureringsmaterial. Under sommaren 2007 deltog jag i arbetet med restaureringen av Heymanska villan i centrala Göteborg. Heymanska villan uppfördes 1874 och hade fasadputs och fasadornament utförda i naturlig cement. Restaureringen, som delvis finansierades med medel från länsstyrelsen syftade till att restaurera fasaden med dess originalmaterial. Restaureringen var något av ett pilotprojekt för naturlig cement i Sverige och innebar vissa svårigheter. Under arbetet vid Heymanska villan vaknade mitt intresse för materialet och för den problematik som dess restaurering förde med sig. Med anledning av detta började jag fundera kring om restaureringar med naturlig cement kan komma att bli aktuella i Sverige i framtiden och hur man isåfall kan överbrygga svårigheterna och bristen på kunskap om materialet. Jag blev intresserad av hur de restaureringar som utförts nere i Europa hade gått till och kände att det kunde finnas ett behov av att samla kunskap kring ämnet och applicera på svenska förhållanden.

1.2 Problemformulering

Även om användningen av naturlig cement var betydligt vanligare i många andra Europeiska länder finns ändå ett visst antal kända byggnader i Sverige. De flesta av dessa är vad man skulle kunna kalla för "praktbyggnader", ofta med stor betydelse för stadsbilden, och flera av dem har någon form av kulturhistoriskt skydd. Det är dessutom högst troligt att fler hitills okända naturcementbyggnader existerar i Sverige. Dessa byggnader restaureras i nuläget med ersättningsmaterial som exempelvis portlandcement och hydrauliskt kalkbruk.

Kunskapsläget i Sverige vad det gäller naturlig cement kan sägas vara dåligt. Materialet är relativt okänt även bland folk i restaurerings- och byggbranschen, och murare och hantverkare

i Sverige har ingen erfarenhet av att jobba med materialet. Ett pilotprojekt med naturlig cement som genomfördes i Göteborg med början 2005 medförde vissa problem och visade sig bli kostsamt .

ROCEM-projektet har påvisat och betonat behovet av att restaurera byggnader i naturlig cement med dess ursprungsmaterial. I nuläget kan det dock framstå som ekonomiskt oförsvarbart i jämförelse med att använda ersättningsmaterial. Det kan anses finnas ett behov av kunskapsspridning kring naturlig cement och dess restaurering i Sverige.

1.3 Frågeställningar

Vad är naturlig cement/romacement, hur har det använts, hur kan det användas idag och vad har det för egenskaper?

Hur går en restaurering med naturlig cement till, vad bör man specifikt ta hänsyn till?

Var befinner vi oss idag när det gäller restaurering med naturlig cement? Är det möjligt att genomföra i Sverige?

1.4 Syfte och målsättning

Att på ett övergripande sätt sammanställa kunskapsläget vad det gäller materialet naturlig cement/romacement och restaurering med naturlig cement.

Att framställa en övergripande och lättförståelig ingång till restaurering med naturlig cement.

Att sprida kunskap om romacement/naturlig cement och restaurering med naturlig cement i Sverige.

Att skapa ett underlag för diskussion kring restaurering med naturlig cement i Sverige.

1.5 Avgränsning

I uppsatsen har jag försökt begränsa mig till det som kan vara relevant för mina frågeställningar. Jag har valt att ge de materialtekniska och kemiska aspekterna ett visst utrymme, eftersom jag tycker att de är viktiga för en verklig förståelse av materialet. Det har också varit ett sätt att själv kunna ta ställning till användningen av materialet på ett mer fördjupat sätt. Mycket av den litteratur jag har gått igenom och den forskning som har gjorts inom ROCEM-projektet har handlat om cementets mikrostruktur. Jag har dock försökt anpassa dessa bitar för att personer som inte har någon naturvetenskaplig utbildning ska kunna sätta sig in i ämnet, men inte gått in

mer än nödvändigt på dessa. Jag har heller inte gått in på de forskningsresultat som rör tillverkningen av naturlig cement, dvs olika bränntemperaturer, ugnar, tidsintervaller. Flera publikationer finns på dessa ämnen, men jag har inte ansett denna information nödvändig för uppsatsen förutom i en mycket förenklad omfattning.

1.6 Tidigare forskning

Den historiska litteraturen kring romancement och naturlig cement före 1900-talet är relativt omfattande och beskrivs mer ingående i kapitel 5.3. Från 1900-talets början, då cementet slutade användas som byggnadsmaterial, fram till 1990-talet har mycket lite skrivits kring ämnet. A.J Francis bidrog 1977 med en omfattande beskrivning av romancementets historik i *The Cement Industry 1796-1914: A History*. En av de första publikationer där själva materialet och dess praktiska användning undersökts närmare var *Roman Cement 1796-1996* som publicerades 1997 av Simon Swann och var resultatet av två försök att framställa nytt romancement genom provbränning av cementsten. Den största delen litteratur kring ämnet romancement/naturlig cement har dock publicerats av deltagare inom ROCEM-projektet mellan 2005-2008. Denna litteratur omfattar tillverkning, historik, mikrostruktur och användning av materialet och redogörs för mer omfattande i kapitel 2. Behovet av vidare forskning för att kunna säkerställa den praktiska användningen av materialet uppmärksammas dock i dessa publikationer. Renata Tislova publicerade 2008 en doktorsavhandling kring hydratisering av naturlig cement, *Hydration of natural cement*, som bidrar till mycket viktig kunskap för att kunna garantera materialet vid framtida restaureringar. I Sverige har det än så länge inte skrivits speciellt mycket om ämnet. Ewa Malinowski har omskrivit materialet och dess historia kortfattat i sin avhandling *Puts på gamla hus* och även identifierat ett flertal svenska byggnader där materialet ingår. Den mest omfattande beskrivningen av ämnet finns i kapitlet *Naturlig cement* i Sölve Johanssons doktorsavhandling *Hydrauliskt kalkbruk – Produktion och användning i Sverige vid byggande från medeltid till nutid*, utgiven 2006. Detta kapitel beskriver ingående materialets historik i Sverige, i nuläget kända naturcementbyggnader i Sverige, samt redogör för ett antal analyserade bruksprover från en del av dessa byggnader. I nuläget finns inget skrivet på svenska kring restaurering med naturlig cement. Denna uppsats är ett första steg för att fylla denna lucka.

1.7 Källkritik

På grund av uppsatsens storlek har jag vid flera tillfällen inte kunnat gå till förstahandskällan utan fått använda mig av uppgifter i andra hand. Svårigheten med att få tag på förstahandskällor

orsakas givetvis också av det faktum att den mesta av den aktuella litteraturen är utgiven och enbart tillgänglig utomlands. En övervägande del av litteraturen kring naturlig cement är publicerad inom ROCEM-projektet. Då ett av ROCEM-projektets syften har varit att få ut materialet på marknaden för användning är det ibland svårt att avgöra hur neutrala dessa publikationer är. I vissa publikationer framstår restaurering med naturlig cement som väldigt enkelt och självklart och man misstänker att de till viss del utgör en slags ”promotion” för materialet. Då jag själv inte har någon högre utbildning inom kemi och fysik och min bakgrund och erfarenhet mest ligger på det teoretiska planet, kan det finnas en problematik i att skriva om ett ämne utifrån en så pass praktisk och naturvetenskaplig vinkel. Min naturvetenskapliga gymnasieutbildning har dock gett mig en viss förståelse.

1.8 Metod och tillvägagångssätt

Materialet till denna uppsats utgörs till största delen av litteraturstudier. Litteraturstudien utgör underlag för en faktasammanställning kring materialet naturlig cement. Inom ramen för denna sammanställning har jag tagit upp materialets historia, egenskaper, kemi, och tillvägagångssätt vid användning såväl historiskt som i nutid. Utifrån faktasammanställningen har jag försökt upprätta en checklista som ska kunna utgöra en snabb ingång till de viktigaste praktiska aspekterna att ta fasta på vid en restaurering med naturlig cement.

Med hjälp av ett antal intervjuer och besök vid olika restaureringar har jag dels utökat den tidigare nämnda faktasammanställningen, men även försökt skapa underlag för en diskussion kring nuläget och framtiden när det gäller restaurering med naturlig cement, dels i Europa men även i Sverige. Mina egna observationer under en 6 veckor lång arbetspraktik vid restaureringen av Heymanska villan i Göteborg ligger också till grund för denna diskussion.

Intervjuer har gjorts med;

Sölve Johansson, restaureringsarkitekt som driver företaget Sölve Johansson Byggkonsult AB och är författare bl.a till doktorsavhandlingen ”*Hydrauliskt kalkbruk: produktion och användning i Sverige vid byggande från medeltid till nutid*”.

Johannes Weber, deltagare i såväl ROCEM-projektet som ROCARE-projektet, professor vid Conservation Department, University of applied arts, Vienna och författare till flera inom ROCEM-projektet utgivna publikationer.

Marija Milcin, stenkonservator vid Conservation Department, University of applied arts, Vienna, författare till diplomarbetet ”*Bauschmuck aus Romanzement – Möglichkeiten der Restaurierung von Fassadenelementen am Beispiel des Mietshauses Esteplatz 7, 1030 Wien.*”

Christian Gürtner, stenkonservator som driver konservatorstudion Atelier Gürtner i Wien och har arbetat praktiskt med naturlig cement.

Roman Koslowzki, deltagare och koordinator i såväl ROCEM-projektet som ROCARE-projektet, kemist och doktor vid Polish Academy of Science, Krakow och författare till flera inom ROCEM-projektet utgivna publikationer.

Pavel Stastny, Technical advisor, Remmers, Prag, med stort erfarenhet av praktiskt arbete med naturlig cement.

Samtal som förts med **Torkil Elmqvist** restaureringsledare under restaureringen av Heymanska villan 2007 har också delvis använts som material till denna uppsats. Besök har gjorts vid den pågående restaureringen av en kyrka i Wien samt den avslutade restaureringen av Oscarshalls slott i Oslo under ledning av konservator **Margrethe Moe**. Provgjutning med naturlig cement har gjorts tillsammans med **Christian Gürtner** och **Marija Milcin** i konservatorstudion Atelier Gürtner i Wien. Jag har även haft en mindre omfattande mailkontakt med ett antal verksamma byggnadsantikvarier och representanter för länsstyrelsen i Sverige.

1. 9 Teoretisk referensram

Denna uppsats riktar sig till en bred grupp av människor, som i sin yrkesroll kan komma att behöva ta ställning till frågor rörande restaurering av byggnader där naturlig cement ingår som byggnadsmaterial. Det kan handla om arkitekter, bebyggelseantikvarier, representanter för olika myndigheter, fastighetsägare, hantverkare, med flera. Det är min bestämda åsikt att en djupare materialteknisk och praktisk insikt är nödvändig för att kunna ta ett teoretiskt beslut kring bevarandet av en byggnad. Jag har därför lagt uppsatsen på en nivå som är betydligt mer praktisk och teknisk än vad min till största delen teoretiska bebyggelseantikvarieutbildning skulle påbjuda. Detta är också en form av ståndpunkt, då jag många gånger själv upplevt att min praktiska och materialmässiga kunskapsnivå är för låg för att kunna göra vissa teoretiska ställningstaganden. Denna misstanke har bekräftats av de erfarenheter jag fått genom uppsatsen. Vissa delar av uppsatsen kan för vissa tyckas som alltför ingående tekniska och kemiska. Det är inte nödvändigt att läsa och förstå alla dessa delar, men jag har valt att ha med dem för att bilden av materialet ska bli mer komplett för den som känner ett behov att förstå även dessa bitar. Jag har inte menat att skriva en komplett guide till hur man bör utföra en restaurering med naturlig cement. Om en sådan restaurering ska utföras bör en genomgång av förstahandskällorna till denna uppsats göras. Däremot ska denna uppsats kunna vara ett bra redskap för att få en ingående och god orientering kring alla de aspekter som kan bli aktuella vid en sådan restaurering.

Den huvudsakliga teoretiska frågeställning som blir aktuell för uppsatsämnet är hur stor vikt som bör läggas vid att originalmaterial och ursprunglig teknik bevaras vid restaureringen av en byggnad. Allt det arbete som har lagts ned på att utveckla naturligt cement som produkt för restaurering bygger på det teoretiska antagandet att ursprungligt material och teknik är av stor kulturhistorisk betydelse. Antagandet innefattar att originalmaterialet inte bara bör bevaras där det är möjligt, utan att skadat material också bör ersättas med ett material och en hantverksteknik som är så identisk som möjligt med det ursprungliga utförandet.

Användandet av olämpliga ersättningsmaterial vid restaurering, såsom exempelvis portlandcement på naturcementbyggnader har visat sig leda till skador på byggnaden, vilket motiverar användning av andra metoder. Andra ersättningsmaterial, som tex hydrauliskt kalkbruk har dock inte bevisat sig vara direkt destruktiva för byggnaden och originalmaterialet. Flera av de publikationer som har gjorts kring användandet av naturlig cement för restaurering antyder visserligen att användandet av ett identiskt och fullkomligt kompatibelt material skulle leda till betydligt mer hållbara reparationer. Tillräckligt långt tid har dock inte förflutit sen de första restaureringarna för att man ska kunna dra några verkliga praktiska slutsatser kring dessa antaganden.

Att istället för icke destruktiva ersättningsmaterial som tex hydrauliskt kalkbruk ändå hävda betydelsen av att använda ett naturligt cement för restaurering är att gå ytterligare ett steg längre i sin teoretiska ståndpunkt. För att motivera detta, även i fall där det inte är ekonomiskt försvarbart kräver en tro på att det kulturhistoriska värdet hos byggnaden till en mycket hög grad ligger i det material och den teknik som har använts. Denna ståndpunkt kan inte enbart grunda sig i att originalmaterialet kan anses ha ett såkallat teknikhistoriskt värde, där originalmaterialet ses som en historisk källa, eftersom det då borde räcka med att delar av originalmaterialet bevarades. Själva bevarandet av kunskapen kring materialet och dess användning måste här istället betraktas som en stor del av det kulturhistoriska värdet.

Den tradition som utarbetats inom kulturvården genom de existerande internationella principdokumenten såsom *The Venice Charter* från 1964, *European charter of the architectural heritage* från 1975, *The declaration of Amsterdam* från 1975 och *Convention for the protection of the architectural heritage of Europe* från 1985 uppmuntrar till utveckling och bevarande av traditionella material och hantverkstekniker.

”Steps should be taken to ensure that traditional building materials remain available and that traditional crafts and techniques continue to be used”

The declaration of Amsterdam 1975

“Each Party undertakes to adopt integrated conservation policies which.../5. foster, as being essential to the future of the architectural heritage, the application and development of traditional skills and materials”

Convention for the protection of the architectural heritage of Europe 1985

I slutänden och den praktiska verkligheten är graden av hänsyn till dessa principer ofta beroende på en ekonomisk avvägning mellan det allra mest ”ideala” alternativet och ett acceptabelt ersättningsalternativ. Denna uppsats har som mål att skapa ett underlag för en sådan diskussion, men min personliga ståndpunkt är trots allt att det finns ett mycket stort kulturhistoriskt värde i att restaurera byggnader i naturlig cement med naturlig cement istället för ersättningsmaterial och därmed bevara såväl användningen av materialet som hantverkskunskapen.

1.10 Terminologi

I uppsatsen används termen ”romancement” för materialet, såväl som termen ”naturlig cement”. Termen romancement används i allmänhet inom ROCEM-projektet och i flertalet publikationer. Namnet kommer ursprungligen från Parkers patent på en cementprodukt från 1796, *Parkers roman cement*, och betecknar egentligen just den typ av engelsk naturlig cement som patenterades av Parker och tillverkades i England av cementstenar funna vid kusten med början 1796. Termen har dock kommit att användas allmänt som benämning för en rad typer av europeisk naturlig cement.

“Roman cement is the frequently used generic term to cover a range of natural cements/...”¹

Renata Tislova skriver i sin doktorsavhandling att termen romancement främst bör användas för den typ av europeisk naturlig cement som har en mycket snabb bränntid, och som beskrivs i den Österrikiska standarden för romancement från 1878². En mer neutral och bred term för det material som omfattas av denna uppsats skulle egentligen vara ”europeisk naturlig cement”. I denna uppsats kommer jag därför att använda termen ”romancement” i de historiska sammanhang där den ursprungligen är nämnd vid detta namn. I övriga allmänna sammanhang kommer jag att använda termen ”naturlig cement”. Min förhoppning är att detta inte ska skapa alltför stor förvirring. De två begreppen används ofta sida vid sida i litteratur, av forskare, konservatorer och andra som arbetar med materialet, och det är därför även lämpligt att göra det här. Inom ROCARE-projektet kommer man inom en snar framtid att diskutera en allmänt

¹ Hughes, D...(2007A) s.25

² Tarnawski, A (1887)

vedertagen terminologi för europeisk naturlig cement/romancement.³



Detalj från Heymanska villan i Göteborg. Uppförd i naturlig cement 1874. Restaurerad 2005-2009

³ ROCARE - 'Roman cements for architectural restoration to new high standards', End-User Advisory Panel, 1st Meeting, 16-17 September 2009.

2. Avslutade och pågående projekt

Till följd av ett ökat behov av kunskap inleddes i mars 2003 ett internationellt forskningsprojekt kallat ROCEM – *Roman cement to restore built heritage effectively*. Forskningsprojektet som pågick fram till 2006, finansierades av Europeiska unionen som en del av flera forskningprojekt på temat *Environment and sustainable development*. Målet med forskningsprojektet var att sprida kunskap kring materialet romancement/naturlig cement och att i förlängningen kunna få ut materialet på marknaden för användning till restaurering. Deltagande i projektet har varit ett flertal forskare, konservatorer och andra personer involverade i restaurering av historiska byggnader från flera olika europeiska länder. Inom projektet har den historiska användningen av romancement i Europa utretts och prover från ett flertal byggnader har undersökts för att fastställa vilka egenskaper och sammansättningar det historiska materialet har haft. Även själva råmaterialets, dvs de obrända ”cementstenarnas” egenskaper har studerats noggrant och provbränningar har utförts för att undersöka vilka förhållanden som behövs för att skapa cement med egenskaper som matchar de historiska materialen. Resultatet av dessa undersökningar har lett till en småskalig nytillverkning av naturlig cement. Detta material har i ett antal pilotprojekt använts för att restaurera naturcementbyggnader. Resultaten från ROCEM-projektet har presenterats i ett antal utgivna broschyrer och även presenterats genom workshops i flera olika länder.

Som en fortsättning på ROCEM-projektet startades under 2009 ett nytt EU-finansierat forskningsprojekt upp vid namn ROCARE - Roman Cements for Architectural Restoration to New High Standards. Projektet, som ska pågå i tre år, kommer att fokusera på att etablera materialet romancement som restaureringsmaterial på den europeiska marknaden. Projektets syfte är att den kunskap som erhöles i ROCEM-projektet ska överföras till en mer storskalig nivå där tillverkning och användning av naturlig cement som restaureringsmaterial ska ske på ett kommersiellt plan. Ytterligare forskning och tester kommer att utföras för att fastställa materialets egenskaper och hantering, dels på en materialmässig nivå, men även restaureringstekniskt. Kunskapsspridning och information kommer också att vara en stor del av projektet, och målet är att etablera restaurering med romancement/naturlig cement som ett vedertaget begrepp. Deltagarna i projektet vill även öppna upp ett intresse för materialet hos olika kulturarvsmyndigheter i Europa med en förhoppning om att kunna lista dessa byggnader och ge dem särskilda skyddsföreskrifter.⁴

⁴ The European Commission 7th Framework Programme Newsletter issue n°16-August 09

Förutom de redan nämnda EU-finansierade projekten har även ett pilotprojekt genomförts i Norge. Målet med projektet, som avslutades 2009, har varit att identifiera behovet av vidare forskning och metodikutveckling när det gäller restaurering av byggnader uppförda med tidiga former av cement i Norge. Projektet bygger delvis på restaureringen av Oscarshalls slott i Oslo, en byggnad uppförd med flera former av historisk cement, däribland naturlig cement. Projektet har finansierats av bland annat Riksantikvaren i Norge, Statsbygg och Det Norska kungliga hovet.⁵ Utvärdering av projektet och diskussion kring vidare projekt har skett under slutet av 2009⁶



Rusticering i naturlig cement. Före och efter borttagning av färg.⁷

⁵ www.romanportland.net 2009-10-21

⁶ Muntligt Margrete Moe, 2009-11-02

⁷ www.heritagescience.pl 2010-05-26

3. Historik

3.1 Romancement i Europa och världen

Det första kända omnämmandet av naturlig cement bränd av lerhaltig kalksten kommer från Palladio år 1570. Fynd av ännu äldre bruk av denna typ har dock gjorts.⁸ Det som senare skulle komma att kallas romancement utvecklades först som produkt under Storbritanniens tidiga industriella utveckling i slutet av 1700-talet. De allt mer avancerade byggnadsprojekten under denna tidsperiod ledde till ett behov av ett mer motståndskraftigt bruk än de som tidigare hade använts. Nya typer av byggnader och anläggningar såsom fyrrar, broar och kanaler krävde också ett bruk som fungerade för byggprojekt i vatten.⁹ Experiment gjordes bland annat med olika typer av kalkbruk innehållande pozzolana eller trass, vilket gjorde bruket hydrauliskt. John Smeaton publicerade 1791 upptäckten att kalkbruk tillverkat av kalk som innehöll lera lämpade sig för användning under vatten.¹⁰ 1796 tog James Parker patent på en produkt som han till en början kallade för "Parker's cement", och senare för "Roman cement". Namnet Roman cement valdes för att dess rödbrunaktiga färg påminde om det cement som användes under romartiden¹¹. Säkert var namnet också en bra form av marknadsföring¹². Förutom att det nya cementet var hydrauliskt så var det dock inte alls identiskt med det cement som användes av romarna¹³. Cementet beskrevs samma år i en broschyr utgiven av Parker. Produkten är här omtalad som lämplig att användas i alla sammanhang där högre beständighetskrav ställs på bruket pga direkt kontakt med vatten eller där det är stor risk för fuktighet exempelvis på balkonger eller byggnader med flacka eller platta takpartier. Här nämns cementet också under begreppet "artificiell trass" som hade "*all the properties of the natural terras but with the advantage of requiring not half the labour in beating-up*". Parkers romancement tillverkades av cementmärgel, på engelska kallade *septaria*, klimpar som kunde hittas längs med den engelska kusten i Sheppey och som bestod av kalksten med en mycket hög lerhalt. Septarierna brändes vid en temperatur runt 1000 °C, under 30-72 timmar inklusive nedkylning¹⁴. Viktigt var att temperaturen inte blev så hög att sintring av skedde. Det fanns också exempel på att man bröt cementsten ur marken.¹⁵

⁸ Mertens, G & Elsen, J (uå) s.1

⁹ Francis, AJ (1977) s. 26

¹⁰ Francis, AJ (1977) s.20

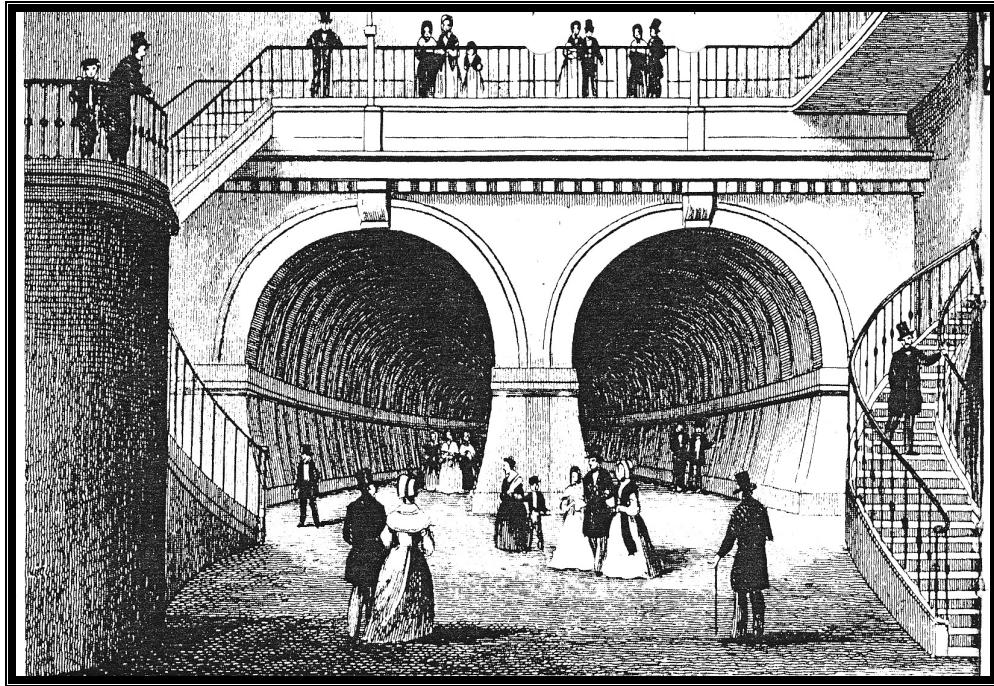
¹¹ Hellström, B...(1945) s. 11

¹² Hughes, D.C... (2008) s. 1446

¹³ <http://www.heritagescience.pl/> 2010-02-17

¹⁴ Hughes, D.C... (2007C) s. 2

¹⁵ Francis, AJ (1977) s.66, 70



The Thames Tunnel, London, konstruerad bland annat med romancement, stod färdig 1843¹⁶

Det skulle dröja ytterligare en tid innan romancementet spred sig på marknaden. Parkers patent gick ut 1810 och en stor mängd olika cementföretag startade upp tillverkning av det nya cementet. Råvaran togs inte längre enbart från Sheppey, utan från ett flertal ställen längs den brittiska kusten, däribland Harwich och Whitby¹⁷. Från 1812 till 1822 hade antalet tillverkare av romancement i England ökat från 3 till 12.¹⁸ Romancementets styrka och beständighet väckte beundran hos tidens ingenjörer och byggherrar och materialet började snart användas till ett antal banbrytande projekt. Romancement användes bland annat vid konstruktionen av The Thames tunnel i London som stod färdig 1843.¹⁹ The Thames tunnel blev världens första undervattentunnel och har varit i bruk fram till våra dagar.²⁰ Fyrar, broar och hamnbyggen var andra användningsområden där cementets snabba härdningstid kom till stor nytta. En pir kunde muras med cementet vid lågvatten och när tidvattnet återvände hade cementet redan härdat²¹. Materialet fick också en stor användning i mer vardagliga byggsammanhang där fuktbeständighet krävdes, till exempel putsning och murning av källarväggar och valv, husgrunder, vattenrör och cisterner²². Romancement kunde även användas för murning av tegelkärnan i utskjutande byggnadsdelar, exempelvis hörn och andra utkragningar där ett annat

¹⁶ Trustees of the British museum I: Francis, AJ (1977) s.35

¹⁷ Swann, S & Hughes, D.C (uå) s. 6

¹⁸ Francis, AJ (1977) s. 64

¹⁹ Francis, A.J (1977) s.46

²⁰ <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/589923/Thames-Tunnel>, 2009-07-18

²¹ Francis, A.J (1977) s. 31

²² Swann, S & Hughes, D.C (uå). s.2

bruk skulle vara för svagt för att hålla uppe konstruktionen. I vissa fall kunde hela tegelkonstruktioner vara murade med romancement.²³ En intressant kuriositet kring dåtidens användning av romancement är ett av de sätt på vilket dess styrka testades. Tegelstenar murades med romancement rakt ut från en vägg, en och en, så att de bildade en vågrät ”stolpe”. Ett riktigt bra romancement klarade att hålla uppe 29 tegelstenar på detta sätt, och ett romancement av normalkvalitet 18 tegelstenar.²⁴

Många faktorer spelade in och bidrog till att sprida användningen av romancement. Användningen av ornamenterade fasadelement ökade i hög takt under 1800-talet. I London exempelvis, förbjöds träfasader på byggnader 1774 vilket bidrog till en hastigare utveckling av andra fasadmaterial²⁵. Liknande åtgärder vidtogs på många håll i Europa för att förhindra spridning av bränder. Byggnadsbeståndet ökade också kraftigt under denna period och byggnader som tidigare hade uppförts i sten byggdes nu i tegel för att hålla nere material och arbetskostnader. Stora ansträngningar lades ned på att finna ett billigare alternativ till sten för att tillverka stucco och ornament till byggnadernas exteriörer. Materialet skulle också kunna stå emot fukt- och väderförhållandena på en fasad. Man experimenterade bland annat med olika typer av så kallade oljecement, men ingen av dessa produkter blev dock särskilt framgångsrika.²⁶ Det nya materialet romancement visade sig däremot äga alla de önskade egenskaperna. Det var mycket motståndskraftigt mot fukt, väderförhållanden och annan mekanisk slitning. Dess extremt snabba härdningstid på under 15 minuter och dess ringa krympningsbenägenhet möjliggjorde en mycket effektiv gjutning.²⁷ Samma gjutningsform kunde användas om och om igen med mycket korta intervaller och på detta sätt kunde en ornamenterad fasad snabbt och effektivt konstrueras. En stor variation i egenskaper och härdningstid gjorde att cementet var anpassningsbart till många olika situationer.²⁸

Det dröjde fram till 1800-talets mitt innan romancementet på allvar började slå igenom i resten av Europa. Frankrike var något tidigare med att anamma materialet, som sedan spred sig i stor skala till Tyskland och större delen av länderna i det dåvarande Österrikisk-ungerska riket²⁹. Till en början importerades cementet från England, men inhemsk tillverkning påbörjades sedan i bland annat Tyskland, Italien, Frankrike, Spanien och Österrike-Ungern. Romancementet i centraleuropa tillverkades av naturliga skäl inte av material från kusten utan bröts ur marken.³⁰

²³ Hughes, D.C... (2007B) s.49

²⁴ Francis, A.J (1977) s. 50

²⁵ Swann, S (1997) s.39

²⁶ Adamski, G... (2005) s.20

²⁷ Adamski, G... (2005) s. 20

²⁸ <http://www.heritage-science.pl> 2010-02-17

²⁹ Muntligt Johannes Weber. 2009-08-26

³⁰ Weber, J... (2007B) s.2, Tislova, R (2008) s.10

En mindre import av romancement skedde från England till de skandinaviska länderna³¹. Användningen av naturlig cement var också spridd på många håll i USA, där namnet romancement dock inte fick någon användning³². Det är värt att notera att det naturliga cement som användes i USA skiljde sig en hel del från det som allmänt använts i Europa. Det hade exempelvis en längre härdningstid och användes i stor omfattning som murbruk i tegelkonstruktioner och även till betong³³.

Romancement blev ett av de mest rekommenderade materialen för stuckatörer i centraleuropa under denna tid³⁴. Hela Europa genomgick en stor byggvåg, en arkitektonisk stil med extremt rik fasadornamentering slog igenom och skulle vara i princip seklet ut. En sådan arkitekturstil krävde ett material som det nya cementet. Man kan givetvis också ställa sig frågan om denna stil överhuvudtaget hade kunnat slå igenom så kraftigt utan tillgången på lämpliga material. På så sätt blir den nya användningen av romancement också en bland många faktorer som bidrog till att skapa den arkitektoniska stil som idag fortfarande dominerar stora delar av många Europeiska städer. Materialet användes inte bara till gjutna ornament utan också till rusticeringar och andra in-situtillverkade fasaddekorationer.³⁵ Redan i samtida källor var man dock medveten om att romancementet pga sin hårdhet inte alltid var lämpligt i situationer där det krävdes flexibilitet³⁶, exempelvis som murbruk eller till större putsytor på byggnader som tenderade att ”röra på sig”. 1827 användes romancement till en betongkonstruktion i London, men gjutningen fortskred mycket långsamt pga den snabba härdningstiden, som endast tillät att mindre partier i taget färdigställdes³⁷. Man provade också att gjuta mindre byggnader i materialet, men materialet ansågs inte vara tillräckligt starkt³⁸.

Romancement användes under 1800-talet många gånger som restaureringsmaterial på äldre (exempelvis medeltida) murverk, vilket olyckligtvis lett till skador på dessa pga cementets större hårdhet i förhållande till de äldre kalkbruken³⁹.

Romancementet kom att bli föregångare till ett annat material som skulle få en enorm betydelse för bebyggelsens utveckling under 1800-talet, hela 1900-talet och fortfarande i våra dagar, nämligen portlandcementet. Romancement tillverkades ju från naturliga förekomster av lerhaltig kalksten och tillgången var därmed begränsad. Oron för att råmaterialet skulle ta slut ledde

³¹ Weber, J... (2007B) s. 2

³² Tislova, R (2008) s. 10

³³ Tislova, R (2008) s. 25

³⁴ Adamski, G... (2005) s.1

³⁵ Weber, J... (2007B)s. 2

³⁶ Swann, S & Hughes, D.C (uå) s.9

³⁷ Francis, AJ (1977) s. 56

³⁸ Francis, AJ (1977) s.56

³⁹ Ashurt, J (1983) s.13

tidigt till olika försök att tillverka cement på konstgjord väg och en mängd mer eller mindre framgångsrika recept patenterades⁴⁰. De tidigaste sorterna liknade till sammansättning och egenskaper på många sätt romancement, men var i allmänhet svagare än dessa varför de inte fick någon större framgång. 1824 tog Joseph Aspdin från Storbritannien patent på en produkt som han kallade för Portlandcement och som började användas parallellt med romancement.⁴¹ Produkten blev en föregångare till dagens moderna cementtyper som fortfarande idag kallas portlandcement⁴². När det gäller dess egenskaper och kemiska sammansättning var dessa tidiga portlandcement dock mer lika romancement än det moderna portlandcement som idag finns på marknaden⁴³. Trots upptäckten av portlandcementet hade romancement slagit igenom stort i centraleuropa och dominerade länge cementmarknaden. I Österrike-ungern producerades fortfarande 1887 fem gånger så mycket romancement som portlandcement⁴⁴. Tilläggs bör att de olika cementsorterna samt kalkbruk inte alltid användes i renodlad form. Det finns väldigt många exempel finns på att man under hela 1800-talet har använt olika blandningar av både kalkbruk, romancement och olika former av konstgjord cement.⁴⁵ Många gånger har detta skett i försök att uppnå önskade egenskaper hos bruket.⁴⁶

Användningen av romancement nådde sin höjdpunkt i Europa de sista decennierna av 1800-talet. Materialet minskade sedan succesivt från slutet av 1800-talet och var i princip försvunnet kring 1920.⁴⁷ Tillgången på råmaterial var givetvis en stor anledning till att romancementet slutade användas. Jämfört med det nya portlandcementet var det heller inte speciellt väl lämpat för gjutning av betong. 1844 förbättrades portlandcementet ytterligare av en engelsman vid namn I.C. Johnson, som brände råvarorna kalk och lera vid ännu högre temperaturer än tidigare så att sintring uppnåddes. Detta ledde till en betydligt högre hållfasthet än tidigare. En ny cementtyp, obegränsad i sin tillgång och med en hållfasthet lämpad för betong var född, och började konkurrera ut romancementet⁴⁸.

Vid 1800-talets slut hade arkitekturstilen dessutom börjat förändras, fasaderna blev mer och mer enkelt utformade med släta ytor istället för ornamenteringar. Romancementet stora styrka, dess lämplighet för gjutning av ornament och stucco var inte längre aktuell och detta bidrog till att materialet föll i glömska⁴⁹. I de centraleuropeiska länder där jugendstilen blev populär

⁴⁰ Swann, S & Hughes, D.C (uå) s.4

⁴¹ Francis, AJ (1977) s. 76-78

⁴² Francis, AJ (1977) s. 76

⁴³ Johansson, B.J.O (2000) s. 16, Weber, J... (2007A) sidnumrering saknas.

⁴⁴ Adamski, G... (2005) s.2

⁴⁵ Francis, AJ (1977)

⁴⁶ Swann, S & Hughes, D.C (uå)

⁴⁷ Weber, J... (2007B) s. 2

⁴⁸ Hellström, B...(1945) s. 12

⁴⁹ Weber, J... (2007B) s.3

användes cementet aktivt under en längre period eftersom dess fördelar fortfarande kunde nyttjas till de ornament som förekom i denna stil. 1918 rekommenderades romancement för att skydda portlandcement från vatten under härdningstiden då betong gjöts vid tidvatten.⁵⁰ Det naturliga cementet *Prompt* eller *Rapide* fortsatte att tillverkas av det franska företaget Vicat under hela 1900-talet. Prompt har under större delen av 1900-talet rekommenderats främst för att snabbt täta läckor i rörsystem, men har nu börjat marknadsföras även som restaureringsmaterial.⁵¹ I samband med att Portlandcementen tog över marknaden försvann också hantverkarskunnandet kring romancement⁵², och materialet har i princip varit bortglömt fram till 1990-talet.

I och med starten av ROCEM-projektet har materialet börjat användas i ett antal pilotprojekt, och förhoppningen är att det åter ska komma i bruk som material för restaurering av de många byggnader i Europa som är uppförda med detta material.

3.2 Romancement i Sverige

Naturlig cement och romancement finns beskrivet i flera svenska bygghandböcker från 1800-talet. Beskrivningarna är dock inte alls lika omfattande som beskrivningarna av portlandcement. Ett av det tidigaste kända exemplen på en svensk byggnad där romancement använts är Börshuset i Göteborg från 1844-49⁵³. Det senaste kända exemplet är Nolhaga slott i Alingsås från 1879-80. Källor visar att romancement mestadels har importerats till Sverige från England. Ett exempel finns dock där så kallad Bornholmscement använts, nämligen Essenska villan i Helsingborg. Bornholmscement är en naturlig cement som är bruten och tillverkad på Bornholm. Någon inhemsk tillverkning har i princip aldrig funnits⁵⁴. Dock finns i Sverige en mindre förekomst av material som skulle kunna anses motsvara det engelska råmaterialet till romancement, nämligen orsten från Motalaområdet⁵⁵. Till skillnad från England och andra Europeiska länder fick naturlig cement i Sverige främst en roll som fasadputs och för gjutning av ornament⁵⁶. I Sverige hade skifferkalkbruk använts med framgång ända sedan 1700-talet i konstruktioner under och i närheten av vatten och det fanns därmed inte något behov av att använda cementet till sådana ändamål⁵⁷. Det är tydligt att byggnader med naturlig cement främst är lokaliserade till västsverige och Göteborg i synnerhet. Detta beror troligtvis på de goda

⁵⁰ Swann, S (1997) s. 41

⁵¹ www.vicat.se 2010-02-03

⁵² Adamski, G... (2005) s.2

⁵³ Johansson, S (2006) s.107

⁵⁴ Johansson, S (2006) s.69

⁵⁵ Johansson, S (2004) s. 100

⁵⁶ Johansson, S (2006) s 69

⁵⁷ Johansson, B.J.O (2000) s.15

handelskontakter som fanns mellan Göteborg och England under denna tidsperiod. Västkustens klimat, med en stor mängd nederbörd, vind och salt från havet skapade också ett större behov av vädertåliga byggnadsmaterial. Exempel på naturcementbyggnader i andra svenska städer är rådhuset i Karlstad, Nohaga slott i Alingsås och Essenska villan i Helsingborg⁵⁸. I Stockholm och i östra Sverige finns inga kända byggnader där naturlig cement använts.⁵⁹ Svenska naturcementbyggnader är huvudsakligen från 1800-talets senare hälft och efter 1880 verkar användandet ha klingat av.⁶⁰ Användningen av naturlig cement har i Sverige begränsats till mer påkostade och exklusiva byggnader. Materialet, som enbart importerades från England var med all sannolikhet mycket dyrbart i Sverige och man kan tänka sig att det innebar en viss status att kunna använda detta importerade och kostsamma material⁶¹.

Det finns flera anledningar till varför naturlig cement inte etablerades på samma sätt i Sverige som i större delen av Europa. Som redan nämnts fanns det i Sverige redan ett fuktbeständigt bruk för användning vid vattenbyggen, nämligen skifferkalkbruket. Cementet hade sålunda ingen unik roll i dessa sammanhang, något som hade grundlagt dess spridning i andra länder. I Sverige fanns heller ingen egen tillverkning av naturlig cement vilket gjorde det betydligt dyrare än inhemsk portlandscement. Naturlig cement förblev i Sverige en exklusiv produkt och fick en kortare period av användning här än i de flesta andra Europeiska länderna. Det finns exempel även i Sverige på att romancement har blandats med kalk, hydraulisk kalk och portlandscement till olika bruk, vilket har observerats vid bruksundersökningar av Kvarteret Almen i Göteborg⁶².

En komplett lista över kända byggnader där romancement har använts finns i bilaga 2. Det är mycket troligt att fler naturcementbyggnader finns i Sverige, i synnerhet i Göteborg och troligtvis till största delen där materialet har använts till gjutna ornament⁶³. Flera byggnader inom vallgraven i Göteborg ska enligt historiska källor ha uppförts med romancement⁶⁴. Ytterligare undersökningar skulle behöva göras kring detta. För mer läsning om naturlig cement i Sverige rekommenderas Sölve Johanssons *Hydrauliskt kalkbruk; Produktion och användning i Sverige vid byggande från medeltid till nutid*, kapitel 4, på vilket största delen av detta avsnitt är baserat.

⁵⁸ Johansson, S (2006) s. 84

⁵⁹ Muntligt Sölve Johansson 2009-12-10

⁶⁰ Johansson, S (2006) s.109

⁶¹ Malinowski, E. (1992) s. 53

⁶² Johansson, S (2006) s. 96

⁶³ Muntligt Sölve Johansson 2009-12-10

⁶⁴ Malinowski, E. (1992) s.52

4. Materialet

4.1 Definition av materialet

Naturlig cement tillverkas från naturliga förekomster av lerhaltig kalksten, eller ”cementsten”, som den i vissa fall kallas. Materialet förekommer dels i form av märgel, septaria, klimpar som finns längs kusten exempelvis i England samt på havsbotten, dels i stratifierad form som brytes ur marken. Materialet bildades, beroende på lokal, under Jura, Krita eller Eocen⁶⁵. Förhållandet kalk-lera i råmaterialet är mellan 60-75% kalk och 25-40% lera⁶⁶. Mängden lera och kalk samt andra beståndsdelar i råmaterialet varierar dock beroende på härkomst. Råmaterialet brännes vid en temperatur mellan 800-1200°C under 8 till 20 timmar⁶⁷. För att slutprodukten ska vara av det slag som användes på 1800-talet under namnet romacement är det av stor vikt att temperaturen inte blir så hög att sintring sker⁶⁸. Den brända cementstenen mals sedan till ett fint pulver och behöver inte släckas. När cementpulvret blandas med vatten sker en reaktion, och cementet stelnar, härdar, mycket snabbt.

4.2 Naturlig cement och andra kalkbaserade bruk

Naturlig cement är ett *hydrauliskt* bindemedel, vilket definieras genom att det hårdnar genom *hydratisering* och därmed även under vatten. Det naturliga cementets relation till andra kalkbaserade bruk utreds här genom en förenklad jämförelse mellan de fyra vanligaste kalkbaserade bruken.

Luftkalk

Råmaterialet naturligt förekommande

Lerhalt: 0-10%

Kalkhalt: 90-100%

Hydrauliska komponenter: Inga eller obetydliga

Brännes vanligtvis mellan 850-950°C (Ingen sintring sker)

Torrsläckes eller våtsläckes till pulver eller pasta

Hårdnar genom karbonatisering.

Hårdnar ej under vatten.

Hydraulisk kalk

Råmaterialet naturligt förekommande

Lerhalt: 10-25%

Kalkhalt: 75-90%

⁶⁵ Weber, J... (2007B) s.2

⁶⁶ Varas, M.J...(2005) Sidnumrering saknas

⁶⁷ Varas, M.J...(2005) Sidnumrering saknas

⁶⁸ Weber, J...(2007A) Sidnumrering saknas

Hydrauliska komponenter: Kalciumsilikater, kalciumaluminater och -ferriter
Brännes mellan 800-1200°C (Ingen sintring sker)
Torrläcket till pulver
Hårdnar genom hydratisering samt ytterligare genom karbonatisering.
Hårdnar delvis under vatten

Naturlig cement, Romancement

Råmaterialen naturligt förekommande
Lerhalt: 25-40%
Kalkhalt: 60-75%
Hydrauliska komponenter: Kalciumsilikater, kalciumaluminater och -ferriter
Brännes mellan 800-1200°C (Ingen sintring sker)
Måles till pulver
Hårdnar genom hydratisering.
Kan hårdna under vatten.

Portlandcement

Råmaterialen blandas på konstgjord väg
Lerhalt (eller motsvarande mineraler): ca 25%
Kalkhalt: ca 75%
Hydrauliska komponenter: Kalciumsilikater, kalciumaluminater och -ferriter
Brännes över 1200-1450°C (Sintring sker)
Måles till pulver
Hårdnar genom hydratisering
Kan hårdna under vatten

4.3 Kemi

Den process som naturlig cement genomgår från obränt råmaterial fram till fullständigt hårdnat cement är kemiskt komplicerad. De kemiska substanser och processer som är av störst betydelse följer här i en förenklad version.

Råmaterialen till romancement består alltså av 60-75% kalciumkarbonat (CaCO_3) och 25-40% lera. Leran i sin tur innehåller flera olika mineraler, främst kiseldioxid (SiO_2), aluminiumoxid (Al_2O_3) och järnoxid (Fe_2O_3). Dessa mineraler kallas i sammanhanget för hydrauliska komponenter. När råmaterialen upphettas till ca 900°C avgår koldioxid från kalciumkarbonaten och bildar kalciumoxid (CaO). Det bildade kalciumoxidet reagerar sedan med de hydrauliska komponenterna och formar olika så kallade kalciumsilikatmineraler.⁶⁹ När det brända råmaterialen har malts och blandats med vatten sker en hydratisering. Vatten binds med kalciumsilikatmineralerna under värmeutveckling och en så kallad amorf gel bildas samt

⁶⁹ Ett exempel på ett sådant kalciumsilikatmineral som är vanligt förekommande i naturlig cement är belit, dvs dikalciumsilikat: $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ eller C_2S (Varas, M.J... (2005))

kalcium- och kisel-aluminiumhydrat bildas. Dessa hydrat binder sig till varandra genom att de och bildar ett "nät" av kristallstrukturer som bidrar till en hög styrka i materialet.⁷⁰

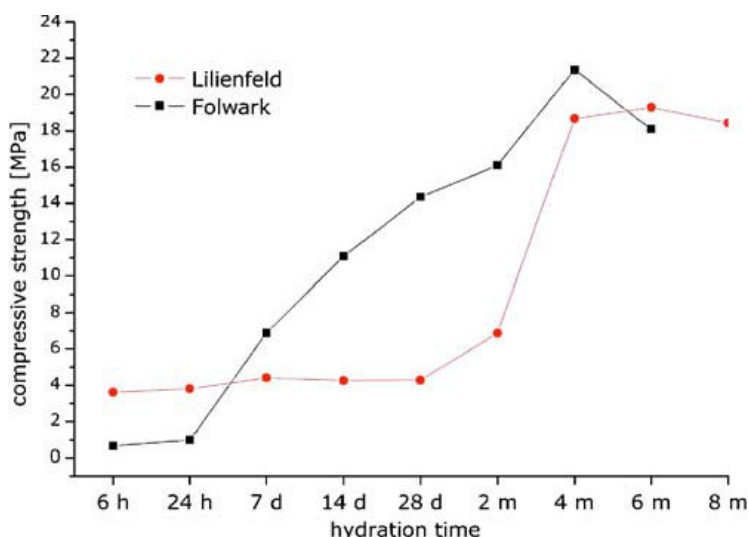


Diagram som visar styrkeutvecklingen över tid hos två olika sorter av naturlig cement. Vilofasen är för det ena cementet drygt 2 månader, och för det andra 24 timmar.⁷¹

Naturlig cement karakteriseras av att det mycket snabbt genomgår en första hydratisering. En stor del av de naturliga cementen går sedan in i en så kallad viloperiod av varierande tidslängd. Viloperioden kan, när det gäller naturlig cement vara upp till ett par månader. Först därefter påbörjas fortsatt hydratisering, som fortgår under en mycket lång tidsperiod.⁷² Olika ingående ämnen står för de olika faserna av hydratisering. Den tidiga hydratiseringen och alltså tidiga styrkeutvecklingen i materialet består främst av bildandet av kalcium-aluminiumhydrater, medan den senare hydratiseringen och därmed sena styrkeutveckling består i bildandet av kalcium-kiselhydrater.⁷³ Det vatten som tillsätts vid blandningen av cementet är dock inte alltid tillräckligt för fullständig hydratisering av materialet. Därför kvarstår i det till synes hydratiserade materialet en andel icke-hydratiserade partiklar som kan hydratisera vid ett senare tillfälle om tillräcklig tillgång på vatten uppstår. Det finns flera exempel på historiskt cement som har hydratiserat ytterligare vid tillgång på vatten över 100 år efter att det blandades till.⁷⁴

Historiskt naturligt cement innehåller en stor mängd större korn av sintrade partiklar, på engelska kallade *phenograins*, bestående av material som blivit över- eller underbränt i bränningsprocessen. Den låga bränningstemperaturen i ugnarna i kombination med att storlek

⁷⁰ Johansson, S (2004) s.17, samt Tislova, R (2008) allmänt

⁷¹ Vyskocilova, R...(uå) s. 7

⁷² Hughes, D.C...(2008) s. 8

⁷³ Tislova, R (2008) Hela kap 7

⁷⁴ Tislova, R (2008) Hela kap 7

och sammansättning hos stenarna varit ojämna har inte gett en konstant förbränning.⁷⁵ Dessa phenograins är till viss del reaktiva och kan hydratisera i efterhand. En viss del är icke-reaktiva.

Ytterligare ett urval av ämnen som kan förekomma i naturlig cement och ha inverkan på dess egenskaper är gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$), kalciumoxid (CaO), kalciumhydroxid ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) och kalciumkarbonat (CaCO_3)⁷⁶. Naturlig cement innehåller mycket lite eller inga sulfater⁷⁷. Ett högt innehåll av sulfater kan leda till att ämnet ettringite bildas, vilket kan ha en mycket nedbrytande verkan på cementet då det kristalliseras⁷⁸.

Sammansättningen hos naturlig cement skiljer sig mineralmässigt tydligt från portlandcement. Detta kommer inte att redogöras för i detalj i denna uppsats.

4.4 Egenskaper

Eftersom naturlig cement är en naturprodukt vars ursprung varierar stort, varierar också dess egenskaper beroende på vilken sammansättning råmaterialet har. Egenskaperna kan t.o.m. variera något för naturlig cement som kommer från samma källa, eftersom den mineralogiska sammansättningen inte heller där är konstant⁷⁹. Olika egenskaper kan också fås genom olika bränningsförhållanden, vilket vi kommer att återkomma till längre fram. De varierande egenskaperna utgör en av svårigheterna med att använda materialet, men trots att egenskaperna kan variera kraftigt finns ändå vissa förutsättningar som är gemensamma för de flesta naturliga cement och som skiljer dem från tex hydrauliskt kalkbruk eller portlandcement. Gränserna mellan de olika bruken kan dock ibland tyckas som otydliga.

De egenskaper som materialet bör ha för att klassificeras som ett romancement/naturligt cement har definierats ett flertal gånger. En av de mest tongivande definitionerna är den Österrikiska standarden från 1880 ; *Oesterreichische Bestimmungen fuer die einheitliche Lieferung und Pruefung von Roman-Cement. Aufgestellt und genehmigt von Oesterreichischen Ingenieur- und Architektenverein*. Även Parkers patent från 1796 samt de samtida produktbeskrivningarna innehåller vissa definitioner. Jag har i detta kapitel försökt sammanställa dessa äldre definitioner med de egenskaper cementet har visat sig ha i den senaste tidens forskning.

⁷⁵ Weber, J... (2007B) s. 13

⁷⁶ Weber, J...(2007A) Sidnumrering saknas.

⁷⁷ Bayer, K...(uå) s. 23

⁷⁸ Tislova, R (2008) s. 27

⁷⁹ Hughes, D.C...(2008) s.1447



Karaktäristiskt brun färgnyans hos naturlig cement, här från en gesims på Chalmerska slöjdskolan, numera Valands konsthögskola i Göteborg, uppförd 1867-69.

Färgen på naturlig cement karaktäriseras av att den i flesta fall drar åt en varm brun, brungul, beige eller rosa ton, beroende på innehållet av järn i råmaterialet⁸⁰. Exempel på mycket ljusa och tom gråaktiga cement finns också⁸¹. Det är många gånger möjligt att avgöra råmaterialets härkomst med hjälp av dess färg.⁸² En tendens till att den bruna färgtonen ”vandrar” ut mot ytan av romacement på byggnader har observerats. De inre delarna av exempelvis en gjuten dekoration eller en fasadputs har då en mer gråaktig ton.⁸³ Detta fenomen kan också bero på att olika sorters naturlig cement, med olika färgtoner, har använts till de yttre och de inre delarna⁸⁴. En vit fällning, eller ”blomning” kan ofta synas på cementets ytan efter att detta har hårdnat. Fällningen beror på att fri kalk (kalciumoxid) som inte har reagerat vandrar mot ytan när materialet torkar. Kalciumoxid reagerar med luften och karbonatiserar. Blomningen har ingen praktisk betydelse, och försvinner oftast med tiden.⁸⁵

Naturlig cement är mycket starkt hydrauliskt, dvs det härdar även fullständigt under vatten. Cementet karaktäriseras av en mycket snabb härdningstid, dvs den tid det tar från att cementet

⁸⁰ Swann, S & Hughes, D.C (uå) s.2

⁸¹ Swann, S (1997) 49

⁸² Hughes, D...(2007A) s.28

⁸³ Swann, S (1997) s.49

⁸⁴ Muntligt Sölve Johansson 2009-12-10

⁸⁵ Swann, S & Hughes, D.C (uå) s. 9

blandas med vatten till att det stelnar. Härdningstiderna för naturlig cement varierar mellan extremerna ca 30 sek. och över en timme⁸⁶. Vanligast är ca 3 minuter och under.⁸⁷ Enligt den österrikiska standarden från 1880 kan materialet delas upp i snabbt härdande och långsamt härdande cement. Med snabbt härdande cement menas ett som, utan tillsats av sand, börjar härda inom 7 minuter från det att vatten tillsätts. Om cementet börjar härda senare än efter 15 minuter anses det vara en långsamt härdande sort⁸⁸. Den snabbt härdande sorten ger en mycket hög temperaturutveckling då den härdar. De flesta sorters naturlig cement går efter den första härdningen in i en längre vilofas⁸⁹. Denna fas kan variera mellan ca 1 dag och många veckor⁹⁰. Fortsatt styrkeutveckling av cementet går därefter långsamt. Det tar då minst 6 månader för cementet att nå full styrka⁹¹. Perioden efter den första härdningen, innan cementet börjar uppnå högre styrka kan upplevas som att det fortfarande går att ”karva” i materialet trots att detta har hårdnat⁹².

Bränningen har mycket stor inverkan på cementets egenskaper och i synnerhet på härdningstiden⁹³. Cement som har bränts vid en relativt sett lägre temperatur får generellt sett en mycket kort härdningstid och en hög tidig styrka⁹⁴. En högre bränningstemperatur ger ett cement med något längre härdningstid och lägre tidig styrka⁹⁵. De olika egenskaperna som uppnås genom olika bränningsförhållanden kan utnyttjas till olika ändamål. Exempelvis passar ett cement med mycket snabb bränntid och en hög tidig styrka bäst för gjutning⁹⁶.

Naturlig cement lämpar sig väl för svåra väderförhållanden då det är motståndskraftigt mot såväl fukt och mekanisk nedbrytning⁹⁷. Materialet är även tåligt när det gäller sönderfall pga kristallisering av salter⁹⁸. Cementet är ovanligt beständigt mot föroreningar och surt regn pga att det innehåller mycket lite reaktivt kalciumoxid.

Tryckhållfastheten för naturlig cement är relativt hög och allra högst när ingen ballast används⁹⁹. Ett flertal olika nytillverkade romacement har testats och styrkan brukar efter 6 månader ha uppgått till runt 10-20 Mpa. Värden på 40 Mpa har dock uppmätts för vissa

⁸⁶ Hughes, D.C...(2008) s.1450

⁸⁷ Tislova, R (2008) s.49

⁸⁸ Tarnawski, A (1887)

⁸⁹ Hughes, D.C...(2008) s.8

⁹⁰ Tislova, R (2008). s. 52

⁹¹ Hughes, D.C...(2007C) s.10

⁹² Egna upplevelser av att arbeta med cementet.

⁹³ Hughes, D.C...(2008) s. 1453

⁹⁴ Hughes, D.C...(2007C) s. 8

⁹⁵ Milcin, M (2006) s. 108

⁹⁶ Hughes, D.C...(2007C) s. 8

⁹⁷ Hughes, D.C... (2007B) s. 55

⁹⁸ <http://www.heritagescience.pl> 2010-02-17

⁹⁹ Weber, J... (2007B) s. 14

sorter¹⁰⁰. Prover från över hundraårig historisk naturlig cement har visat värden på ca. 38 Mpa för puts och 44 Mpa för det gjutna materialet¹⁰¹. Detta är starkt om man exempelvis jämför med tryckhållfastheten för hydrauliskt kalkbruk som varierar mellan 2 – 15 Mpa¹⁰². Naturlig cement binder också mycket starkt och ger en stark vidhäftning¹⁰³. Vid applicering av lager på lager blir vidhäftningen dock betydligt svagare om det andra lagret appliceras efter att det första lagret har börjat härda¹⁰⁴. I ett test utfört av Renata Tislova minskade vidhäftningen med ungefär hälften när den andra appliceringen gjordes efter 30 min jämfört med 5 minuter¹⁰⁵.

Naturlig cement har en relativt sett mycket hög porositet. Porositeten är betydligt högre än för portlandcement och minst likvärdig med hydrauliskt kalkbruk¹⁰⁶. Historiska prover har uppmätt så mycket som 30-40% porositet per volym för naturlig cement¹⁰⁷, vilket kan jämföras med 18-30% för hydrauliskt kalkbruk.¹⁰⁸ Den höga porositeten bidrar till att cementet har en hög genomsläpplighet för vatten¹⁰⁹. Porositeten skiljer sig mycket lite mellan olika sorters naturliga cement.¹¹⁰

Naturlig cement uppvisar en mycket liten benägenhet att krympa då det härdar¹¹¹. I den österrikiska standarden från 1880 befäster man att volymen på cementet skall vara absolut konstant, såväl i luft som under vatten¹¹². Genom att lagra cementet kan detta bli mer långsamt härdande, och även få en minskad tendens att öka i volym¹¹³. Det faktum att cementet krymper mycket lite möjliggör tjocka skikt och gjutningar¹¹⁴. Trots den föga krympningen är en av cementets karaktäristiska egenskaper att små hårfina krymp- eller torksprickor bildas i materialet. Dessa sprickor bildar ett fint nät över materialets yta och utgör i regel inget problem för hållfastheten.

¹⁰⁰ Tislova, R (2008) s. 51

¹⁰¹ Hughes, D.C... (2007B) s.54

¹⁰² Svensk standard SS-ENV 459-1 Byggkalk del 1: Fordringar 1996, I: Johansson, S (2004) s. 24

¹⁰³ Hughes, D.C... (2007B) s.48 Samt Milcin, M. (2006)

¹⁰⁴ Milcin, M (2006) s. 100

¹⁰⁵ Tislova, R (2008) s. 144

¹⁰⁶ Weber, J... (2007B)s. 14

¹⁰⁷ Weber, J...(2007B) s. 13

¹⁰⁸ Lanas et al. (2004) I : Tislova, R (2008) s. 20

¹⁰⁹ Bayer, K...(uå) s.17

¹¹⁰ Adamski, G... (2005) s. 7

¹¹¹ Bayer, K...(uå) s.2

¹¹² Tarnawski, A (1887) s. 3 (Här finns också ett tillägg om att vissa former av romacement ökar i volym efter att det har hårdnat. Dessa typer av romacement får enligt standarden under inga omständigheter användas)

¹¹³ Bayer, K...(uå) s. 9

¹¹⁴ Tislova, R (2008) s. 25

En studie gjord inom ROCEM-projektet visar att alla äldre naturcementprover som testades innehöll en stor mängd över- och underbrända cementkorn¹¹⁵. Kornen, som brukar kallas *phenograins* är till storleken betydligt större än de omgivande partiklarna. Dessa över- och underbrända korn kan ses som karaktäristiska för naturlig cement och har också stor betydelse för dess egenskaper. Förekomsten av dessa korn är mycket stor och i prover av historiskt naturligt cement har det tom hänt att dess andel varit större än andelen ballast¹¹⁶. Förutom att de fungerar som en inneboende ballast, verkar de också påverka cementets beständighet. Kornen har nämligen förmågan att binda sig till de andra partiklarna och på så sätt ”laga” exempelvis mindre sprickor.¹¹⁷ Dess positiva inverkan på hållfastheten beror bl.a. på att de dels fungerar som ballast men samtidigt har en starkare bindning till det omgivande cementmaterialet än vad vanlig ballast, ex ett sandkorn, har.¹¹⁸

När det gäller naturlig cement måste man alltid komma ihåg att dess egenskaper varierar oerhört mycket mellan olika sorter. Ett ovanligt tydligt om än något extremt exempel på detta är en historisk romancementsort från Mulgrave, Storbritannien, som i dåtidens beskrivningar inte anses överhuvudtaget användbar till ”hydraulic works” vilket ju annars har varit och är ett av det naturliga cementets mest typiska användningsområden.¹¹⁹ En annan viktig sak att ha i tankarna när det gäller det naturliga cementets egenskaper är att cementet inte når full styrka förrän efter ca 6 månader. Normalt sett används tidsrymden 28 dagar för jämförelser inom moderna cementprodukter, vilket är den tidpunkt då den största delen av styrkan anses ha uppnåtts för portlandcement. Denna jämförelse kan inte göras med naturlig cement.¹²⁰

4.5 Identifikation

Vid okulär besiktning identifieras naturlig cement i allmänhet med hjälp av den i olika nyanser bruna färgen. Särskilt den tidiga romancementen från England är karaktäristisk på detta sätt¹²¹. Fler av de naturliga cementen från andra europeiska länder har dock en ljusare färg och kan vara mindre självklara vid identifikation¹²². De olika blandningar med kalk som förekommit försvårar också färgidentifikation¹²³. Brun färg förekommer även i vissa fall hos andra bruk,

¹¹⁵ Weber, J... (2007B). s. 9

¹¹⁶ Weber, J... (2007B)s. 9

¹¹⁷ Weber, J... (2007B)s.9

¹¹⁸ Weber, J... (2007B)s. 11

¹¹⁹ Swann, S & Hughes, D.C (uå) s.12

¹²⁰ Swann, S & Hughes, D.C (uå) s. 16

¹²¹ Muntligt Sölve Johansson. 2009-07-22

¹²² Muntligt Christian Gürtner 2009-08-27

¹²³ Swann, S & Hughes, D.C (uå) s. 24

som exempelvis vissa portlandcement¹²⁴. En annan möjlig förväxling är terrakotta och olika kalkbruk med ingående röda pigment som tex det i Sverige rödaktiga skifferkalkbruket¹²⁵. Med hjälp av lite erfarenhet av putsbruk kan hårdheten hos materialet ge en misstanke om att det rör sig om naturlig cement. Bruket är hårdare än kalkbruk men i allmänhet mjukare än portlandcement. Man kan även känna igen cementet på den karaktäristiska höga porositeten i kombination med en mycket tät struktur.¹²⁶ Naturlig cement med blandning av kalk känns igen på att den innehåller små vita kalkklumpar¹²⁷. En helt säker identifikation får man genom tunnslip och elektronmikroskopi. Med dessa metoder kan cementet identifieras genom dess typiska mikrostruktur innehållande så kallade phenograins¹²⁸.

¹²⁴ Hughes, D.C... (2007B) s.46

¹²⁵ Muntligt Johannes Weber, 2009-08-26, Muntligt Sölve Johansson 2009-07-22

¹²⁶ Swann, S (1997) s. 5

¹²⁷ Weber, J... (2007B)s. 6

¹²⁸ Hughes, D.C... (2007B) s. 47

5. Användning och restaurering med naturlig cement

5.1 Problem, skador

Naturlig cement är i allmänhet ett mycket motståndskraftigt material, men är trots detta självklart utsatt för vissa skador. De flesta av dessa beror på att materialet blivit exponerat för fuktighet och därpå följande fryssprängningar under en längre tid. Särskilt högt placerade byggnadsdelar som tex balustrader och bröstvärn är utsatta¹²⁹. Olika former av lagningar med felaktiga material, som exempelvis portlandcement har lett till sprickbildning och nedbrytning av cementet. Dessa material har helt andra egenskaper än naturlig cement, har ofta högre styrka och lägre genomsläpplighet för vatten och är därför inte kompatibla.¹³⁰

En situation som är mycket vanlig är att det naturliga cementet, förutom att det målats med många lager färg också har sprutats med olika former av modernare putsblandningar. Dessa har inte bara förvanskat detaljerna hos ornament och listverk utan även skapat en möjlighet för vatten att stanna kvar innanför färgskiktet.¹³¹ Problem med viss erosion är relativt vanligt i väderutsatta lägen och kan förstöra fina detaljer hos ornamenten¹³². I vissa fall kan de också leda till att vatten lättare tar sig in och hålls kvar vilket kan leda till större problem.¹³³ De hårfina sprickorna som är karaktäristiska för det naturliga cementet kan bli ett problem i utsatta lägen där de lätt utvidgas och blir grogrunder för erosion¹³⁴. Sprickorna kan också leda till att vatten sugas in till muren bakom putslagret och orsakar skador.¹³⁵

Nedbrytning av materialet p.g.a. surt regn och föroreningar är för det mesta inget större problem när det gäller naturlig cement, eftersom cementet innehåller mycket lite fri kalk. Problemet kan dock uppstå på undanskymda ställen, där regnvattnet inte kommer åt att skölja bort föroreningarna. Då naturlig cement ofta har använts till ornament och utstickande fasadelement är sådana undanskymda ställen relativt vanliga.

¹²⁹ Hughes, D.C... (2007B). s 50

¹³⁰ Adamski, G... (2005) s. 2, s.8-9

¹³¹ Hughes, D.C... (2007B) s.45,. Muntligt Sölve Johansson, 2009-07-22. Samt egna erfarenheter.

¹³² Hughes, D.C... (2007B) s.47. Samt egna erfarenheter.

¹³³ Swann, S & Hughes, D.C (uå) s.22

¹³⁴ Hughes, D...(2007A) s.23. Samt egna erfarenheter.

¹³⁵ Swann, S & Hughes, D.C (uå) s. 20



Ornament i naturlig cement från en kyrka i Wien, skadat av erosion. Materialets ballast har blottats. Färgen på cementet är av den ljusare, centraleuropeiska varianten.

Vissa av de problem som har uppstått på fasader uppförda med naturlig cement beror helt eller delvis på misstag som gjorts vid tillblandningen eller appliceringen av cementet. Ett många gånger förekommande problem inom denna kategori är så kallad delaminering, dvs att ett yttre lager cement lossnar från det inre. Detta sker förmodligen pga av att man väntat för länge mellan appliceringen av olika lager vilket gett en dålig vidhäftning¹³⁶. För att förbättra vidhäftningen mellan olika lager kan en så kallad mechanical key göras. Detta innebär att man tex skrapar materialet för att skapa bättre möjligheter för det andra lagret att fästa. När det gäller historisk naturlig cement kan man dock ofta se en avsaknad av en sådan mechanical key , troligtvis pga av övertro till materialets starka bindningsförmåga. Detta har i vissa fall lett till att ornament lossnat och fallit av fasaden¹³⁷. Enstaka fall av sprickbildning pga olämpliga ballastmaterial som expanderat förekommer men är ovanligt.¹³⁸ I vissa fall har salt funnits i materialet. Saltet har följt med sand eller vatten som använts vid tillblandningen, och när det sedan har kristalliserats har det orsakat sprängskador¹³⁹. Innehåll av sulfat i materialet kan också vara skadligt för cementet. Sulfat kan finnas i små mängder naturligt i cementet men kan också bildas ur gips. Gips förekommer ibland i naturlig cement då det tillsatts historiskt för att

¹³⁶ Swann, S & Hughes, D.C (uå) s. 21

¹³⁷ Swann, S & Hughes, D.C (uå) s. 21

¹³⁸ Hughes, D.C... (2007B) s.47

¹³⁹ Swann, S & Hughes, D.C (uå)

fördröja härdningstiden¹⁴⁰. Sulfat som kristalliseras till ettingrite verkar nedbrytande på romancement¹⁴¹. Ett stort problem är de olika järnarmeringar som finns i listverk, ornament och andra utskjutande fasaddelar. Denna teknik användes flitigt och har många gånger fått cementet att spricka pga rostbildning.¹⁴² En del historiska romancement har uppvisat skador till följd av de har härdat under för torra förhållanden. Materialet har då torkat ut för fort och inte fått tillräckligt med fukt för att hydratisera ordentligt. Sådant material kan vara försvagat och därmed lättare brytas ned¹⁴³.

Ett annat problem som ibland har noterats är när naturlig cement har använts felaktig tillsammans med ett svagare material. Exempel på detta är när ett yttre skikt av naturlig cement applicerats på ett inre skikt av kalkbruk.¹⁴⁴ Naturlig cement bör heller inte användas i situationer där hög flexibilitet krävs i materialet, exempelvis vid rörelser i byggnaden¹⁴⁵. En sådan användning skulle kunna leda till skador i form av sprickbildning.

Det naturliga cement som finns och är känt i Sverige är generellt sett i bra skick¹⁴⁶. De problem och skador som finns stämmer i allmänhet överens med de ovan nämnda¹⁴⁷. De skador som Sölve Johansson har sett i sin kontakt med olika naturcementbyggnader har många gånger orsakats av felaktiga lagningsmaterial. Rådhuset på Marstrand hade visserligen en sydfasad där naturcementdekorationerna var mycket skadade. Denna fasad har dock legat i ett extremt väderutsatt läge. Skicket på cementet är i allmänhet bättre än skicket hos kalkbruk av samma ålder, förutom i de situationer där det förstörts av vatten eller där en hög flexibilitet har krävts.¹⁴⁸

5.2 Hur har dessa byggnader tidigare restaurerats i Europa/ Sverige?

Byggnader uppförda med naturlig cement har ofta ”restaurerats” genom att fasaden har målats över med ny färg. I väldigt många fall har man också sprutat ytan med olika typer av täckande mineralbaserade putsblandningar, som till exempel cement- eller dolomitputs¹⁴⁹

¹⁴⁰ Tislova, R (2008) s. 27

¹⁴¹ Tislova, R (2008) s. 24

¹⁴² Hughes, D.C... (2007B) s.51

¹⁴³ Tislova, R (2008) s. 148

¹⁴⁴ Weber, J... (2007B)s.5

¹⁴⁵ Swann, S & Hughes, D.C. (uå) s.21

¹⁴⁶ Muntligt Sölve Johansson, 2009-12-10

¹⁴⁷ Muntligt Sölve Johansson, 2009-12-10 Samt egna erfarenheter.

¹⁴⁸ Muntligt Sölve Johansson, 2009-12-10.

¹⁴⁹ Weber, J... (2007B)s. 5. Bayer, K...(uå) s. 13. Muntligt Torkil Elmqvist 2007. Muntligt Sölve Johansson, 2009-07-22

Lagningar av fasaden har i regel skett med portlandcement, KC-bruk eller hydrauliskt kalkbruk. Portlandcementlagningarna har lett till att såväl det omgivande materialet som själva lagningen har förstörts. Generellt sett har reparationer gjorda med hydrauliskt kalkbruk klarat sig bra¹⁵⁰. Dessa lagningar kan ibland få rollen som ett offerskikt då de ibland på längre sikt förstörs av den starkare naturliga cementen¹⁵¹.

Det alternativ som i första hand är acceptabelt som ersättningsmaterial för restaurering av romancement är starkt hydrauliskt kalkbruk.¹⁵² Trasscement har också många gånger använts¹⁵³. Det finns även situationer där man kan överväga att använda ett svagare kalkbruk. Användningen av ett svagare kalkbruk bör dock undvikas och enbart ske om det är nödvändigt av tekniska skäl¹⁵⁴. För gjutna ornament kan portlandcement användas som alternativ.

Essenska villan i Helsingborg från 1846-48 är ett exempel på en svensk naturcementbyggnad där fasad, sockel och en stor del av ornament och dekorationer är putsade i naturlig cement, troligtvis bornholmscement. Vid de två senaste fasadrestaureringarna har hydrauliskt kalkbruk använts som ersättning för naturlig cement. Andra exempel i Sverige där ersättningsmaterial har använts är Stora teatern i Göteborg där gjutna dekorationer i naturlig cement har ersatts av kopior gjutna i portlandcement.¹⁵⁵

5.3 Det historiska materialet och dess användning

Det finns många historiska källor när det gäller den praktiska användningen av romancement. Den första utgivna källan är Parker & Co's eget patent för produkten romancement från 1796 *Roman cement, artificial terras, and stucco*. En annan mycket viktig källa är den Österrikiska standarden från 1880, *Oesterreichische Bestimmungen fuer die einheitliche Lieferung und Pruefung von Roman-Cement. Aufgestellt und genehmigt von Oesterreichischen Ingenieur- und Architektenverein*. Det finns även en stor mängd bygghandböcker från tiden, som i detalj beskriver användningen av materialet. Ett exempel på en sådan källa är *The builders pocket manual of 1837*. Informationen från de historiska skriftliga källorna har sammanställts i flera olika publikationer. Förutom dessa källor finns även de materiella källorna, själva byggnaderna, som har undersökts mycket noggrant inom ROCEM-projektet. Utifrån dessa undersökningar har mycket viktig kunskap erhållits kring den verkliga historiska användningen. I det här

¹⁵⁰ Swann, S & Hughes, D.C (uå) s 27

¹⁵¹ Muntligt Pavel Stastny, 2009-12-21

¹⁵² Hughes, D.C... (2007B) s.55

¹⁵³ <http://www.heritagescience.pl> 2010-02-17

¹⁵⁴ Swann, S & Hughes, D.C (uå) s.26

¹⁵⁵ Muntligt Sölve Johansson 2009- 12-10

kapitlet kommer information kring den historiska praktiska användningen och appliceringen av naturlig cement att sammanställas utifrån alla dessa olika källor.

Vid en studie av den historiska användningen av romancement/naturlig cement är det tydligt att en stor mängd olika blandningar har använts, såväl när det gäller vattenförhållandet, tillsats av ballast och andra material. De många olika blandningarna har möjliggjort en anpassning till de många olika situationer där cementet använts¹⁵⁶. Att romancementets kvalitet och egenskaper varierade i hög grad var känt även historiskt och man rekommenderade att materialet testades efter en längre tid. Även om cementet till synes härdat som det ska kan det ändå försvagas och falla ner senare. Exempel finns på cement som har verkat vara av bra kvalitet men som fallit samman så mycket som två månader efter att det härdat.¹⁵⁷ Man var också tidigt medveten om att cementet inte var lämpligt i situationer där en högre flexibilitet krävdes i materialet. Smeaton skriver 1837 i *The builders pocket manual* att;

*“Roman cement should never be used in any situation where there is the slightest chance of warping or spring as it does not possess any elastic qualities”*¹⁵⁸.

Trots denna medvetenhet har materialet ibland applicerats i sådana sammanhang.

Grovheten hos den malda cementen

Romancement ska enligt den österrikiska standarden vara så fint malt som möjligt. Vid silning genom en sil med 2500 hål per kvadratcentimeter och en 0.07 mm tjock nättråd skall minst 64% av materialet passera. Vid silning genom en sil med 900 hål per kvadratcentimeter och en 0.1 mm tjock nättråd skall minst 82% av materialet passera¹⁵⁹. En viss tvetydighet finns dock i standarden. Man är nämligen medveten om att grövre kvarvarande partiklar bidrar till att cementet binder starkare och anser att kvaliteten på cementet inte självklart bör ses som högre för att den är mer finmald¹⁶⁰. Moderna studier av romancement visar också att cementet ofta varit grövre malt än dessa rekommendationer och att de grövre korn av över- och underbränt material som ingått haft en betydelse för cementets egenskaper¹⁶¹

Ballast

Enligt en undersökning av en mängd olika prover av romancement/naturlig cement är mängden ballast i det historiska materialet väldigt varierande. Andelen ballast är i allmänhet mycket låg

¹⁵⁶ Weber, J... (2007B)s. 14

¹⁵⁷ Swann, S & Hughes, D.C (uå) s.8

¹⁵⁸ Swann, S & Hughes, D.C (uå) s. 9.

¹⁵⁹ Tarnawski, A (1887)

¹⁶⁰ Tarnawski, A (1887)

¹⁶¹ Weber, J... (2007B).s 14

jämfört med vad som är vanligt idag för andra bruk¹⁶². Att uppgifterna kring ballastförhållandena varierar så mycket i dåtidens litteratur kan bland annat hänga samman med att olika cement innehöll olika stora mängder av de karaktäristiska över- och underbrända kornen som fungerade som en inneboende ballast.¹⁶³ Enligt de undersökningar som har gjorts på äldre romancement har det visat sig att en vanlig mängd ballast är 20-25% för gjutna element och in-situarbeten samt 40-50% ballast för putsytor och fogbruk¹⁶⁴. I situationer där hög hydraulicitet krävdes, exempelvis vid vattenarbeten, rekommenderades historiskt ofta en mycket låg andel ballast¹⁶⁵. Grus och större stenar upp till och med en knytnäves storlek har många gånger använts som utfyllnad eller ”armering” i större gjutna element¹⁶⁶. Gjutna ornament har ibland knappt innehållit någon ballast alls förutom dessa stora stenar¹⁶⁷. För att minska vikten har en del större ornament dessutom varit ihåliga¹⁶⁸. Det finns exempel på att hela rusticeringsblock varit gjutna i förväg för att sedan fästas vid fasaden¹⁶⁹. Handmodellerade ornament har förekommit men är inte så vanliga¹⁷⁰. De historiska källorna föreslår att en tillsats av så stor mängd sand som möjligt minskar tendensen till de typiska hårfina sprickorna, och i produktbeskrivningar från tiden läggs stor vikt vid hur mycket sand cementet kan ”ta”¹⁷¹. Detta påståande står dock i viss konflikt med den generellt låga andelen ballast i det historiska materialet. I regel har mycket fin sand använts som ballast¹⁷². En övervägande del av ballasten har varit under 1mm vilket är finare än vad som rekommenderas allmänt för ballast idag¹⁷³. Typen av ballast varierar mycket beroende på den geografiska plats där byggnaden uppförts. Man har i allmänhet använt den sand som funnits att tillgå.¹⁷⁴ Cementet har många gånger blandats med kalk för att uppnå en större elasticitet, och vattengenomsläpplighet, kalk har dock aldrig använts i cementblandningar avsedda för gjutning¹⁷⁵. Denna typ av bruk kan identifieras genom att det innehåller vita klumpar av kalk¹⁷⁶. Parker skriver själv i sitt patent att i princip vad som helst kan användas för att blanda med cementet och föreslår kalk, stenar, lera, sand, med mera¹⁷⁷.

¹⁶² Milcin, M (2006) s. 84

¹⁶³ Hughes, D...(2007A) s.33

¹⁶⁴ Weber, J... (2007B)s.7

¹⁶⁵ Hughes, D...(2007A) s.30

¹⁶⁶ Muntligt Johannes Weber, 2009-08-26

¹⁶⁷ Muntligt Christian Gürtner, Marija Milcin, 2009-08-27

¹⁶⁸ Tislova s. 23

¹⁶⁹ Hughes, D...(2007A) s. 23

¹⁷⁰ Adamski, G... (2005)s. 3

¹⁷¹ Swann, S & Hughes, D.C (uå) s. 7

¹⁷² Weber, J... (2007B)s.7

¹⁷³ Weber, J... (2007B)s. 7

¹⁷⁴ Weber, J... (2007B) s. 8

¹⁷⁵ Bayer, K...(uå) s. 9

¹⁷⁶ Weber, J... (2007B)s.5

¹⁷⁷ Swann, S (1997) s. 43

Blandningsförhållanden vatten:cement

När det gäller blandningsförhållandet mellan vatten och cement rekommenderar Parker två delar vatten till fem delar romancement.¹⁷⁸ Angivelserna är troligen volymförhållanden¹⁷⁹. Det nämnda förhållandet ska enligt Parker ge det absolut starkaste cementet, men han medger ändå att förhållandena kan ändras och anpassas där det är nödvändigt. Temperaturen på vattnet som används för att blanda till cementet påverkar enligt den österrikiska standarden hur snabbt cementet härdar. Ju kallare vatten desto längre härdningstid¹⁸⁰.

Härdningstid och fördröjningsmedel

Det finns historiska belägg för att man har använt sig av olika metoder för att förlänga cementets härdningstid. Exempel på sådana metoder är salt, gips och tom socker.¹⁸¹ Man kunde även luftlagra cementet för att förlänga härdningstiden¹⁸². Naturlig cement utblandat med kalkbruk har också fungerat som alternativ för att uppnå en längre härdningstid¹⁸³. Det finns dessutom anledning att tro att man har reglerat härdningstiden för olika typer av arbeten genom att använda olika stora delar av råmaterial bränt under olika förhållanden. Exempelvis tros underbränt material ha tillsatts för detta ändamål¹⁸⁴. Olika sorters cement har alltså använts till olika arbeten för att hantera härdningstiden och uppnå önskade egenskaper¹⁸⁵. Vid restaureringen av en naturcementbyggnad i Krakow, the Trade Academy, har man kunnat observera att olika cementblandningar har använts för olika ändamål genom att olika byggnadselement har olika färgtoner. Dessa olika skiftningar har sedan täckts med en enhetlig naturcementavfärgning¹⁸⁶.

Applicering

I *The builders pocket manual of 1837* får man veta att underlaget måste förväntas noggrant före applicering av materialet. Cementet kommer annars att bli för poröst¹⁸⁷. I de historiska källorna läggs en stor vikt på att cementet bör användas så snabbt som möjligt efter blandningen med vatten för att bibehålla sina bindande egenskaper och styrka. Parker & co skriver i sitt patent att; *“Great attention should be paid to the working up of the mortar, and that no more is worked up at a time than can be used in ten minutes after it is made, otherwise it will set and harden, and if*

¹⁷⁸ Francis, A.J (1977) s.28

¹⁷⁹ Swann, S & Hughes, D.C (uå) s. 9

¹⁸⁰ Tarnawski, A (1887)

¹⁸¹ Swann, S & Hughes, D.C (uå) s.8 , Nr 8 s. 24

¹⁸² Weber, J... (2007B)s. 2

¹⁸³ Swann, S (1997) s. 43

¹⁸⁴ Weber, J... (2007B)s. 2

¹⁸⁵ Milcin, M (2006) s.74. Muntligt Johannes Weber, 2009-08-26 Christian Gürtner, Marija Milcin, 2009-08-27

¹⁸⁶ <http://www.heritagescience.pl> 2010-02-17

¹⁸⁷ Tislova, R (2008) s. 42

it once sets, Mr Parker says that it will not answer to work it over again¹⁸⁸; /.../ the sooner the mortar or cement is used after being made, the stronger and more durable it will be.¹⁸⁹

Även i den österrikiska standarden från 1880 betonas vikten av att cementet måste appliceras helt och hållet före härdning börjat ske, eftersom dess styrka annars reduceras¹⁹⁰. Den snabba härdningstiden har till viss del setts som en fördel då man inte behöver vänta någon längre tid mellan applikation av olika lager eller partier¹⁹¹, men snabbheten innebär även vissa problem. I *The builders pocket manual of 1837* varnar man för att applicera ett ytterligare lager av cement på ett annat, ”for one coat is almost sure to separate from the other”¹⁹². Flera historiska källor bekräftar problematiken med vidhäftningen mellan olika lager av cement, dock nämns att detta kan fungera om det andra lagret läggs inom härdningstiden för det första lagret¹⁹³. Då man har undersökt det historiska materialet har man kommit fram till att det har varit mycket ovanligt att man använt sig av en så kallad ”mechanical key” mellan skikten, vilket har ökat benägenheten till att dessa skikt lossnat från varandra. Mechanical key användes vid denna tid alltid för kalkbruk. En trolig förklaring till frånvaron av en sådan mechanical key är att man litat på att det starka cementet ska binda samman skikten men att man i dessa fall av misstag lagt på det andra skiktet efter härdningstiden¹⁹⁴.

Den ringa krympningen hos cementet möjliggjorde tjockare skikt än vad som var vanligt med kalkbruk och en tydlig observation i det historiska materialet är att cementet många gånger har lagts i tjocka skikt, upp till 50 mm¹⁹⁵. De putslager av romacement som har undersökts inom materialet i två eller flera skikt. De yttre skikten har en mindre andel ballast än de inre. Ballasten i de yttre skikten är också finare¹⁹⁶. Det förekommer även exempel där ett enda tunt cementskikt har putsats direkt på muren. I de flesta fall har man avslutat med en tunn finish av cementavfärgning, cement blandat med mycket vatten, utan ballast. Det finns tom exempel på att denna naturcementavfärgning använts ovanpå andra bruk som till exempel kalkbruk och tom portlandcement¹⁹⁷. Enligt de äldre handböckerna bör avfärgningen göras efter hand som man färdigställer själva cementet, med så kort tid som möjligt däremellan för att uppnå bästa hållbarhet. Förfarandet vid avfärgning är alltså det samma som för de andra skikten. Om

¹⁸⁸ *Roman cement, artificial terras and stucco. Patent No.2, 120 James Parker, Parker & Co. 1796* I: Francis, A.J (1977) s. 31

¹⁸⁹ *Roman cement, artificial terras and stucco. Patent No.2, 120 James Parker, Parker & Co. 1796* I: Swann, S (1997) s. 42

¹⁹⁰ Tarnawski, A (1887).

¹⁹¹ Hughes, D.C... (2007B) s. 48

¹⁹² Swann, S (1997) s. 42

¹⁹³ Swann, S (1997) s. 42

¹⁹⁴ Swann, S & Hughes, D.C (uå) s. 21

¹⁹⁵ Adamski, G... (2005) s.3

¹⁹⁶ Tislova, R (2008) s. 25

¹⁹⁷ Adamski, G... (2005)s. 3

resultatet blir för ojämnt rekommenderas att senare göra en sista utjämnande avfärgning¹⁹⁸. Cementavfärgningen kan också användas för att fylla igen de hårfina krympsprickorna¹⁹⁹.

Efterbehandling

Enligt en historisk källa är det inte lämpligt att skrapa, karva eller dra profiljärn över naturlig cement efter att det har härdat, även om detta är möjligt då cementet inte når sin fulla hårdhet förrän långt senare. Ett sådant tillvägagångssätt skulle kunna leda till försvagningar i materialet.²⁰⁰ Efter att cementet har börjat härdna bör det lämnas ifred tills det uppnått en större styrka²⁰¹. “*It should not in any way be disturbed*” (The builders pocket manual of 1837)²⁰².



Större grus har använts som ballast till naturcementbruket i denna rusticering på en byggnad i Wien.

¹⁹⁸ Swann, S & Hughes, D.C (uå) s.11

¹⁹⁹ Swann, S & Hughes, D.C (uå) s.9

²⁰⁰ Swann, S & Hughes, D.C (uå) s.9

²⁰¹ Muntligt Christian Gürtner, 2009-08-27

²⁰² Swann, S (1997) s. 42

5.4 Modern forskning kring restaurering med naturlig cement

De moderna undersökningar som har gjorts kring den praktiska användningen av naturlig cement stämmer generellt sett väl överens med historisk information. I detta kapitel har jag försökt sammanställa den kunskap kring restaurering med naturlig cement som har erhållits genom moderna undersökningar och forskning.

Vid restaurering av äldre byggnader använder man sig ofta av grundtanken att reparationsmaterialet ska vara så likt originalmaterialet som möjligt. Denna teori är inte alltid applicerbar när det gäller naturlig cement. Materialet kan i vissa fall vara för starkt för de situationer där det ursprungligen använts. I de fall där stora sprickor uppstått i materialet pga rörelser i muren är det mer lämpligt att använda ett flexiblare material till restaureringen.²⁰³ Situationen klarar helt enkelt inte av cementets styrka. Restaureringen måste föregås av mycket noggranna undersökningar. Styrkan hos naturlig cement kan vara mycket varierande och eftersom materialet många gånger har blandats med olika andelar kalkbruk är det viktigt att fastställa originalbrukets sammansättning innan man tar ett beslut²⁰⁴. Idealet vore att exakt kunna fastställa egenskaperna hos originalmaterialet för att perfekt kunna matcha detta med reparationsmaterialet. Man bör överväga att använda ett cement som är något svagare än det ursprungliga för att säkerställa att inte ursprungsmaterialet förstörs. Detta kan vara särskilt viktigt om det gamla cementet är i något sämre skick eller försvagat²⁰⁵. Olika egenskaper hos restaureringsmaterialet kan fås antingen genom att använda ett naturligt cement med de specifika egenskaperna eller genom blandning med exempelvis hydrauliskt kalkbruk. De förhållanden som råder vid och efter appliceringen av naturlig cement har dessutom en mycket stor inverkan på materialets egenskaper vilket ytterligare komplicerar restaureringen.

Det är väldigt viktigt att komma ihåg att inte tillämpa samma arbetsätt på naturlig cement som för kalkbruk och portlandcement. Exempel på skillnader som kan leda till misstag är att naturcementbruk till skillnad från kalkbruk inte ska ”arbetas upp”, utan endast blandas med vatten genom en enkel omrörning. Materialet måste sedan användas omedelbart. Det är också absolut förbjudet att tillsätta mer vatten till blandningen om man märker att denna känns för torr eller börjar stelna, vilket ibland är brukligt då man arbetar med kalkbruk eller portlandcement. När naturcementblandningen väl har börjat härda eller torka är den förbrukad och måste slängas. På grund av detta kan man endast blanda små mängder i taget.²⁰⁶

²⁰³ Swann, S & Hughes, D.C (uå) s. 21

²⁰⁴ Hughes, D.C... (2007B). s 55

²⁰⁵ Hughes, D.C... (2007B) s 55

²⁰⁶ Muntligt Christian Gürtner, Marija Milcin, 2009-08-27 Samt egna erfarenheter.

Rengöring

Ett stort problem vid restaurering av romancementbyggnader är de många lager färg och putsblandningar som oftast täcker fasaden. En alltför hårdhänt rengöring riskerar att förstöra originalmaterialet och det är mycket vanligt att de typiska hårfina sprickorna i materialet vidgas av rengöringen²⁰⁷. Inom ROCEM-projektet har olika rengöringsmetoder utvärderats. Polymerfärger tas enklast bort med Superheated Water. För mineralfärger och olika mineralbaserade putslager, används en fin blästring vid lågt tryck. På komplicerade gjutningar och ornament kan en varsam manuell rengöring bli nödvändig, dels för att få bort alla färgrester på svåråtkomliga ställen, dels för att försäkra sig om att inte skada ornamenten.²⁰⁸ Vid restaureringen av Trade Academy i Krakow användes sandblästring, vatten, samt Superheated Water beroende på hur känsligt underlaget var.²⁰⁹

Härddningstid och fördröjning

Inom ROCEM-projektet rekommenderas idag citronsyra för fördröjning av härddningstiden. Användningen av citronsyra som fördröjningsmedel har undersökts av Renata Tislova i en doktorsavhandling vid *Institute of Catalysis and Surface Chemistry*, Krakow. Undersökningen visade att härddningstiden på det testade cementet förlängdes från 3 till 10 min när cementet blandades till med en vattenblandning innehållande 0,4% citronsyra²¹⁰. Den tidiga styrkan hos cementet påverkas mycket lite av citronsyran. Den sena styrkan påverkades inte alls²¹¹. Citronsyran påverkade inte heller cementet kemiskt förutom att den verkade minska bildningen av ettringite, vilket är positivt, se kap 5.1. En högre koncentration än 0,4 % påverkade dock cementets styrka genom att minska dess tryckhållfasthet²¹². Föregående luftlagring kan också göras för att uppnå en längre härddningstid²¹³. Vid ett försök placerades cementet öppet i ett rum med luftfuktighet 50% under 24 timmar. Härddningstiden ökades från 90 sek till 5 minuter. Lagringen hade ingen betydelsefull inverkan på den slutgiltiga styrkan hos materialet, styrkeutvecklingen gick bara något långsammare. Lagringen kan också ha fördelen att eventuell fri kalciumoxid reagerar och blir stabil i kalciumhydroxid eller kalciumkarbonat. Denna kalciumoxid skulle annars kunna reagera i efterhand och orsaka problem i material som redan har applicerats.²¹⁴

²⁰⁷ Hughes, D.C... (2007B) s. 52

²⁰⁸ Bayer, K...(uå) s. 23

²⁰⁹ <http://www.heritagescience.pl> 2010-02-17

²¹⁰ Tislova, R (2008) s. 49

²¹¹ Tislova, R (2008) s. 76

²¹² Tislova, R (2008) s. 86

²¹³ Bayer, K...(uå) s. 21

²¹⁴ Hughes, D.C...(2008) s. 1451

Blandningsrecept

Marija Milcin har i sitt diplomarbete vid Conservation Department i Wien undersökt olika blandningar med naturlig cement för att komma fram till ett blandningsrecept för gjutning respektive ett blandningsrecept för putslagningar och in-situarbeten. Arbetet låg till grund för restaureringen av en naturcementbyggnad på Esteplatz 7 i Wien. Blandningsförhållanden stämmer generellt överens med analyser som gjorts av äldre naturlig cement. Milcin är noga med att påpeka att hennes blandningsrecept ska ses som riktlinjer och att det idealisk vore att testa varje sorts naturlig cement för sig inför en restaurering. Skillnaderna kan enligt henne vara så stora att det t.o.m. kan finnas behov att testa varje ny tunna av materialet²¹⁵. Marija Milcins blandningsrecept har bekräftat att cementsorter brända vid olika temperaturer är passande för olika typer av användningsområden. För gjutning rekommenderas cement bränt vid en lägre temperatur, för puts- och in-situbruket ett cement bränt vid en något högre temperatur. Cement brända vid en högre temperatur ger i allmänhet en något längre härdningstid, och en lika stor del fördröjningsmedel är kanske inte alltid nödvändig²¹⁶

Gjutning med naturlig cement

Den ideala blandningen till gjutning borde enligt Milcin ge en tillräckligt lång härdningstid för att hinna slutföra gjutningen innan härdning, ha en tillräckligt lös konsistens för att man ska kunna "hälla" materialet i gjutformen och ge en så hög tidig styrka som möjligt i materialet. Ytterligare ett kriterie för gjutningsbruket är en så kort tid som möjligt tills dess att ornamenten kan avlägsnas från formen. Det skulle också vara önskvärt att så få luftbubblor som möjligt uppstod i materialet.²¹⁷ Utifrån ovanstående kriterier har Milcin kommit fram till att ett lämpligt grundrecept för gjutning skulle vara:

1 del naturlig cement bränd vid låg temperatur

0.5 delar ballast

0.65 delar vatten

0.5% citronsyra i blandningsvattnet.²¹⁸

Vid tillverkning av gjutna ornament används en gjutform av silikon. För att få det rätta utseendet och en motståndskraftig yta är det viktigt att undvika bildning av luftbubblor i kontaktytan mellan formen och materialet.²¹⁹ Det bästa sättet att komma undan detta problem är att pensla formen med en lösning av 10% tensider i vatten. Vanligt handdiskmedel har visat sig

²¹⁵ Provgjutning med Marija Milcin i Wien, 2009-08-27

²¹⁶ Milcin, M (2006) s. 109

²¹⁷ Milcin, M (2006) s. 77

²¹⁸ Milcin, M (2006) s. 89

²¹⁹ Provgjutning med Marija Milcin i Wien, 2009-08-27

fungera allra bäst. Idealiskt vore att dessutom använda sig av ett vibrerande bord under gjutningen²²⁰. Att försiktigt skaka formen efter att man hållt i gjutningsmassan fungerar som alternativ. Detta får bara göras en mycket kort stund, så att inte den första hydratiseringen av materialet blir störd²²¹. När ovanstående recept för gjutning används kan gjutformen tas bort efter ca 30 min.²²²

Större formgjutna element kan i vissa fall ha en tendens till sprickbildning²²³. Om man väljer att gjuta dessa i omgångar är det mycket viktigt att man vidtar åtgärder för att garantera vidhäftningen mellan skikten. Mer om detta längre fram. För särskilt komplicerade gjutningar med mycket fina detaljer kan blandningar med ännu större andel vatten användas. Detta är dock inte idealiskt²²⁴. En större andel vatten innebär en högre grad av krympning och ett mindre starkt material²²⁵. Vattenhalten har också visat sig inverka på vidhäftningen. Ju högre vattenhalt i blandningen desto svagare blir vidhäftningen mellan olika lager av cementet.²²⁶



En gjutningsform i silikon används för formgjutning av en urna i naturlig cement vid restaureringen av en kyrka i Wien. Se uppsatsens framsida.

Restaureringen av puts och in-situarbeten

Marija Milcin har också tagit fram ett recept för en cementblandning avsedd att användas till reparationer av äldre in-situarbeten och putspartier. Den ideala blandningen till dessa ändamål

²²⁰ Milcin, M (2006) s. 92

²²¹ Provgjutning med Marija Milcin i Wien, 2009-08-27

²²² Bayer, K...(uå) s. 19

²²³ Muntligt Pavel Stastny, 2009-12-21

²²⁴ Tislova, R (2008) s. 23

²²⁵ Muntligt Christian Gürtner, Marija Milcin, 2009-08-27

²²⁶ Tislova, R (2008) s.142

borde enligt Milcin äga en lämplig konsistens för hantering och applicering, ge en god vidhäftning vid underlaget, ha en så liten krympningsbenägenhet som möjligt samt en tillräckligt lång härdningstid för praktisk applicering. Härdningstiden behöver här vara längre än den som gäller för gjutning.²²⁷ Utifrån dessa kriterier har ett lämpligt grundrecept för reparationer av putspartier och in-situarbeten visat sig vara:

1 del naturlig cement bränd vid hög temperatur

3 delar ballast (0-1mm)

0.60-0.70 delar vatten

0.5-1% citronsyra i blandningsvattnet

(10% Primal i blandningsvattnet)²²⁸

Andelen ballast i receptet för puts- och in-situbruk är ovanligt hög, betydligt högre än den rekommenderade andelen ballast i historiska källor. Anledningen till detta är enligt Milcin att risken för att lagningarna krymper och förlorar sin vidhäftning måste minimeras. Den stora andelen ballast minskar krympningstendensen hos lagningsbruket²²⁹. Primal är en akryldispersion som tillsatts för att förbättra vidhäftningen vid det äldre materialet. God vidhäftning uppnåddes med den ovanstående blandningen såväl som med en blandning utan tillsats av akryldispersion, men vid undersökning av kontaktytan i mikroskop upptäcktes att tillsatsen av akryldispersion gav en bättre integrering mellan de båda skikten²³⁰.

För att vidhäftningen vid reparationer ska bli så bra som möjligt är det till stor nytta att skapa en så kallad mechanical key mellan skikten genom att till exempel skrapa underlaget och på så sätt uppnå en ojämn yta. Fuktning av underlaget är också mycket viktigt, mer om detta längre fram. Då stora delar av rusticeringar eller andra ”hela” in-situtillverkade fasadelement ska lagas bör man överväga att rekonstruera hela elementet eftersom det finns risk för att lagningen inte blir snygg, sticker ut, eller att problem med vidhäftningen uppstår. Detta är givetvis en övervägning som måste göras med respekt för bevarandet av originalmaterialet²³¹. För putsytor med naturlig cement kan ibland olika blandningar med hydrauliskt kalkbruk vara det mest lämpliga alternativet²³².

²²⁷ Milcin, M (2006) s. 103

²²⁸ Milcin, M (2006) s. 114

²²⁹ Milcin, M (2006) s. 108

²³⁰ Milcin, M (2006) s. 112

²³¹ Hughes, D.C... (2007B) s. 53

²³² Milcin, M (2006) s. 109

Rekonstruerade in-situtillverkade fasadelement, såsom exempelvis dragna lister och kornischer bör byggas upp i mer än ett skikt, där det inre ska vara grövst. Inom ROCEM-projektet rekommenderas ett förhållande cement: ballast = 1:1,5 för den inre kärnan och 1:1 för det yttre skiktet. Mängden ballast som rekommenderas här är alltså lägre än den som rekommenderas av Marija Milcin. Förhållandet vatten: cement bör vara ca 1:6. Storleken på ballasten för det inre skiktet kan vara upp till 4 mm men med ett medelvärde på 0.25mm. För det yttre skiktet bör den vara ännu finare. Det är av extremt stor vikt att den sand som används som ballast är fullständigt torr. Sanden bör torkas en extra gång även då den saluförs som torkad. Cementet kommer annars att reagera i förväg och bli förstört²³³.

För att fästa ornament som har lossnat från fasaden används ett löst bruk av naturlig cement även kallat "cement-slurry". Denna metod, ofta kallad "grouting" används också för att fylla i sprickor, hål och håliga utrymmen mellan dekorationer och vägg. Metoden stabiliserar och skyddar men "limmar" inte fast dekorationerna. Metoden kan därför eventuellt användas tillsammans med ett fäste i rostfri metall²³⁴. De typiska hårfina sprickorna fylls även igen med detta lösa bruk²³⁵. Cement-slurryn kan appliceras över hela fasaden för att jämna ut resultatet vid lagningar och för att integrera det gamla med det nya.²³⁶ Den hjälper då till att förhindra ytterligare erosion av ytan genom att förhindra att sprickor och hål utvidgas²³⁷. Cement-slurryn läggs med fördel i ett skikt på ca 1mm över fasadytor och ännu tunnare som en cementavfärgning över ornament²³⁸. En fördel med den varierande färgnyansen hos olika naturliga cement är att nyare tillskott och lagningar lätt kan skiljas från originalmaterialet vid framtida undersökningar av byggnaden. Helhetsintrycket blir ändå enhetligt om en avslutande naturcementavfärgning, eller annan typ av färg, läggs på.

Naturlig cement går att lägga på i flera lager inom en mycket kort tid, pga att det härdar väldigt snabbt och inte krymper²³⁹. Historiskt rekommenderas stor försiktighet vid sådana appliceringar, och det anses vara absolut nödvändigt att lägga på ett eventuellt andra skikt så fort som möjligt efter det första. Renata Tislova har undersökt hur härdningstiden samverkar med vidhäftningen mellan olika lager och har därmed kunnat bekräfta de historiska rekommendationerna. Resultaten från Tislovas undersökningar visar tydligt att vidhäftningen försämras markant ju längre tid som har gått mellan två applikationer. Tislova menar att försämringen beror på " *the formation of a smooth, compact, "glassy" surface on the top of the hardened substrate, which*

²³³ Muntligt Christian Gürtner, Marija Milcin, 2009-08-27

²³⁴ Bayer, K...(uå) s. 23

²³⁵ Swann, S & Hughes, D.C (uå) s. 20

²³⁶ Bayer, K...(uå) s. 19

²³⁷ Bayer, K...(uå) s. 23

²³⁸ Muntligt Roman Kozlowski, 2009-11-26

²³⁹ Hughes, D.C... (2007B) s.48

*acts as a separation layer reducing the adhesion of the subsequent coat*²⁴⁰. Marija Milcin har kommit fram till liknande resultat i sina undersökningar av vidhäftningen. För att vidhäftningen ska garanteras ska ett andra skikt naturlig cement alltid läggas inom det första skiktets härdningstid²⁴¹. Om applicering efter härdningstiden måste göras anser Tislova att det är absolut nödvändigt att skapa en mechanical key. Detta kan ske genom skrapning av materialet och det kan tom vara aktuellt att överväga en förstärkning med armering²⁴².

Den vita ”blomning” som ofta bildas på ytan av naturlig cement kan enkelt sköljas bort innan full hydratisering skett²⁴³.



Applicering av ”cement-slurry” på en naturcementfasad i Krakow. De för materialet typiska krympsprickorna är synliga på det obehandlade materialet.²⁴⁴

Fuktförhållanden och dess inverkan vid restaurering med naturlig cement

De förhållanden som råder vid och efter appliceringen av naturlig cement har visat sig ha stor betydelse för kvaliteten på cementet. Precis som vid gjutning av modern cement är det viktigt att det nyapplicerade materialet inte torkar ut för fort. Detta kan leda till att cementet inte genomgår en fullständig hydratisering och därmed inte uppnår full styrka. Betydelsen av så kallad fuktlagring av naturlig cement har undersökts av Renata Tislova. Hennes undersökningar har visat att naturlig cement som lagrats i torr luft inte närmelsevis uppnår samma styrka som

²⁴⁰ Tislova, R (2008) s. 144

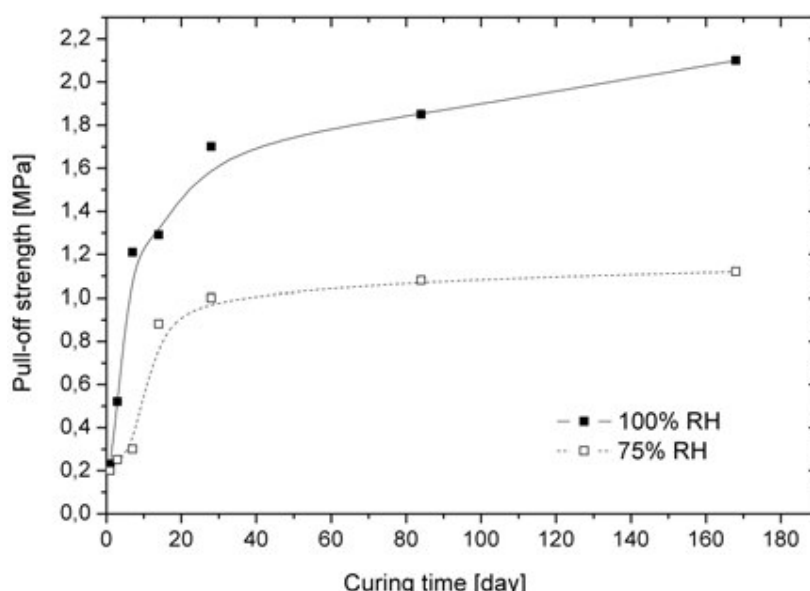
²⁴¹ Milcin, M (2006) s. 100

²⁴² Tislova, R (2008) s. 145

²⁴³ Bayer, K...(uå) s. 21

²⁴⁴ www.heritagescience.pl 2010-05-26

det som lagrats i fuktig luft eller under vatten. Applicering av naturlig cement under torra förhållanden orsakade ett betydligt mer poröst material då en stor mängd porer bildats när blandningsvattnet avdunstat från cementet innan detta stelnat fullständigt²⁴⁵. Ett torrt underlag har samma effekt som torr luft. Ett underlag som inte är förvattnat drar ut fukt ur cementblandningen och bidrar därmed också i lika hög grad till en sämre hydratisering²⁴⁶.



Diagrammet visar vidhäftningen hos två olika appliceringar av naturligt cementbruk på äldre underlag. Efterlagring vid 100% relativ luftfuktighet gav en dubbelt så hög vidhäftning som efterlagring vid 75% relativ luftfuktighet²⁴⁷

Materialets vidhäftning visade sig enligt Tislova också påverkas extremt mycket av fuktförhållandena vid härdningen. Ju högre grad av hydratisering desto bättre binder cementet till sitt underlag²⁴⁸. Vidhäftningen under idealiska fuktförhållanden uppnår enligt Tislova runt 2 Mpa och under ”realistiska”, mer torra förhållanden runt 1 Mpa²⁴⁹. För att få ett material med hög styrka och motståndskraft och en stark vidhäftning till underlaget krävs alltså en mycket god för- och eftervattning samt ”lagring” av det nya materialet under fuktiga förhållanden. Renata Tislova rekommenderar fuktlagring i 14 dagar, för att uppnå en hydratisering av minst 50% av materialet.

²⁴⁵ Tislova, R (2008) s. 130

²⁴⁶ Tislova, R (2008) s. 137

²⁴⁷ Tislova, R (2008) s. 142

²⁴⁸ Tislova, R (2008) s. 140

²⁴⁹ Tislova, R (2008) s. 141

“Otherwise, very weak highly porous mortars with low adhesion to the substrate are produced.”²⁵⁰.

Naturlig cement äger egenskapen att det kan fortsätta hydratisera i efterhand om det kommer i kontakt med vatten vid ett senare tillfälle. Porositeten minskar då eftersom porerna fylls upp av nya hydratiserade kristaller. Regnvatten som rinner över fasaden bidrar många gånger till att denna efterhydratisering sker²⁵¹. Det råder dock delade meningar huruvida regnvattnet är tillräckligt för att efterhydratisera ett torrlagrat material. Troligtvis beror detta på cementets tjocklek. (Vid mikroskopiska undersökningar av ett gammalt romancement ser man att det yttre lagret är mer välhydratiserat av regnvatten än det inre²⁵². Å andra sidan har kärnan hos ett ornament ofta fått en högre grad av hydratisering eftersom vattnet avdunstat långsammare därifrån²⁵³.) Marija Milcin ställer sig till vissa delar skeptisk mot alltför mycket våtlagring då denna kontakt med fukten skulle kunna leda till att kvarvarande kalciumoxid från en otillräckligt kalcinering skulle reagera med vattnet, expandera och därmed förstöra cementet.²⁵⁴ Detta problem diskuteras även av Simon Swann och David Hughes men de fastställer där att detta inte borde vara ett problem vid modern hantering av naturlig cement²⁵⁵. Problemet kan ändå vara en tankeställare när det gäller vikten av att alltid testa varje cement noggrant innan användning.

5.5 Naturlig cement och färg

Före målning har naturcementfasader nästan alltid avslutats med en utjämnande naturcementavfärgning. I vissa fall uppskattades den naturliga färgen och fasaden fick förbli omålad. Exempelvis utnyttjades den bruna färgen ibland för att imitera fasadelement av terrakotta.²⁵⁶ Idealet för 1800-talets fasader var dock i de flesta fall att imitera sten. Den brunaktiga färgen på cementet ansågs många gånger för mörk för att ge en illusion av sten och man ville därför måla den i en ljusare ton²⁵⁷. Det vanligaste var att den naturliga cementen målades med linoljefärg²⁵⁸ eller avfärgades med kalkfärg²⁵⁹. Kalkavfärgning med järnvitriol användes ofta och kallades ibland för ”fresco”²⁶⁰. Det finns också exempel på att olika typer av pigmenterade avfärgningar baserade på en blandning av romancement och/eller hydrauliskt kalk

²⁵⁰ Tislova, R (2008) s. 148

²⁵¹ Tislova, R (2008) s. 130

²⁵² Tislova, R (2008) s. 136

²⁵³ Tislova, R (2008) s. 148

²⁵⁴ Muntligt Marija Milcin, 2009-08-27

²⁵⁵ Swann, S & Hughes, D.C (uå) s. 21

²⁵⁶ Weber, J... (2007B) s. 2

²⁵⁷ Weber, J... (2007B) s. 2

²⁵⁸ Hughes, D.C... (2007B) s.45

²⁵⁹ Hughes, D.C... (2007B) s.44

²⁶⁰ Ashurst, J (1983) s.13

har använts som ett hållbarare alternativ till kalkavfärgning.²⁶¹ För Parkers Roman cement rekommenderas tidigt att stucco av romancement kalkstrykes inom en timme efter gjutning för att senare målas efter behag²⁶².

I enstaka fall har ytan behandlats med utspädd svavelsyra för att ge ett mer ojämnt och stenliknande utseende. Pigment har då också tillsatts svavelsyrelösningen.²⁶³

Såväl linoljefärg som kalkfärg har nackdelen att de kräver mycket underhåll. Silikatfärg har inte ursprungligen använts till naturcementfasader²⁶⁴, men kan vara ett alternativ. Silikatfärgen är billig och underhållsfri och ger en matt och levande yta men har nackdelen att den är irreversibel eftersom den fullständigt förenar sig med cementet och inte kan övermålas med någon annan färg. Många lager av silikatfärg kan leda till att materialet blir för hårt och flagar av. En viktig sak att komma ihåg vid användning av silikatfärg med naturlig cement är att den absolut inte får innehålla någon akryl eller andra plasttillsatser vilket ibland förekommer i modern silikatfärg. En metod som i vissa fall har använts är att först göra en kalkavfärgning och sedan måla med silikatfärg. På detta sätt får man fördelarna av silikatfärgens beständighet men utan att göra den irreversibel.²⁶⁵

5.6 Checklista vid restaurering med naturlig cement

Med ledning av litteratur och intervjuer har jag i detta kapitel försökt sammanställa en checklista för restaurering med naturlig cement. Checklistan är tänkt som en slags enkel komihåglista när de gäller de speciella förutsättningar som bör råda vid en restaurering med romancement.

- Sanden som används till ballast måste vara absolut torr.
- Behållaren där det naturliga cementet förvaras måste vara fullkomligt tät och tillsluten.
- Varje sorts naturlig cement bör testas noggrant före användning för att fastställa dess specifika egenskaper.
- Underlaget ska vara mycket noggrant förvattnat.

²⁶¹ Swann, S & Hughes, D.C (uå) s. 4

²⁶² Francis, A.J (1977) s.37

²⁶³ Hughes, D.C... (2007B) s.44

²⁶⁴ Muntligt Johannes Weber, 2009-08-26

²⁶⁵ Hughes, D.C... (2007B) s.56

- Ordentlig eftervattning bör göras i upp till två veckor efter applicering av naturlig cement. Avdunstningen bör minimeras och en hög luftfuktighet uppehållas exempelvis genom att täcka över nygjorda ytor med plast.
- Fördröjningsmedel i form av citronsyra används med fördel till de flesta typer av appliceringar. Mängden citronsyra för att uppnå en acceptabel härdningstid bör fastställas genom tester, men vara max 0,5% i det vatten som används för blandning.
- Vid användning av materialet måste en medvetenhet om härdningstiden alltid finnas i varje moment av arbetet. Cementet får inte användas eller manipuleras efter att härdningstiden gått ut.
- Man bör endast blanda till en liten mängd cement i taget och tillblandningen bör ske genom en snabb omrörning. Man bör inte blanda till mer än vad som kan appliceras inom härdningstiden och bruket ska inte ”arbetas upp”.
- Det naturliga cementet ska användas omedelbart efter att det har blandats med vatten. Man får aldrig tillsätta mer vatten till blandningen om bruket börjar stelna eller torka.
- Vid applicering av naturlig cement på äldre originalmaterial eller på naturlig cement som redan passerat sin härdningstid bör mechanical key alltid göras. Vid applicering inom härdningstiden är vidhäftningen dock tillräcklig utan mechanical key.

5.7 Var får man tag på naturlig cement?

Naturlig cement för restaurering är i nuläget tillgängligt från ett antal leverantörer i Europa.

Det naturliga cementet Prompt säljs av företaget Vicat Company och har tillverkats från samma källa sedan 1800-talet. Detta cement är väl undersökt och testat när det gäller egenskaper. Produkten säljs även under namnet Rapide. De mekaniska och kemiska egenskaperna hos Prompt är mycket lika egenskaperna hos de naturliga cement som använts i Europa under 1800-talet och de som nu har nytillverkats inom ROCEM²⁶⁶. Tryckhållfastheten hos Prompt är upp till

²⁶⁶ Sommain (2007) i Tislova s. 21, Muntligt Roman Koslowski, 2009-11-26

20 Mpa²⁶⁷. Tveksamheter finns kring om porositeten och vattengenomsläppligheten hos Prompt matchar äldre naturliga cement. Pågående undersökningar kring detta verkar dock visa på att även dessa skulle vara kompatibla²⁶⁸. Ett problem med Prompt är att det innehåller en relativt stor mängd sulfater, vilket skiljer det från de flesta andra naturliga cement²⁶⁹. Högt innehåll av sulfater kan, som tidigare nämnts, leda till bildning av ettingrite och nedbrytning av materialet. Färgen hos Prompt är starkt grå och det kan därför uppstå problem vid färgmatning med äldre romancement. Det är mycket svårt att med pigment göra om en grå grundfärg till en varmare brun, rosa eller gul färg²⁷⁰. Fördelen med Prompt är att dess egenskaper är noggrant testade och kan garanteras av tillverkaren. Någon utvärdering av hur Prompt fungerar som restaureringsmaterial tillsammans med äldre naturliga cement är ännu inte gjord²⁷¹



Eldsflamma i naturlig cement, nedmonterad och färdig för restaurering med cement-slurry. Wien.

²⁶⁷ Vyskocilova, R...(uå) s. 2

²⁶⁸ Hughes, D.C... (2007B) s. 55

²⁶⁹ Tislova, R (2008) s. 46

²⁷⁰ Muntligt Roman Kozlowski, 2009-11-26, www.remmers.de

²⁷¹ Swann, S & Hughes, D.C (uå) s. 37

Det tyska företaget Remmers Baustofftechnik saluför ett flertal produkter baserade på naturlig cement för olika ändamål. Bara ett av dessa består av rent naturligt cement, troligtvis Prompt.²⁷²

Så kallat Rosendale cement är ett amerikanskt naturligt cement som finns till försäljning på den europeiska marknaden. Materialet är dock inte att rekommendera till äldre europeiska naturcementbyggnader då sammansättningen och egenskaperna skiljer sig åt från det naturliga cement som har använts i Europa.²⁷³

MBM - Branch of Mineral Building Materials, Institute of Glass, Ceramics, Refractory and Construction Materials i Krakow saluför i nuläget nytillverkad naturlig cement under namnet romacement som är tillverkad i enlighet med den kunskap som tagits fram inom ROCEM-projektet. Institutet deltar i ROCARE-projektet och arbetar för att optimera tillverkningen och kostnaderna för det nytillverkade cementet²⁷⁴.

5.8 Restaureringar, olika pilotprojekt, vad har gjorts?

I Österrike har tre byggnader hitills restaurerats med naturlig cement. Cementet har i dessa projekt mestadels använts punktvis, till rekonstruktion av formgjutna ornament och i form av en så kallad cement-slurry för att täcka vittrat material, sprickor och mindre hål. Naturlig cement har ännu inte använts till restaurering av putsytor i Österrike. När Mietshauses vid Esteplatz 7 i Wien restaurerades anlätades ett vanligt restaureringsföretag för att göra putspartier och in-situdragna lister. Dessa restaurerades med kalkbruk med tillsats av trass. Gjutna kannelyrband rekonstruerades däremot i ren naturlig cement. I Tjeckien har ett flertal restaureringar gjorts med naturlig cement. Materialet har här använts till restaurering både av formgjutna ornament och till in-situarbeten. Vid en av restaureringarna användes materialet även till putsytor. Ett av de länder där naturlig cement redan fått en stor spridning som restaureringsmaterial är Polen. Materialet har här använts delvis till putsytor och in-situarbeten, men mestadels i form av cement-slurry för att skydda och förnya eroderade naturcementfasader som tagits efter borttagning av gamla färglager. Enligt Roman Koslowski har rekonstruktion av ornament genom formgjutning inte behövt göras i någon större utsträckning under projekten i Polen eftersom dessa ornament generellt varit i mycket gott skick. I Storbritannien har ett flertal restaureringar gjorts av naturcementbyggnader där materialet har använts till såväl gjutning som

²⁷² Muntligt Roman Kozlowski, 2009-11-26

²⁷³ Tislova, R (2008) s.45 samt

²⁷⁴ Muntligt Roman Kozlowski 2009-11-26, www.rocare.eu

in-situarbeten. Det mest använda restaureringsmaterialet har där varit Prompt²⁷⁵. Även i Norge har Prompt använts när Oscarshalls slott i Oslo skulle restaureras. Materialet användes till rekonstruktion av formgjutna ornament. Fasadytor, ursprungligen uppförda med tidig portlandcement, restaurerades med ett mycket starkt hydrauliskt kalkbruk, NHL5. Flera andra europeiska länder som exempelvis Tyskland och Slovakien har representanter som medverkat i ROCEM-projektet. Sannolikt har pilotprojekt med restaurering med naturlig cement också genomförts i dessa länder. Tyvärr har jag inte lyckats få tag i några detaljuppgifter kring detta.

I Sverige har det första pilotprojektet där naturlig cement använts till restaurering i skrivande stund precis avslutats, nämligen restaureringen av Heymanska villan i Göteborg. Vid denna restaurering har materialet använts till såväl rekonstruktion av ornament genom formgjutning, till in-situarbeten, lagning av putsytor samt i form av cement-slurry. Restaureringen föregicks av en omfattande borttagning av nyare färglager och lagningar gjorda med portlandcement. Under sommaren 2007 deltog jag själv som praktikant vid denna restaurering. Projektet finansierades delvis med pengar från länsstyrelsen och visade sig i slutänden bli väldigt kostsamt. Många problem uppstod också under restaureringens gång, men projektet kan nu sägas vara i hamn. Inom projektet användes delvis metoder som skiljer sig något från de som är beskrivna i denna uppsats. Exempelvis användes inte fördröjningsmedel.



Detalj från nyrestaurerat kapital i naturlig cement. Wien.

²⁷⁵ Swann, S & Hughes, D.C. (uå)

6. Diskussion

6.1 Antikvariska aspekter

Varför ska man överhuvudtaget lägga ned tid och pengar på att restaurera naturcementbyggnader med deras ursprungsmaterial? En restaurering med naturlig cement är i nuläget ett betydligt mer kostsam och problematiskt projekt än en gängse restaurering med kända ersättningsmaterial som hydraulisk kalk eller portlandcement. Vad motiverar en sådan extra insats av tid och pengar?

Ute i Europa hade det naturliga cementet en mycket stor betydelse för utvecklingen av den arkitekturstil som dominerades av en rik fasadornamentering, en stil som givetvis spred sig även till Sverige och är synlig idag i många av landets stadskärnor. Materialet spelade också en stor roll i det tidiga 1800-talets byggnadstekniska utveckling och ingenjörskonst, särskilt i Storbritannien, och har därmed varit en mycket viktig del i framväxandet av den industriella revolutionen. Det naturliga cementet har alltså stått för den första fasen i utvecklingen såväl när det gäller fasadornamentering som byggnadskonst och var även föregångare och förebild för dagens portlandcement, vars betydelse för byggnadsutvecklingen knappast kan mätas. Utan det naturliga cementet hade förmodligen inte portlandcementets utveckling blivit en sådan snabb framgångssaga²⁷⁶. Alla dessa aspekter har såklart indirekt påverkat byggnadsutvecklingen i Sverige enormt, även om naturlig cement här endast fick en kortare biroll som exklusivt importmaterial. Förekomsten av naturlig cement i Sverige är i huvudsak koncentrerad till Göteborg och västsverige. Detta är ett tydligt tecken på de handelskontakter Göteborg hade med England. Stadens roll som hamnstad och mottagare av influenser utifrån Europa tydliggörs genom importen och användningen av naturlig cement i denna del av Sverige. Bevarandet av originalmaterial och metoder när det gäller dessa byggnader är viktiga för att inte denna del av västsveriges kulturarv ska försvinna i glömska. Antalet byggnader är inte stort och varje byggnad blir därför en extra viktig länk till detta avsnitt av Göteborgs historia.

6.2 Var befinner vi oss när det gäller restaurering med naturlig cement? Resultat från pilotprojekt. Framtiden.

²⁷⁶ Francis, A.J (1977) s. 12

Eftersom restaurering med naturlig cement fortfarande är så pass nytt saknas erfarenheter av hur de nya restaureringarna fungerar i längden. Denna brist på ”facit” samt det faktum att materialet varierar så mycket till sammansättning och egenskaper gör det svårt för ett restaureringsföretag att kunna lämna garantier på arbetet. Bristen på garantier kan leda till stora oförutsedda kostnader för såväl restaureringsföretaget som fastighetsägaren och är ett av de stora hindren för att naturlig cement ska spridas som restaureringsmaterial på en komersiell nivå²⁷⁷. Marija Milcin och Christian Gürtner anser att formgjutningar med naturlig cement producerade under perfekta förhållanden i nuläget kan garanteras när det gäller kvalitet och hållbarhet men att det behövs mer erfarenhet och kunskap när det gäller in-situarbeten och större lagningar av putsytor. Med anledning av detta har Christian Gürtner i sin ateljé i Wien hitills bara accepterat arbeten med formgjutningar och förbättring av ytor med cement-slurry²⁷⁸.

Roman Koslowski anser dock att de projekt med in-situarbeten som genomförts i Polen har resulterat väldigt väl. Det första projektet är nu 5 år gammalt och än så länge har inga som helst problem uppstått med denna byggnad. Såväl teknisk som estetisk kvalitet är fortfarande mycket god. Även i Storbritannien har in-situarbeten gjorts utan problem, dock inte med det inom ROCEM-projektet nyproducerade naturliga cementet utan med produkten Prompt från Vicat. Simon Swann och David Hughes anser inte att det är lämpligt att använda det nyproducerade naturliga cementet ännu, och att mer undersökningar behövs. Tills dess kan mer väl undersökta material som Prompt eller hydrauliskt kalkbruk användas²⁷⁹. Materialet Prompt, som tidigare marknadsfördes främst för användning till tätning av rör, har de senaste åren börjat marknadsföras som material för restaurering av historiska byggnader i större delen av Europa²⁸⁰.

Marija Milcin menar att det är mycket möjligt att restaureringar med naturlig cement kommer att bli vanligare i framtiden. Hon anser att en sådan restaurering kräver ett nytt sätt att se på själva processen. Jämfört med en vanlig restaurering med kalkbruk eller portlandcement krävs en otroligt mycket längre tid till förberedelser. Varje moment i restaureringen måste testas och planeras noggrant i förväg. När sedan det praktiska hantverket väl sker kan det vara mycket tidseffektivt. Viktigt är då att allting är förberett, finns på plats och är i perfekt ordning, eftersom själva appliceringen måste ske mycket hastigt. Extra arbetskraft kan behövas för att hantera snabbheten i momenten. Exempelvis kan en person behövas bara för att blanda till cementet åt den som applicerar det.²⁸¹ Dessa åsikter delas även av Sölve Johansson. I frågan om att restaurera med naturlig cement i Sverige anser han att ett sådant projekt skulle kräva stora

²⁷⁷ I princip alla de intervjuade informanterna har framfört denna åsikt.

²⁷⁸ Muntligt Christian Gürtner, Marija Milcin, 2009-08-27

²⁷⁹ Swann, S & Hughes, D.C (uå) s. 1

²⁸⁰ Muntligt Pavel Stastny, 2009-12-21, www.vicat.com

²⁸¹ Muntligt Marija Milcin 2009-08-27

förberedelser för att kunna genomföras på ett professionellt sätt. Ett par års framförhållning är inte en orimlig tanke när det gäller fasad och in-siturerestaurering med naturlig cement. Att redan i nuläget rekonstruera ornament genom formgjutning i materialet ser han dock som relativt oproblematiskt.²⁸²

Heymanska villan är ett intressant pilotprojekt som kommer att kunna ge många erfarenheter och svar kring restaurering med naturlig cement. Dock bör resultatet utvärderas med utgångspunkt i de metoder som användes. I förhållande till hur långt fram kunskapsläget ligger när det gäller restaureringar med naturlig cement kan Heymanska villan ses som ett extremt tidigt projekt, i synnerhet när man ser till vilka omfattande åtgärder som gjordes.

Min personliga åsikt är att projektet bör ses för vad det var; ett mycket tidigt pilotprojekt, och inte som representant för de verkliga kostnader och förutsättningar som skulle kunna råda vid eventuella framtida projekt. Det ligger nära till hands att se att mer omfattande och noggranna förberedelser är nödvändiga vid en sådan här restaurering än vad som var fallet när det gällde Heymanska villan.

Ett problem som omnämns av flera av de intervjuade är den rådande synen på resultatet av en restaurering. Många fastighetsägare eftersträvar ett ”perfekt” utseende på fasaden efter restaureringen och skulle exempelvis ha svårt att acceptera de hårfina sprickor och ojämna utseende som är naturligt för naturlig cement. Roman Koslowski skulle gärna se att en naturcementfasad restaurerades utan att den täcktes fullständigt med cement-slurry eller avfärgades fullständigt med kalkfärg eller silikatfärg. Detta har ännu inte gjorts.²⁸³ Det finns en problematik i att perfekta ytor med ett fullständigt ”nytt” utseende har blivit den gängse föreställningen om hur en nyrestaurerad fasad ska se ut. Detta skapar en motsättning vid användningen av traditionella material och färger som ger ett mer ojämnt och patinerat utseende. Här gäller det att bidra med mycket kunskap och skapa ett intresse hos de fastighetsägare som förvaltar den här typen av byggnader²⁸⁴. Att förändra synen hos allmänheten på hur en nyrenoverad fasad ”bör” se ut är givetvis också ett viktigt steg.

Två mycket viktiga aspekter om en restaurering med naturlig cement ska ske är dels att originalmaterialet inte påverkas eller förstörs, och dels att vidhäftningen och hållbarheten på det nya materialet kan garanteras. Tislovas undersökningar har visat att vidhäftningen verkar vara påväg att kunna garanteras, och hållbarheten hos materialet torde inte vara ett problem. Den totala kompatibiliteten mellan nya och gamla naturliga cement samt mellan naturlig cement och

²⁸² Muntligt Sölve Johansson, 2009-12-10

²⁸³ Muntligt Roman Kozlowski, 2009-11-26

²⁸⁴ Muntligt Pavel Stastny, 2009-12-21

andra material, exempelvis äldre portlandcement är i nuläget dock inte lika noggrannt utforskad. Extremt noggranna undersökningar av originalmaterialet är troligtvis nödvändiga för att någorlunda kunna garantera kompatibiliteten.

Svårigheterna och de extra kostnaderna för restaurering med naturlig cement ökar risken för att fastighetsägare väljer en annan restaureringsmetod. I de flesta fall finns inte någon kunskap hos fastighetsägaren om att byggnaden är uppförd i naturlig cement. En av de uppgifter som ROCARE-projektet vill satsa på är att öka kunskapen om materialet hos myndigheter och fastighetsägare. Arbetet med att lista byggnader uppförda med naturlig cement är en viktig hörnsten för att kunna vara förberedd och ta ställning till hur dessa byggnader ska bevaras²⁸⁵. I Sverige är detta i lika hög grad av vikt, då naturcementbyggnaderna är få och lätt kan försvinna i händerna på fastighetsägare som inte är insatta i frågan. Sölve Johansson menar att ett viktigt steg skulle vara att eventuella vård och –underhållsplaner tar upp att materialet förekommer i en viss byggnad så att detta kan vägas in i vid en restaurering²⁸⁶.

De restaureringar som hitills gjort i Europa har i princip samtliga haft någon form av ekonomiskt stöd, antingen genom att de varit en del av forskning, att de har varit statligt ägda byggnader eller fått statliga bidrag. Ett av målen för ROCEM och ROCARE-projekten är enligt Johannes Weber att få ut naturlig cement på marknaden till ett pris som kan konkurrera med andra material²⁸⁷. Än så länge kan det ändå ses som mycket svårt att genomföra ett sådant projekt utan någon form av ekonomiskt stöd till fastighetsägaren.

En annan viktig aspekt är kompetensen hos de hantverkare som utför restaureringen. Lämpliga hantverkare för ett sådant projekt skulle enligt min åsikt kunna vara murare som är vana att jobba med traditionella tekniker och som dessutom är specialutbildade i att arbeta med naturlig cement. Även konservatorer skulle kunna vara aktuella. Enligt Sölve Johansson finns i Sverige idag få hantverkare som arbetar med den här typen av projekt. När Oscarshalls slott i Norge restaurerades använde man sig av murare från Polen. I Wien är det främst konservatorer som har gjort dessa arbeten.

6.3 Kontroverser med naturlig cement

I den norska dagstidningen Aftenposten publicerades i mars 2009 en debattartikel av restaureringsarkitekten Poul J. Neubert angående restaureringen av Oscarshalls slott. De valda

²⁸⁵ Muntligt Roman Kozlowski, 2009-11-26

²⁸⁶ Muntligt Sölve Johansson, 2009-12-10

²⁸⁷ Muntligt Johannes Weber, 2009-08-26

materialen har, enligt Neubert inte fungerat tillsammans. Kombinationen av det kalkbruk som använts till de inre murarna och fasadputsens i dåtidens cement (såväl naturlig cement som äldre portlandcement finns på Oscarshall) har orsakat problem med fuktvandringen i murarna vilket lett till förstörelse av såväl interiör som exteriör. Artikelförfattaren menar att tilltron till cementet vid byggnadens byggtid var mycket stor och att man var omedveten om hur denna skulle fungera byggnadstekniskt. Användningen av cement var med andra ord ett byggnadstekniskt misstag som enligt Neubert nu upprepas av antikvariska skäl när slottet restaureras med ett mycket starkt hydrauliskt kalkbruk (NHL5). Enligt debattartikeln kan det hela anses vara ett antikvariskt experiment med en nota på 90 miljoner nok. Neubert skulle istället rekommendera att det ”historiska misstaget” inte upprepas och att fasaden restaureras med ett svagare kalkbruk som skulle fungera bättre ihop med resten av byggnaden. Fasaden på Oscarshallens slott är i detta fall uppförd i tidig portlandcement. Den stora likheten mellan detta material och naturlig cement, samt hur de användes historiskt föranleder dock att liknande kontroverser skulle kunna uppstå vid restaureringar av naturcementbyggnader.

En annan liknande situation är de fall där naturlig cement har använts till byggnader där ett mer flexibelt material hade varit önskvärt. Historiska källor rekommenderar inte användning av material i denna typ av situationer. Det går dock inte att blunda för att detta ändå har skett. Ett exempel är naturcementbyggnader i Vasastan, Göteborg, där lerjorden orsakat stora sättningar hos många byggnader. Detsamma gäller givetvis för byggnader uppförda i tidig portlandcement. Simon Swann och David Hughes rekommenderar att man i dessa situationer starkt överväger att använda ett annat restaureringsmaterial än originalmaterialet naturlig cement, såvida inte orsaken till rörelserna i byggnaden är helt eliminerade²⁸⁸. Detta är en intressant fråga då det inte följer det gängse tillvägagångsättet vid restaurering av traditionella material. Vid restaurering av äldre byggnader utgår man oftast från att ett reparationsmaterial så likt originalmaterialet som möjligt är den mest ideala lösningen materialtekniskt. Detta är alltså inte alltid fallet när det gäller naturlig cement och placerar materialet i ett intressant historiskt gränsland mellan en tid av traditionella väl beprövade byggnadsmaterial och en modernare tid där nya byggnadsmaterial har kommit och gått och i vissa fall inte alltid visat sig fungera idealiskt.

I den tillgängliga litteratur kring naturlig cement diskuteras dessa problem mycket lite, och med undantag för Swann och Hughes rekommendationer för situationer där flexibilitet krävs, har jag inte funnit någon som helst diskussion kring detta. Om denna frånvaro i litteraturen beror på att några praktiska problem faktiskt inte har uppstått, eller på brist på erfarenheter i ämnet får jag än så länge låta vara osagt.

²⁸⁸ Swann, S & Hughes, D.C (uå) s. 21

Anledningen till att man bevarar materialet ställs också på sin spets i och med de ovannämnda situationerna. Bör man välja ett restaureringsmaterial för att byggnaden ska hålla så länge som möjligt, eller för att bibehålla autenticiteten i materialen?

En annan sak som är svår att blunda för när man arbetar med naturlig cement är att denna ofta existerar sida vid sida med portlandcement av äldre typ. Denna portlandcement är mycket olik dagens portlandcement och kan sålunda inte behandlas eller restaureras som nyare cement. Att ensidigt titta på hur man går tillväga när det gäller restaurering av naturlig cement kan bli problematiskt i situationer där båda cementtyperna samexisterar. Margrethe Moe, projektledare för Roman-Portlandprojektet i Norge har väckt denna fråga, då hon själv har stött på byggnader där dessa material finns sida vid sida på samma fasad. Moe har därför efterfrågat mer kunskap kring hur man ska förhålla sig vid restaurering av äldre typer av portlandcement. Roman-Portlandprojektet syftar till att utveckla en metodik kring restaurering av flertalet äldre cementtyper istället för att enbart fokusera på naturlig cement.²⁸⁹



Börshuset uppfördes 1844-49 med fasadputs i naturlig cement. Hur ska det restaureras?

²⁸⁹ Muntligt Margrethe Moe 2009-11-02

7. Sammanfattning

Denna uppsats syftar till att undersöka materialet naturlig cement och dess användning för restaurering. Uppsatsen, som bygger på omfattande litteraturstudier samt ett antal intervjuer kan fungera som ett diskussionsunderlag för eventuella framtida restaureringar med naturlig cement i Sverige.

Naturlig cement, även kallad romacement fick en stor betydelse som byggmaterial i 1800-talets Europa, då det användes dels till konstruktioner i vattenutsatta lägen, dels i stor utsträckning till fasadputs och ornamenteringar. Materialet kom även att bli föregångare till portlandcementet. I Sverige blev materialet inte lika utbrett, men en mindre import från Storbritannien resulterade i ett antal svenska byggnader i naturlig cement, främst lokaliserade till västsverige och Göteborg. Den naturliga cementen slutade användas i början av 1900-talet och har fram till 1990-talet varit relativt bortglömd. Ett antal avslutade och pågående europeiska forskningsprojekt har syftat till att återinföra materialet på marknaden för restaurering av de byggnader där det ursprungligen använts. Det naturliga cementet har tidigare restaurerats med ersättningsmaterial vilket inte har fungerat optimalt. Flera pilotprojekt har nu gjorts i Europa och det nytillverkade materialet finns tillgängligt för försäljning. Naturlig cement tillverkas av naturliga förekomster av lerhaltig kalksten som brännes och males till ett pulver. Naturlig cement är mycket starkt hydrauliskt, och karaktäriseras av en mycket snabb härdningstid, vanligen ca 3 minuter och under. Då råmaterialet är naturligt varierar produkten i egenskaper beroende på härkomst. Materialet är relativt starkt och väderbeständigt. Dess färg varierar i olika nyanser av brunt, brunröd, gulbrunt och rosa. Det naturliga cementet är i allmänhet mycket välbevarat. Restaurering med naturlig cement skiljer sig på många sätt från restaurering med kalkbruk eller portlandcement. Det är mycket viktigt att den som utför restaureringen är medveten om dessa skillnader. Den snabba härdningstiden är en av de aspekter som i hög grad påverkar hanteringen av materialet. Cementet måste alltid användas inom härdningstiden och då denna är mycket kort blir appliceringen ibland komplicerad. Pga härdningstiden kan man endast blanda till små mängder av materialet i taget. Fördröjningsmedel i form av citronsyra kan användas för att förenkla hanteringen av det naturliga cementet. Trots svårigheterna har ett flertal restaureringar redan gjorts med goda resultat ute i Europa. Det kan dock krävas ett nytt sätt att se på restaureringsprocessen. En restaurering med naturlig cement kräver troligtvis en extremt mycket större andel förberedelser än en gängse restaurering med mer kända material. Eftersom materialet varierar mycket i egenskaper bör materialet testas inför varje ny restaurering. Då de rätta förberedelserna och organiseringen är gjord borde restaureringen dock kunna förlöpa effektivt.

Bristen på kunskap och erfarenhet gör i nuläget restaurering med naturlig cement till ett relativt kostsamt och problematiskt projekt. Materialet har dock spelat en stor roll i Europas arkitektoniska utveckling vilket motiverar dess bevarande. I Sverige visar förekomsten av materialet bland annat på Göteborgs goda handelskontakter med Storbritannien. Det är önskvärt att sprida en medvetenhet om materialet och antalet naturcementbyggnader i Sverige. Det skulle också vara en god idé att ta hänsyn till förekomsten av naturlig cement då man gör vård- och underhållsplaner för dessa byggnader. Genom dessa åtgärder skulle man med god framförhållning kunna ta ställning till eventuella framtida restaureringar av naturcementbyggnader i Sverige.

8. Litteratur

8.1 Otryckta källor

Informanter

Torkil Elmqvist,
ansvarig för restaureringen av Heymanska villan, Göteborg. Löpande samtal under
restaureringen 2007 samt e-post 2010-02-08

Christian Gürtner,
stenkonservator som driver Atelier Gürtner i Wien och arbetat praktiskt med naturlig cement.
Intervju 2009-08-27

Sölve Johansson,
restaureringsarkitekt som driver företaget Sölve Johansson Byggkonsult AB och är författare
bl.a till doktorsavhandlingen ”*Hydrauliskt kalkbruk: produktion och användning i Sverige vid
byggande från medeltid till nutid*”. Intervju 2009-07-22, 2009-12-10, samt löpande samtal.

Roman Kozlowski,
deltagare och koordinator i såväl ROCEM-projektet som ROCARE-projektet, kemist och
doktor vid Polish Academy of Science, Krakow och författare till flera inom ROCEM-
projektet utgivna publikationer. Intervju via e-post, 2009-11-26

Marija Milcin,
stenkonservator vid Conservation Department, University of applied arts, Vienna, författare
till diplomarbetet ” *Bauschmuck aus Romanzement – Möglichkeiten der Restaurierung von
Fassadenelementen am Beispiel des Mietshauses Esteplatz 7, 1030 Wien.* ”
Intervju 2009-08-27

Margrethe Moe,
stenkonservator, A.L. Høyer, Oslo. Ansvarig för restaureringen av Oscarhalls slott, Oslo.
Rundvisning på Oscarhalls slott och samtal, 2009-11-02

Pavel Stastny ,
technical advisor, Remmers, Prag. Har arbetat praktiskt med naturlig cement. Intervju via e-
post 2009-12-21.

Johannes Weber,
deltagare i såväl ROCEM-projektet som ROCARE-projektet, professor vid Conservation
Department, University of applied arts, Vienna och författare till flera inom ROCEM-
projektet utgivna publikationer. Intervju 2009-08-26.

8.2 Tryckta källor och litteratur

- Ashurst, J. (1983) *Mortars, plasters and renders in conservation*. Andra upplagan, London: Ecclesiastical Architects and Surveyors Association.
- Ashurst, J.(1988) *Practical building conservation: Volume 3*. Tredje upplagan. Aldershot:Gower technical press Ltd. ISBN 0 29139747
- Calcination of marls to produce roman cement*. (2007C) Hughes, D.C... I: Journal of ASTM International, Vol.4, Nr.1 Paper ID JAI100661 (Publicerad online 2006)
- Calcination of Roman cement: A pilot study using cement-stones from Whitby*.(2008) Hughes, D.C...I: Construction and building materials. Vol.22, Nr.7, 2008, s. 1446-1455
ISSN 0950-0618
- Convention for the protection of the architectural heritage of Europe* (1985). Europarådet, 1985
- The Declaration of Amsterdam* (1975)
- European Commission Research Project: ROCEM, *Roman Cement*, Volume 5 of a series EU-project ROCEM (uå). Bayer, K & Gürtner, C & Hughes, D...
- The European Commission 7th Framework Programme Newsletter issue n°16-August 09*(2009)
- Francis, A.J. (1977) *The Cement Industry 1796-1914: A History*. Andra upplagan. Newton Abbot London North Pomfret Vancouver: David & Charles, ISBN 0-7153-7386-2
- Hellström, B. & Granholm, H. & Eriksson, A. (1945) *Betong*. Stockholm: Bokförlaget natur och kultur
- Hughes, D. & Swann, S. & Gardner, A. (2007A) *Roman Cement: part one: its origins and properties*. I: *Journal of Architectural Conservation*, 2007, vol 13, nr 1, s. 21-35.
- Hughes, D. & Swann, S. & Gardner, A. (2007B) *Roman Cement: part two: Stucco and decorative elements, a conservation strategy*. I: *Journal of Architectural Conservation*, 2007, vol 13, nr 3, s.41-58
- Hydration Processes in Pastes of Roman and American Natural Cements*. (uå) Vyskocilova, R...I: Journal of ASTM International, Vol. 4, Nr.2, Paper ID JAI100669
- Johansson, B.J.O. (2000) *Betong och arkitektur: Betongens utveckling i husbyggandet 1880-1940, med Göteborg som exempel*. I: Form och teknik. Skrift 2000;1Göteborg: Chalmers tekniska högskola. ISSN 1402-0106
- Johansson, S. (2004) *Hydrauliskt kalkbruk* Lic. Göteborgs Universitet.
- Johansson, S. (2006) *Hydrauliskt kalkbruk: produktion och användning i Sverige vid byggande från medeltid till nutid*. Diss. Chalmers tekniska högskola. Göteborg: Acta Universitatis Gothenburgensis. ISBN: 91-7346-569-0

Malinowski, E. (1992) *Puts på gamla hus*. Stockholm: Byggeforskningsrådet
Mertens, G & Elsen, J (uå) *Calcareous hydraulic binders from a historical perspective*.
Katholieke University, Leuven.

Microstructure and mineral composition of roman cements produced at defined calcinations conditions.(2007A) Weber, J... I: *Materials Characterization*. Vol.58, Nr.11-12, 2007, s.1217-1228. Elsevier. ISSN 1044-5803

Milcin, M. (2006) *Bauschmuck aus Romanzement – Möglichkeiten der Restaurierung von Fassadenelementen am Beispiel des Mietshauses Esteplatz 7, 1030 Wien*. Dipl. Conservation Department, University of applied arts, Vienna.

Natural cement as the precursor of portland cement: methodology for its identification.(2005) Varas, M.J.& Alvarez de Buergo, M.& Fort, R.

Oesterreichische Bestimmungen fuer die einheitliche Lieferung und Pruefung von Roman-Cement. Aufgestellt und genehmigt von Oesterreichischen Ingenieur- und Architektenverein(1880) Publicerad första gången i: Tarnawski, A. (1887) *Kalk, Gyps, Cementkalk und Portland-Cement in Oesterreich-Ungarn*. Wien: Selbstverlag.
Engelsk översättning gjord av Roman Koslowski från den polska versionen av ovanstående dokument, publicerad i Krakow 1890 av the Krakow Technical Society.

ROCARE - 'Roman cements for architectural restoration to new high standards', *End-User Advisory Panel, 1st Meeting, 16-17 September 2009*. (2009) University of Applied Arts, Vienna, Austria. Rapport.

Roman cement – key historic material to cover the exteriors of buildings(2005) Adamski, G... I: *International workshop: Repair mortars for historic masonry, Delft University of technology, 26th-28th January 2005: unedited preprints*. (2005) RILEM technical committee;

Roman Cement Mortars in Europe´s Architectural Heritage of the 19th Century (2007B) Weber, J...I: *Journal of ASTM International*, 2007, Vol.4, No.8, Paper ID JAI100667

Rose of Jericho PRODUCT DATA SHEET RJ2.06 ROMAN CEMENTS.

Swann Simon & Hughes David *Conservation of natural cement stuccoes. A review of historic literature, guidance on material selection and conservation strategies*. Rapport till English Heritage. ua, uå Opublicerat manuskript.

Swann, S. (1997) *Roman Cement 1796-1996*. I: *The Journal of the building limes forum: Lime news*. Vol. 5, 1997, s. 38-50. ISSN 0969-9201

Technical specifications: Prompt cement, the roman cement of Grenoble (2007) CTLV GROUPE VICAT Liants Spéciaux D. Sommain. The Louis Vicat technical center materials and microstructures laboratory

Tislova, R. (2008) *Hydration of natural cements*. PhD.thesis. Institute of Catalysis and Surface Chemistry, Polish Academy of Sciences, Krakow

The Venice Charter for the Conservation and Restoration of Monuments and sites (1964)

Internetsidor

www.britannica.com/EBchecked/topic/589923/Thames-Tunnel, 2009-07-18

www.heritagescience.pl/ 2010-02-17

www.remmers.de 2010-05-22

www.rocare.eu 2010-05-22

www.romanportland.net 2009-10-21

www.vicat.com 2009-10-22

Bilaga 1.

Tabell som visar de tekniska egenskaperna hos naturlig cement för gjutningsbruk samt tre olika varianter av putsbruk.²⁹⁰

TABLE 3—Properties of some historic Roman cement mortars: mean values of 3–5 readings and deviation in case of cast mortars, where samples from two different casts had been measured. Values are not corrected for deviations of sample size (note the comments in the methods section).

Property	Unit	Cast	Render 1 (rich in aggregate)	Render 2 (poor in aggregate)	Render 3 (Roman cement-lime blend)
Binder:aggregate ratio	w/w	1:0.5±0.2	1:1.5	1:0.1	1:0.5
Compressive strength	N/mm ²	47.9±2.5	18.4	56.8	10.7
Flexural strength	N/mm ²	3.0±0.7	2.4	0.8 (?)	0.6
Elasticity modulus	kN/mm ²	18.2±1.7	31.3	11.4	5.4
Bulk density	g/cm ³	1.62	1.85	1.47	1.4
Water-accessible porosity	% v/v	30.7±2.1	19.5	37.1	39.3
Total water absorption by immersion (24 h)	% w/w	18.6±1.7	10.4	25.0	27.5
Water absorption coefficient	kg/m ² √h	7.0±0.7	4.42	12.75	22.67
Watervapor diffusion coefficient μ		23.5±0.5	28	20	18

²⁹⁰ Weber, J...(2007B) s. 13

Bilaga 2.

Hitills kända naturcementbyggnader i Sverige

Beståndet av naturcementbyggnader i Sverige har inte undersökts i någon högre grad. Följande är en lista över hitills bekräftade naturcementbyggnader i Sverige. Listan är sammanställd utifrån kapitlet *Naturligt cement* Sölve Johanssons doktorsavhandling *Hydrauliskt kalkbruk: produktion och användning i Sverige vid byggande från medeltid till nuti*, samt utifrån muntliga uppgifter från Sölve Johansson.

Essenska villan, Helsingborg. Uppförd 1846-48. Fasadputs och fasaddekorationer i naturlig cement. Förekomsten har bekräftats okulärt samt genom bruksanalys, arkiv- och litteraturuppgifter.

Börshuset, Göteborg. Uppfört 1844-49. Fasadputs och fasaddekorationer i naturlig cement. Förekomsten har bekräftats okulärt samt genom bruksanalys, arkiv- och litteraturuppgifter.

Stora teatern, Göteborg. Uppförd 1856. Ej bevarade fasaddekorationer i naturlig cement. Förekomsten har bekräftats genom muntliga uppgifter samt litteratur.

Götha källare, Göteborg. Uppförd 1810, ombyggd 1860. Byggnaden har eller har haft fasadputs i naturlig cement. Förekomsten bekräftas genom litteraturuppgifter.

Chalmerska slöjdskolan, Göteborg. Uppförd 1867-69. Fasaddekorationer samt fogar i naturlig cement. Förekomsten har bekräftats okulärt samt genom litteraturuppgifter.

Heymanska villan, Göteborg. Uppförd 1874. Fasadputs och fasaddekorationer i naturlig cement. Förekomsten har bekräftats okulärt samt genom bruksanalys och litteraturuppgifter.

Kvarteret Almen, Göteborg. Uppfört 1877-79. Fasadputs och fasaddekorationer i naturlig cement. Förekomsten har bekräftats okulärt samt genom bruksanalys och litteraturuppgifter.

Rådhuset, Göteborg, västra flygeln. Uppförd 1869. Mycket sannolikt fasadputs i naturlig cement. Förekomsten har bekräftats okulärt samt genom litteraturuppgifter.

Rådhuset, Marstrand. Uppfört 1647, ombyggt 1867. Fasadputs och fasaddekorationer i naturlig cement. Förekomsten har bekräftats okulärt samt genom bruksanalys.

Rådhuset, Karlstad. Uppfört 1868-69. Fasaddekorationer i naturlig cement. Förekomsten har bekräftats okulärt samt genom bruksanalys och litteraturuppgifter.

Gamla lasarettet, Vänersborg. Uppfört 1877-79. Fasaddekorationer i naturlig cement. Förekomsten har bekräftats okulärt samt genom bruksanalys.

Nolhaga slott, Alingsås. Uppfört 1879-80. Fasaddekorationer i naturlig cement. Förekomsten har bekräftats okulärt samt genom bruksanalys.

