

MURBRUKETS HISTORIA



Ur Lars Östlunds arkiv.

**Innehåller de fakta om mur- och putsbruk som varje
vårdare av traditionella murverk bör känna till**

av Knut Åkesson & Åke Thorsén

Tillägnad minnet av projektets initiativtagare professor Sven B.F. Jansson (Run-Janne).

Om projektet

Allt började under mitten av 1960-talet när jag renoverade en liten smedja på Djurö för familjen Jansson (Tuss & ”Run-Janne”). Run-Janne var då Riksantikvarie som oroade sig starkt för hur renoveringen av ringmuren i Visby gick till eftersom cement kom till användning. Denna oro drev honom att låta anordna en praktiskt inriktad kurs på Gotland för några arbetsledare för restaureringsarbeten under ledning av SIFU. I denna kurs blev jag vänligen anmodad att delta. De praktiska momenten under kursen leddes av David Simander. Under dessa fick vi ta prover på medeltida intakta mur- och putsbruk. Vi löste sedan proverna i saltsyra för att utröna hur stor andel som var sand.

Flertalet av analyserna visade att andelen sand vikt-mässigt endast var 50-60%. När vi sen provade att upprepa detta blandningsförhållande med vår tids välbrända kalkpasta från Heinum och sand förlorades dock allt i påtaglig krympning.

Denna fråga drev mig till att under 1970-80-talen väga kalksten, bränna den med ved i en grop och slutligt innan släckning väga den igen varvid framkom att bränningen i gången tid gav förhållandevis lågt utbyte av kalkoxid som kunde släckas. Resten var rostad skör kalksten som lätt kunde smulas sönder för att ingå i bruket, därav alla vita klumpar i gamla mur- och putsbruk.

– Knut Åkesson



Innehåll – Mur- & putsbrukens utveckling genom tiderna

Kalken vi använder	3
Del 1. Lufthårdnande bruk	4
<i>Historisk tillverkning av kalkbruk</i>	5
<i>Bränning och släckning i gången tid</i>	6
<i>Traditionellt murbruk - murbruk 1:1</i>	8
<i>Mureriet fram till 1940-tal</i>	10
<i>Vår tids murbruk - murbruk 1:3</i>	12
<i>Problemexempel</i>	14
<i>Våra erfarenheter</i>	15
<i>Putsåtervinning</i>	16
Del 2. Hydrauliska mur- och putsbruk	17
<i>Kalksten som efter bränning och släckning gav varierande grad av hydraulisk verkan har brutits i nästan hela nordens</i>	18
<i>Hydrauliskt kalkbruk</i>	19
Del 3. Cementbruk	20
<i>Tillverkning av cement</i>	21
<i>Konsten att sätta samman höglastiska mur- och putsbruk</i>	22
Fortsatt utveckling	23

Av Knut Åkesson & Åke Thorsén • ©ECS-Teknik AB

Denna skrift uppläts för användning i de projekt där ECS-Teknik AB deltar.

Mur- och putsbrukens utveckling genom tiderna

Kalken vi använder

Kalksten som bildats av korallrev och fossiler från Kambrium och Silurtiden sjunker ihop och sedimenterar på havsbottnarna och formar tjocka rev tillsammans med leravlagringar. De bildar där den porösare bergarten **revkalksten**. Med lera, ofta järnhaltig, som sedimenterat in i kalkstenslagren kallas den för **märgelsten**.

Kalksten, kalkspat och **dolomit**, är kalksorter som kan smälta ned och ombildas av jordvärmens och högt tryck. Den omvandlade kalken benämns efter detta för **kristallin kalksten** eller **metamorf kalksten**. Sådan kalksten finns på många håll i Sveriges malmförande områden och kallas där på grund av sin höga ålder för **urkalksten**.

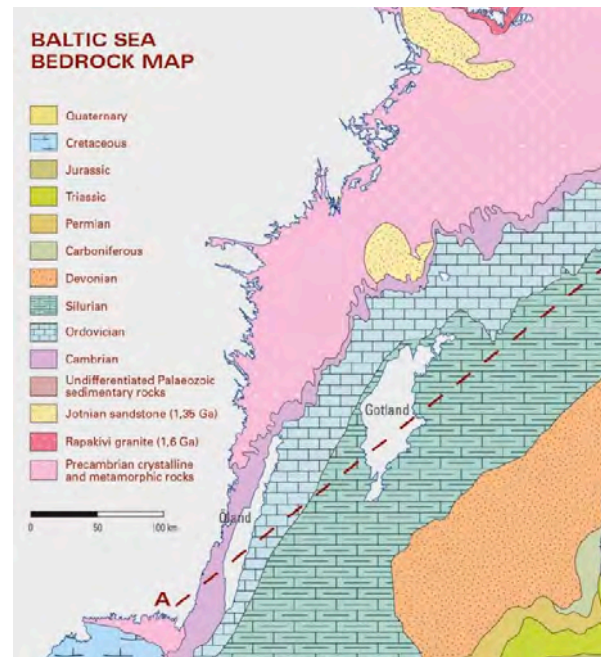
Marmor är en sådan metamorf bergart som bildats då kalkspat och dolomit (kalciummagnesium-karbonat) smälts ihop och stelnat igen. Den berömda italienska marmorn från Carrara är helt vit och har sitt ursprung som kalkspat.

Beroende på kalkstenens renhet får den efter bränning och släckning som bindemedel luftt hårdnande eller hydrauliska egenskaper. Vid cementtillverkning i Slite använder man en blandning av övre och undre Visbykalksten plus märgelsten.

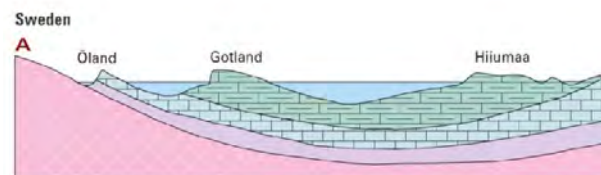
Av vidstående geologiska kartblad framgår att Ölandskalken är äldre och innehåller lägre halt av svavel än Gotlandskalken.

Utdrag ur Carl von Linnés "Ölandsresa år 1741"

"Stenbrytning har äfven begynts på östra sidan i Persnäs' och Föra socknar. Här märkte vi en synnerlig omständighet af själfva arten på kalkstenen, i det att alfvarstenen är bättre uti torra rum, men hafsstenen är tjänligare att stå emot vatten; den stenen, som tages på hafssidan, fuktar sig mot våtväder, spricker och sprakar mer i elden."



Exemplen från den geologiska kartan är tagen ur Sara Eliason et al. (2010). Geoturism highlights of Gotland (ISBN 978-9985-9973-4-5).



Ölandskalken är ordovisisk och äldre än den siluriska Gotlandskalken.



Här syns kalksten med lämningar från urtidsdjur.

DEL 1. LUFTHÅRDNANDE BRUK

I följande text beskriver vi mur- och putsbrukens sannolika utveckling genom tiderna. Vi förklarar varför oändligt långa murar och tjocka putser från förr fortfarande består medan murverk och putser från vår tid rämnar. Vår text är ett resultat av mer än 50 års erfarenheter av arbete, praktisk forskning och provning med murbruk och kalkfärg från alla epoker i Europa.



Strömsholms slott efter Härlemans ombyggnad i mitten av 1700-talet. Senast fasadrenoverat 1985-1987 med smärre putsläggning och omkalkning.

För tusentals år sedan kan det hela ha börjat med att någon eller några personer upplevde hur kalkstenen efter stark långvarig upphettning blev lättare och fräste vid vattenbegjutning och att värme utvecklades medan den nästan upplöstes till en värling som med tiden krympte och sakta återtog hård struktur. **Kalkstenen består viktsmässigt av ca 55% kalkoxid (CaO) och ca 45% koldioxid CO₂.**

Upplevelser av kretsloppet som här beskrivs ledde med tiden till att kalkstenen brändes och släcktes till bindemedel i murbruk så att primitivare boställen efterhand kunde överges. Mur- och putsbruken med bindemedel av kalk eller cement blev ett av de mest betydelsefulla byggmaterial som någonsin skapats.

Historisk tillverkning av kalkbruk



Ca 10 år före Kristus författade Vitruvius, som var arkitekt i Rom under antiken, tio böcker (eller mer korrekt bokrullar) om arkitektur. I Bok 7 skriver han följande. ”Vid val av kalkbruk måste man vara uppmärksam på användningsområdet. Om det gäller murningsarbeten ska kalken vara av hård och tung sten. Medan till putsning av fasader och väggar ska en porös och lätt kalksten användas.”

Vid alla former av stuckarbeten var det viktigt att välja bästa möjliga kalk och se till att den blivit ordentligt och länge uppblött innan den kunde användas. Bitar eller klumpar som blivit mindre brända än övriga måste därför få extra tid att hinna bli genomdränkta och upplösta. Om man inte gjorde så utan använde kalken direkt när den kom ut ur ugnen skulle det i de påföljande mur- och putsarbetena uppstå blåsor vilka härrörde från små otillräckligt släckta kalkbitar. Dessa skulle komma att svälla och bryta sönder putsen och förstöra hela ytan.

Kontrollen att kalken hade blivit tillräckligt släckt bestod i att man högg i den med en järnhacka. Om hackan stötte på små klumpar var kalken otillräckligt släckt. Om järnhackan var torr och ren när man drog ut den var kalken för tunn och inte tillräckligt indränkt i vatten. Om kalken var fet och klabbig och fastnade på hackan kunde man vara säker på att den var tillräckligt uppblött. Först då kunde man tillåta att resa byggnadsställningarna och börja mura byggnadernas valv.

Men redan före Vitruvius tid hade man vid byggandet av pyramiderna i Giza i Egypten för 4500 år sedan använt bruk baserade på gips. Långt senare, under 1800-talet, användes ett liknande typ av gipsbruk till renovering av centrala Paris, så kallat ”Parisputs”. Orsaken var att man hade funnit stora mängder av naturligt gips i marken under Montmartre i stadens närområde.

Endast några få gipsputsade ytor återstår idag på gamla byggnader. De flesta blev på kort tid förstörda av fuktskador eftersom gipsputsens inte kunde bilda vattentåligena och stabila hydrater vilket var en förutsättning i den kalla och fuktiga miljö som gällde för Paris. I ökenklimatet kring pyramiderna däremot rådde torr och varm omgivning som var den rätta för gipsputsens tusenåriga beständighet.



Bränning och släckning i gången tid

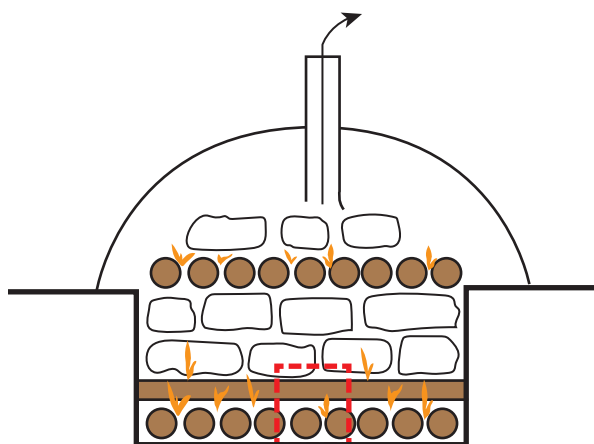
Till att börja med skedde framställningen väldigt enkelt vid byggplatsen genom att kalksten varvades med ved i en grop, täcktes och brändes. När stenen svalnat släcktes den med vatten och blandades direkt med sand varpå allt sammanpiskades till murbruk i förhållande 1:1.

Kalkbränningen blev med vår tids kvalitetskrav ofullständig då merparten av stenen inte blev så bränd att den kunde släckas till bindemedel. Det som inte släcktes blev dock så skört av värmen att det lätt kunde piskas sönder och samman utan att det blev allt för många stora klumpar i det färdiga bruket.

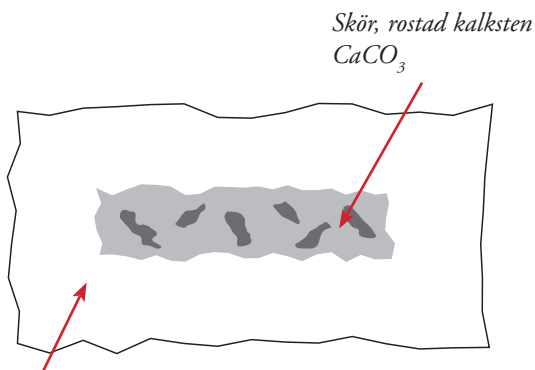
Murbruken blev kalkrika och därför så elastiska att oändligt långa murverk kunde skapas och bestå under århundraden, utan att speciella spänningsupptagande dilatationsfogar behövde anordnas.

Kvalitets- och funktionsmässigt överglänser de forna kalkrika mur- och putsbruken det mesta av vad som tillverkats efter 1940-talet.

I nordiskt klimat kräver de gott skydd mot fukt och skall vara så tjocka att tillförd fukt får plats utan att porerna står vattenfyllda när frosten slår till.



Kalkbränning i grop som anordnades i sluttning.

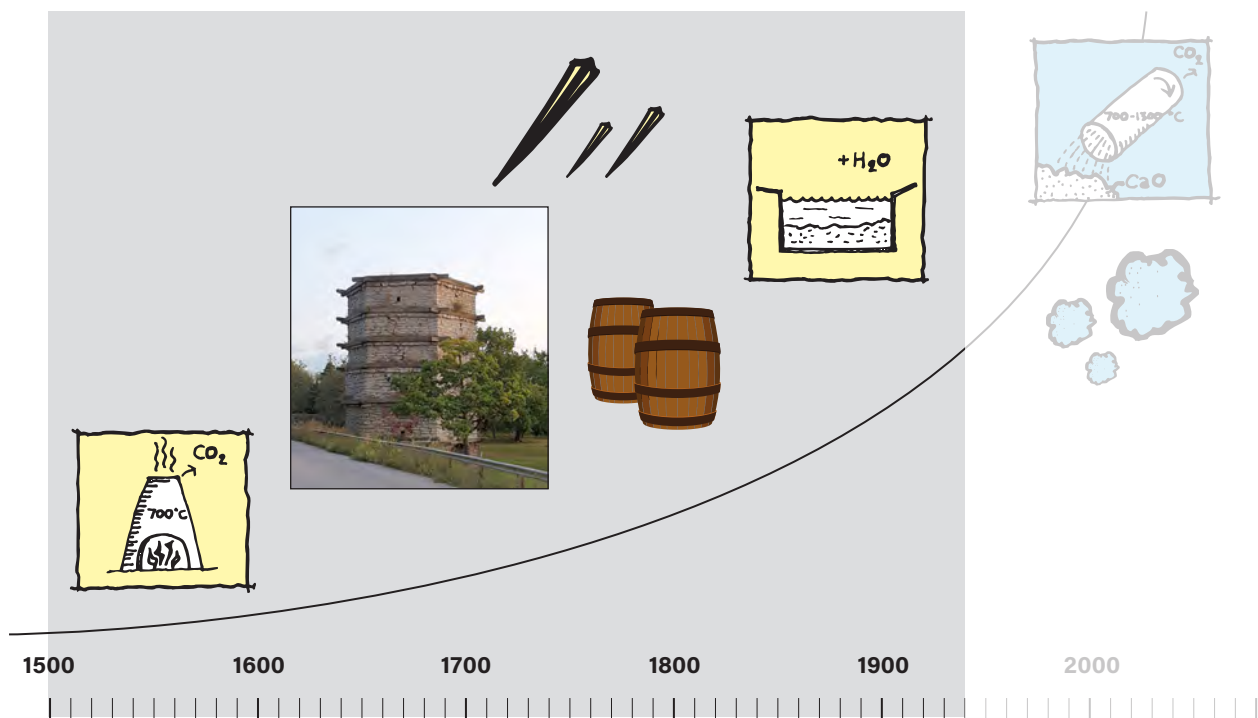


Kalciumoxid CaO som med H₂O släcks till Ca(OH)₂



Kalkrika mur- och putsbruk utan krympsprickor med inslag av rostade mjuka kalkklumpar. Båda med lika vikt delar kalk och den ballast som fanns tillhands.





Kalkstenen brändes med ved varvid endast 15-20% av stenens vikt förlorades. Den släcktes sedan i ett överskott av vatten, från början väldigt primitivt intill bygplatsen.



Med förbättrade ugnar levererades ofta bränd kalksten (CaO) i tunnor för våtsläckning där murbruket tillreddes. Den brända kalken hade i förbättrade ugnar förlorat 25-30% av sin vikt.

Kalkkristaller av återbildad vedbränd våtsläckt kalk kännetecknas av att de är mångfacetterade med hög bindkraft och ljusreflektion.



Metoden gav ofta lågt utbyte av bindemedelskalk vilket medförde att man kunde blanda lika delar ballast och kalk utan att få problem med krympsprickor. Dessutom medgav murbruket oändligt långa murar utan dilatationsfogar.

Vedbränd våtsläckt kalk används numera i murbruk och putser i och på medeltida murverk samt i kalkfärger på kalkputs 1:1.

Recept för underhåll av murverk utan dilatationsfogar

Recept: Mur- och putsbruk

- En burk kalkpasta 25 kg med 50% torrhalt
- 37,5 kg mald kalksten 0-2 mm
- 50 kg sand som ballast 0-2 mm.

Recept kalkfärgsbas

- 25 kg kalkpasta
- 90 l rent vatten
- Pigment enligt kalkfärgslikaren

Traditionellt murbruk

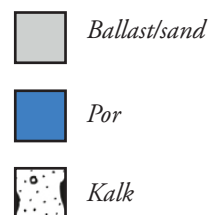
Murbruk 1:1

Genom århundraden har kalk bränts och släckts under enkla omständigheter. Den brända kalken piskades sedan samman med den ballast som fanns till hands till mur- och putsbruk som ofta fick de rätta egenskaperna.

Med rätta egenskaper menar vi att bruket, genom elasticitet, ska ta upp krafterna från murstenarnas temperaturdrivna volymförändringar så att dessa icke fortplantas och ökar i sidled.

Många av våra äldre byggnadsverk utgör fortfarande synbarliga bevis på hur väl detta fungerade.

Det traditionella murbruket kännetecknas av att det är smidigt att arbeta med och är en mikroskopisk porös avbild av muren, de enskilda ballastkornen och murstenarna ligger inbäddade i kalk och porer. Ballasten ger stadga åt bruket och minskar kalkåtgången märkbart.



Elastiskt murverk som skyddas under fredstak.

Vid analys av äldre intakta murbruk kännetecknas de av att andelarna kalk och ballast vikt- mässigt nästan är lika.

Man tog en del kalk med låg bindemedelshalt som piskades samman med en lika stor del sand. Detta kunde ske utan att bruket drabbades av de problem med krympning som alltid uppstår när andelen bindemedel överstiger 13 viktprocent.

Det kalkrika murbruket som vi idag benämner 1:1 blir så elastiskt att det tar upp rörelser även från större murstenars temperaturdrivna volymförändringar så att svällkrafterna inte fortplantas och ökar i sidled.



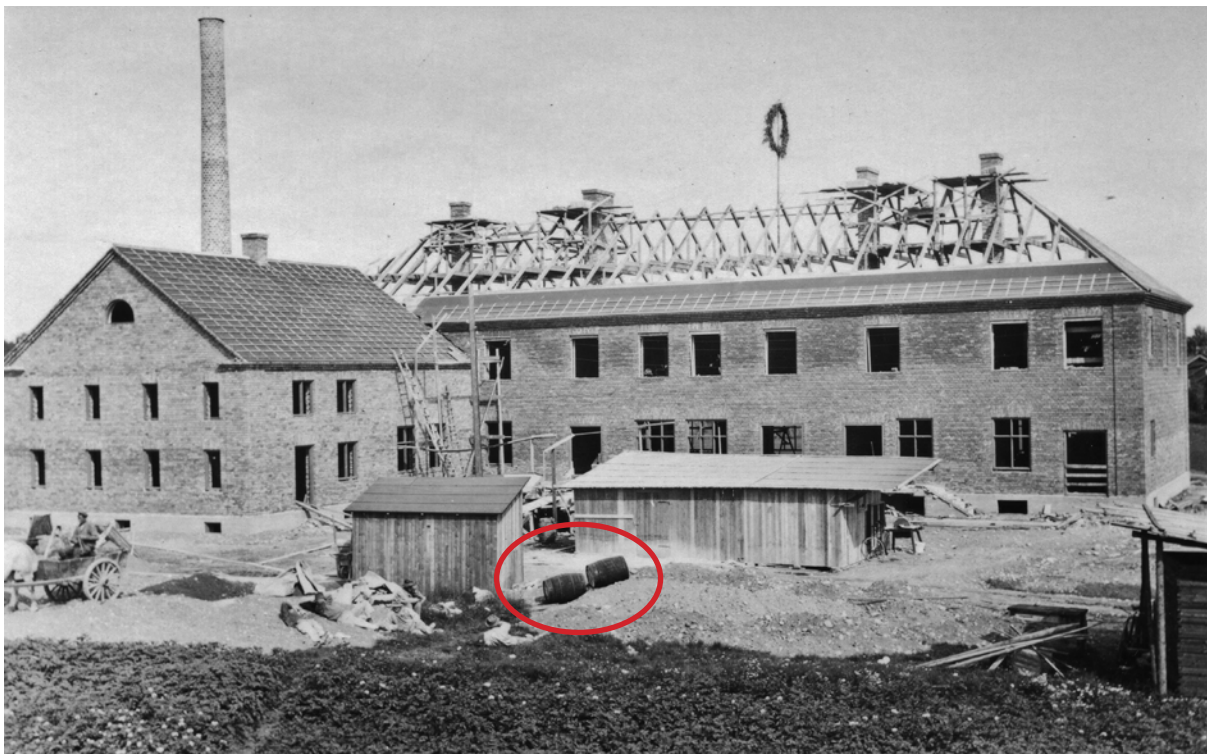
400 år gammalt murbruk med smärre kalkklumpar och träkolsfragment.

"Vid krympning uppstår sprickor och i puts släpper skiktet från underlaget även om sprickan rivs igen!"



Elastisk fog medger att murstenen inom vissa gränser kan bli större och mindre utan att det påverkar stenarna intill.

Mureriet fram till 1940-tal



Mejeriet i Krylbo. Ur Lars Östlunds arkiv.

Bilden ovan visar hur murarens arbetsplats kunde se ut 1926. De maskiner och skyddsåtgärder som vi nu tar för givna saknas helt, allt utfördes med handkraft.

Skorstenarna är murade och taktäckning pågår inför höstens komplettering med fasadsnickerier och invändig putsning.

Till vänster syns en hästdragen kärra där kusken suttit upp efter leverans av något som synes vara kolstybb.

Till höger om kalkboden ligger i gruset ett par packstenstunnor av trä som tömts på sitt innehåll av bränd kalksten (CaO).

I kalkboden släcktes den brända kalken med vatten och piskades samman med ballast till mur- och putsbruk.

Murbruket förstärktes med cement och grus till betongen för underbyggnad och bjälklag.

Marken mellan bodarna och nederdelen på stora boden är vita av spill från kalk och cement.

Mureriet förutsätter kalkens eviga kretslopp:

BRÄNNING: $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$

Kalciumcarbonat (CaCO_3) som värms upp bildar kalciumoxid (CaO) och koldioxid (CO_2). Koldioxid (CO_2) avgår i luften och kalciumoxid (CaO), som även kallas bränd kalk blir kvar. Denna process brukar kallas "kalcinering".

SLÄCKNING: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$

När vatten (H_2O) sätts till kalciumoxid (CaO) bildas värme och kalciumhydroxid (Ca(OH)_2) som även kallas släckt kalk.

HÄRDNING: $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

Kalciumhydroxid (Ca(OH)_2) som används i tex murbruk återupptar koldioxid (CO_2) ur luften och återbildas till kalciumkarbonat (CaCO_3). Samtidigt frigörs vattenmolekyler som avdunstar.

Bilden till höger är tagen 1921-22 och visar uppförandet av Avesta lasarett.

Murare, hantlangare och de som släckte den brända kalken och blandade bruket har här en stund för vila och återhämtning.

I bägge bilderna syns nyöppnade packstenstunnor (inringade med rött).



Ur Lars Östlunds arkiv.



Traditionellt murverk.

Vår tids murbruk

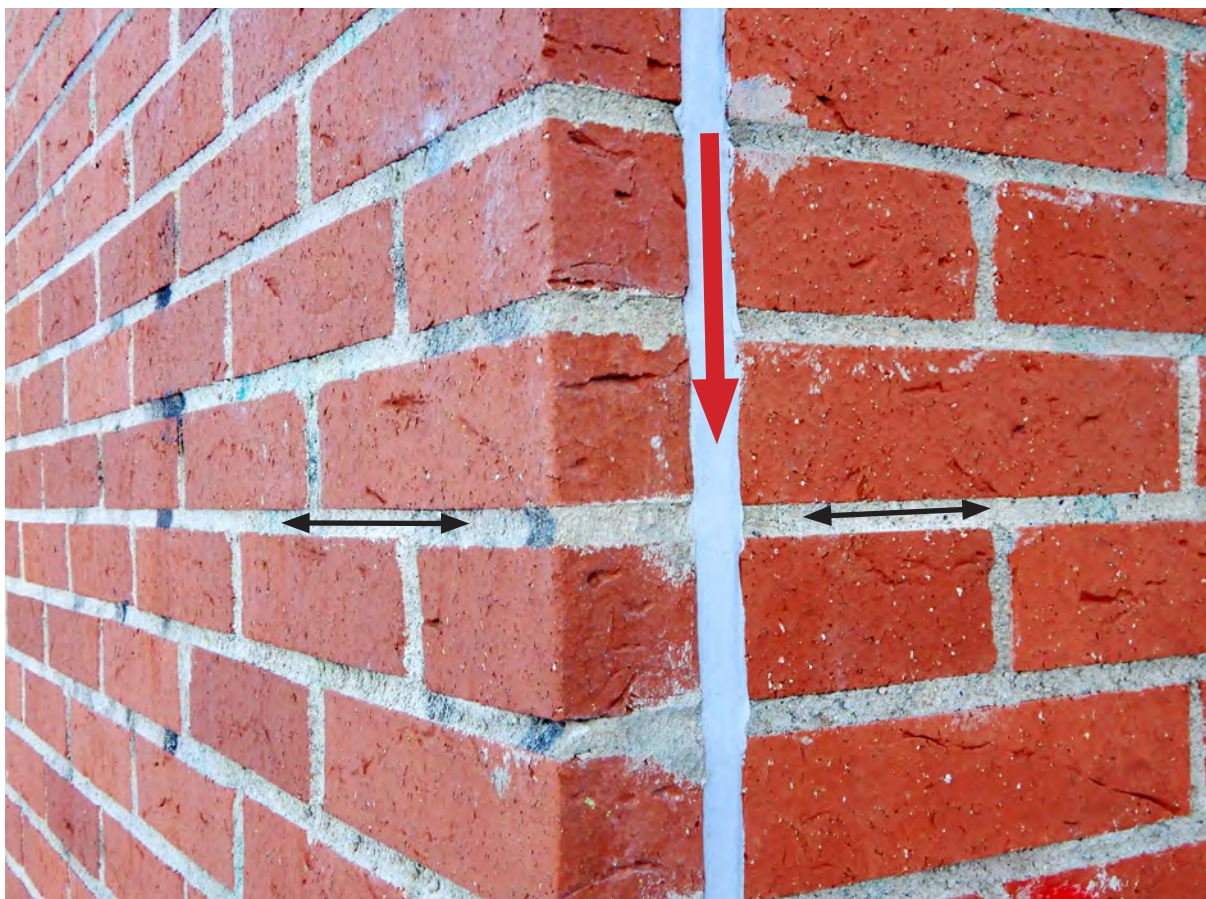
Murbruk 1:3

1900-talet kännetecknas i mureriet av att cement användes allt flitigare även för underhåll av kulturobjekt. Problemen med dessa bruk visade sig vara flera.

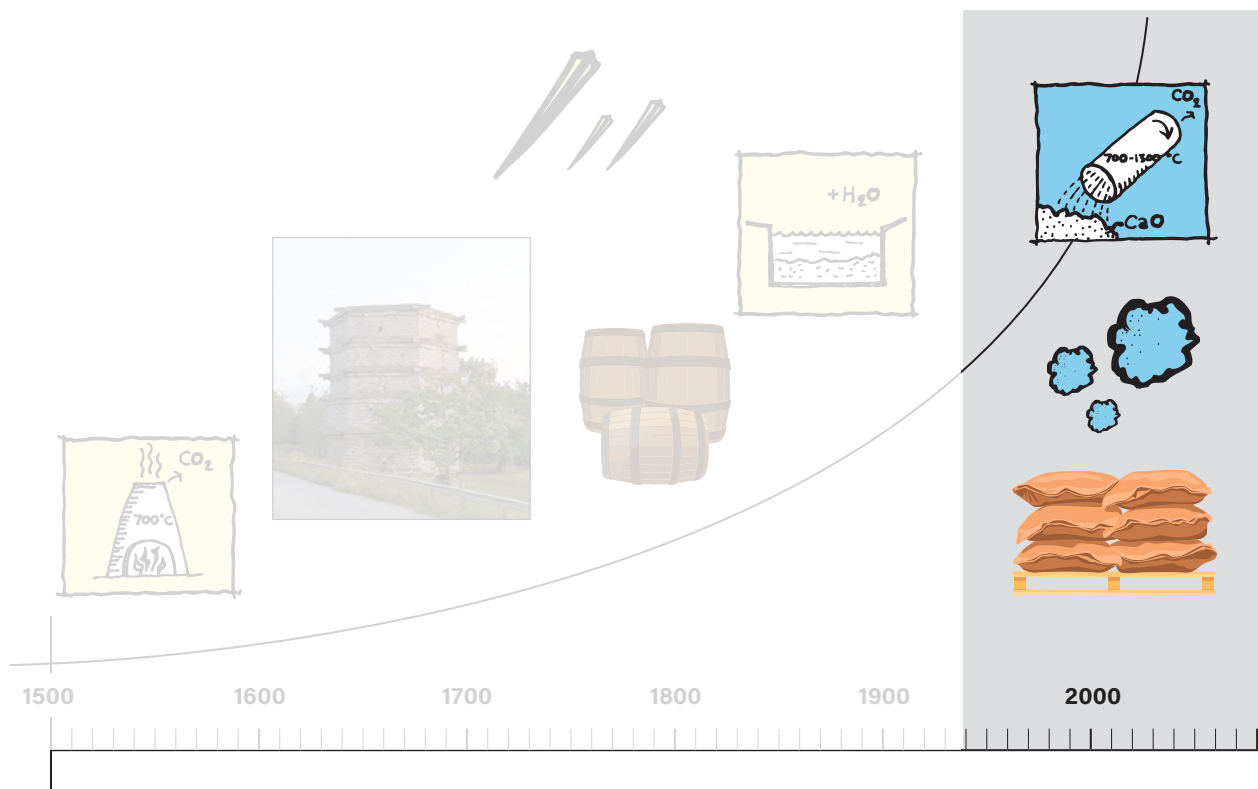
Med tiden och ökat byggande utvecklades produktionen till att bli en industri där nästan all kalksten som brändes blev bindemedel, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ som till max 13 viktprocent kunde användas i murbruket. Därmed förändrades brukets egenskaper.

Cementen ansågs sedermera ha orsakat en mängd problem som drabbat mureriet, trots att dessa oftast kunde härledas till övergången till magra sandrikare bruk oavsett bindemedel.

De kalkrika 1:1-bruken ersattes till sist av sandrika 1:3-bruk. Bruken blev magra och saknade elasticitet varför dilatationsfogar måste anordnas, även i nya tegelmurverk där liggfogen blivit en tryckstång som trycker hörnen från muren.



Temperaturskillnaderna mellan dag och natt och mellan årstider utlöser volymsförändringar i muren. Den röda pilen visar dilatationsfog där volymsförändringar tas upp.



Kalkstenen bränns med fossila bränslen och torrsläcket med exakt rätt mängd vatten så att leverans kan ske torrt i säckar.

Kalkkristaller som bildas liknar tennisbollar med lägre bindkraft. De kan utgöra max 13% av brukets torrsvikt.



Industriproduktionen genom bränning med fossila bränslen och exakt torrsläckning förenklade framställning och transport av bindemedelskalk oerhört, men resulterade i slutänden i att brukens elastiska egenskaper förlorades samtidigt som de blev känsliga för termiska variationer.

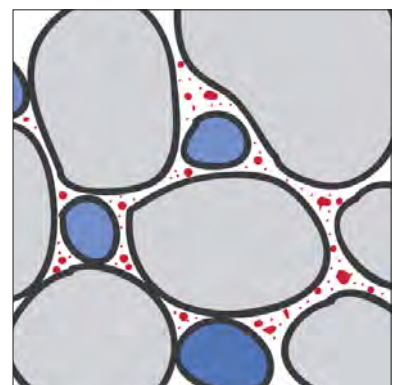
För att undvika krympning under brukets härdning ändrades recepten efterhand från 1950-tal och framåt till sandrika, magra 1:3 bruk

Så här såg recept för 100 kg 1950-tals bruk ut:

- 8 kg Torrsläckt kalk
- 4 kg Cement
- 88 kg Sand + kemiska porbildare och konsistensgivare

Så här borde det ha sett ut för samma mängd:

- 13 kg Torrsläckt kalk
- 37 kg Mald silurisk kalksten 0-1 mm
- 50 kg Sand 0-3 mm



- Ballast
- Por
- Bindemedel

Detta sandrika bruk benämner vi 1:3 och binds med kalk och/eller cement. Brukets smidighet och porositet ordnas med tillsats av olika kemiska preparat.

Problememempel

Ringmuren på nedanstående bild saknar tätt fredstak och raserades under början på 2000-talet efter att under 1950-60-talen ha omfogats med magert kalkcementbruk motsvarande 1:3.



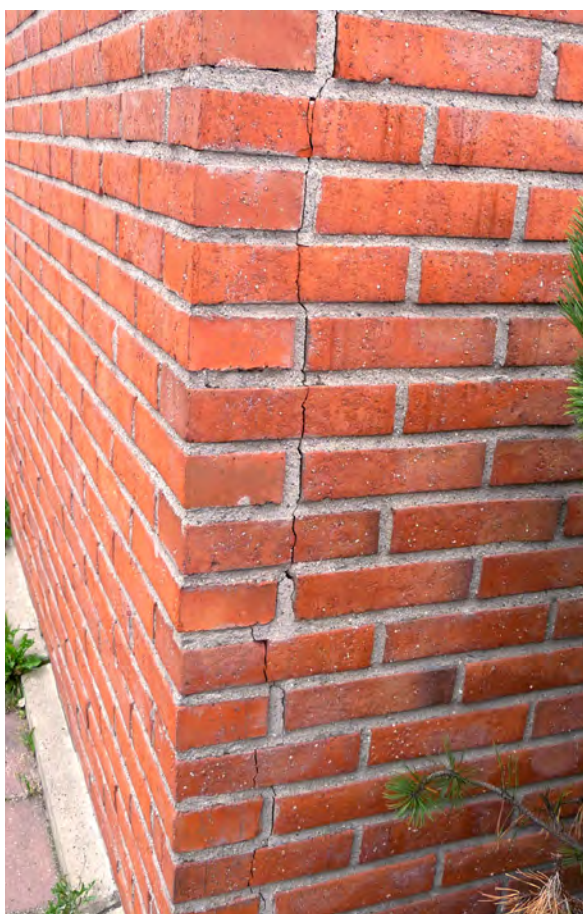
Exempel på deformerad naturstensmur som omfogats med sandrikt oelastiskt bruk. Med tiden uppstår och ökar sidokrafter i skalmurens yttre del i sådan omfattning att utbuktande partier trycks av.

Det täta fogbruket hindrade dessutom fukt som trängte in via murens oskyddade krön att lämna murkärnan.

Murverken i flertalet av våra äldre fästningsverk redovisar idag påtagliga fukt och statiska problem efter att de under 1950-70-talen omfogats med täta oelastiska 1:3 bruk. Se rapport ”Rikets fästningar 1992”.

Anmärkning

Mycket av mureriets sköna konst förlorades i och med att kalkbindemedlet framställes industriellt, men detta är ej ohjälpligt. Se nästa sida.



Exempel från ny tegelskalmur som växer över hörnen pga att liggfogarna utgör långa tryckstänger av hårt 1:3 bruk,

Våra erfarenheter

Vårt intresse för brukets kvalitetsproblem väcktes under 1970-talet vid samarbete med bl.a Ivar Öhrnelius på Stråbruken AB om hur nytt lagningsbruk till Skokloster och Strömsholm skulle tillredas. De analyser och försök som startade på 1970-talet visar att det i nordiskt klimat är den rikliga inblandningen av kiselsand som är den verkliga orsaken.

Slutsatser efter lång tids provningar i laboratorie och i fullskala:

- Halten bindemedelskalk får ej överstiga 13 viktprocent.
- Brukets kalkhalt bestäms av att andelen ballast av kiselsand hålls nere genom utbyte mot mald kalksten som ersättning för gången tids rostade kalk.
- **Principerna ovan gäller vid arbete på och i äldre murverk med bindemedlen lufthårdnande kalk, hydraulisk kalk och cement.**

Genom detta har vi i modern tid kunnat återskapa det bruk som har de tekniskt rätta egenskaperna som traditionella murverk kräver, se sidan 8. Nu gläds vi med våra uppdragsgivare åt att resultatet av våra analyser och provningar idag medför att klassiska och "kalkrika" mur- och putsbruk alltmer används för vård och underhåll i nordiska kulturmiljöer.



Vy mot ryska sidan i Narva.

Putsåtervinning

I nedanstående exempel vill vi berätta om Våmhus kyrka som byggdes 1789-1794 av otuktad natursten med tegel vid öppningar. År 1996 tog vi ned all puts från kyrkans torn. Putsen på det ojämna murverket bestod av 4-15 cm kalkbruk motsvarande 1:2 och på detta fanns ett ca 2,5 cm KC-bruk motsvarande 1:3.

Det översta lagret KC-bruk drog sönder kalkputsen och föll sedan ned i bitar. Den nedtagna putsen maldes och kompletterades med fyllnads- och bindemedelskalk till 1:1 som slogs på i många, tunna skikt som preparerats med kolsyrevatten.



Våmhus kyrka 25 år efter renovering, 2020 07 12.

DEL 2. HYDRAULISKA MUR- & PUTSBRUK

De lufthårdnande bruken som redovisas på föregående sidor härdar långsamt, utifrån och inåt genom upptagning av koldioxid ur luften. De kräver därför att man arbetar med tunna skikt som börjat härda innan nästa skikt anbringas i rätt fukt- och temperaturmiljö.

Inom mureriet har man sedan före pyramiderna provat med varierande tillsatser för att säkra brukens härdning och vidhäftning enligt följande exempel av Åke Thorsén som vi samarbetar med för att göra följande avsnitt trovärdiga.

Under historiens gång har man experimenterat med att tillsätta allehanda främmande ämnen för att få fram extra hydrauliska egenskaper i sin lokala kalk.

Går vi till romartiden skriver historikern Plinius i sin bok "Historia Naturalis" hur man framställde kalkbruk till våta utrymmen. Plinius berättade att man först brände kalkstenen och sedan släckte den med vin(!) Efter detta bankades den ihop med ister och fikon.



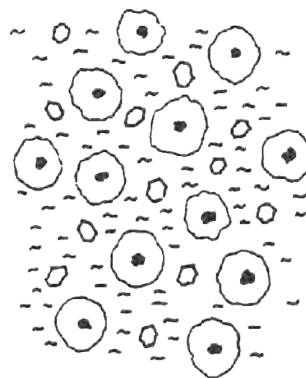
I "Historia Naturalis" berättar Plinius om hur man bränner kalksten och sedan släcker den med vin.

Vid putsning förbehandlades underlaget med olivolja och bruket fick därmed mycket god vidhäftning och härdade till en styrka hårdare än sten.

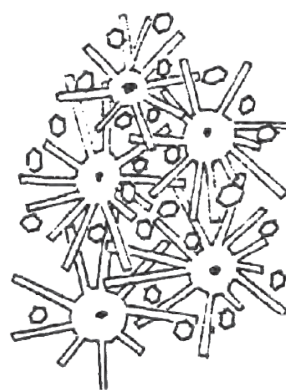
Plinius hade i sin tur knyckt receptet från ännu äldre kunskapskällor. Det var egypternas metod han beskrev och de använde den till beredning av kalkslammor och kalkfärg för ytseläggning av pyramidernas kalkstensbeklädnad.

Hydratiseringen

De hydrauliska bindemedlen härdar genom hydratisering där ett gel bildas runt närvarande partiklar av kalciumhydroxid och kisel. Under härdningen (som kräver vatten) bildas fibrösa utskott som hakar tag i varandra och skapar ett nätverk genom hela massan samtidigt, se nedanstående illustrationer.

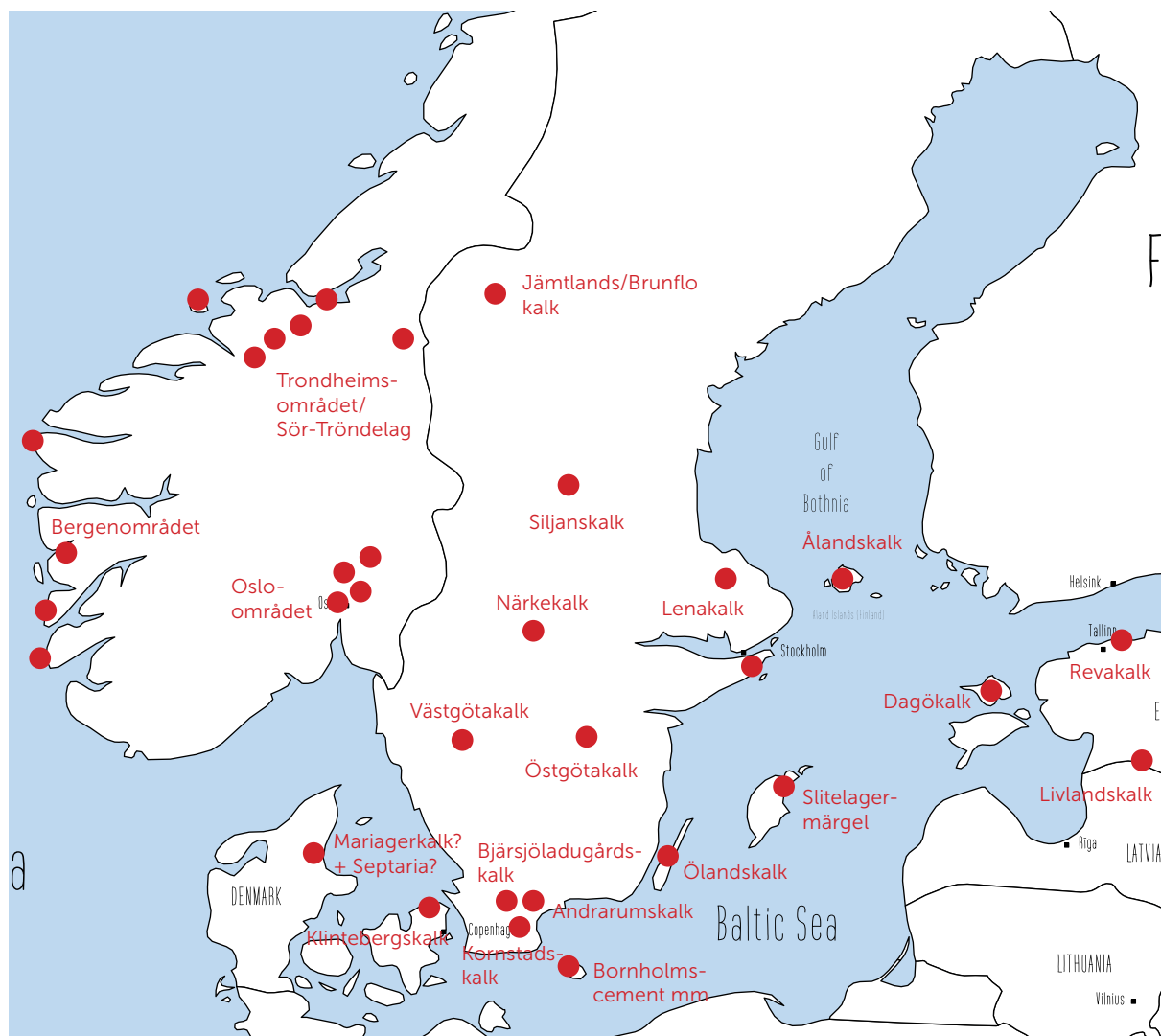


1. Gel har bildats runt partiklarna av kalcium och kisel.



2. Fibrösa utskott som hakar tag i varandra och skapar ett nätverk genom hela massan bildas under härdningen.

Kalksten som efter bränning och släckning gav varierande grad av hydraulisk verkan har brutits i nästan hela Norden



De hydrauliska egenskaperna uppstod genom att kalkstenen kan innehålla kiseldioxid SiO_2 , Aluminiumoxid Al_2O_3 och Järnoxid Fe_2O_3 i varierande grad beroende på var kalkbrottet låg och vad som tillförts under kalkens sedimentering.

Den helt rena och släckta kalken hade sina begränsningar som bindemedel när det gällde nordiskt klimat med kalla vintrar. Produkten hårdnade (karbonatiserade) endast genom att luftens koldioxid reagerade med kalciumet i bruket. Detta pågick under en långsam tillstyvnadsprocess som blev allt långsammare ju svalare omgivningen var.

För att kunna putsas och mura även i svalare väder fann man på att en viss orenhet i kalken var gynnsam för hållfasthetstillväxten. Det gav utrymme för en rad kalkprodukter med inblandningar av silikater, dolomiter, lera och cement vilka reagerade genom hydratisering.

De första bildade grupperna KH och KKH-bruk och de senare KC-bruk. De naturliga hydrauliska brukerna kunde förutom kalk ha inblandningar av lösliga silikater och magnesium. Hårdnandet i dessa bruk skedde genom såväl karbonatisering som hydratisering.

Hydrauliskt kalkbruk

Analys av murbruk och putser i och på medeltida byggnadsverk visar att all bränning och släckning av kalksten utfördes med ved och vatten som beskrivs i föregående avsnitt om lufthårdnande kalk.

Fram till slutet på 1600-talet var man ovetande om den släckta kalkens eventuella hydrauliska egenskaper. Man brände den kalk som fanns till hands där viss kalk tarvade låg temperatur vid bränning och varsam stukasläckning tillsammans med sand eftersom den annars hårdnade för snabbt.

Under 1700-talet utvecklades kunskaperna om hydraulisk kalk varvid man vid tillredning av bruket bytte ut en del av sandballasten mot tegelkross eller skiffermjöl. Fasaderna på Strömsholms- och stora Väsby samt Gävle slott samt Granhammars herrgård är goda exempel på hydrauliska putser baserade på tegelkross.

Dessa putser kännetecknas av att de är kalkrika motsvarande 1:1 och bundna av lufthårdnande kalkkristaller och hydrauliska utskott.

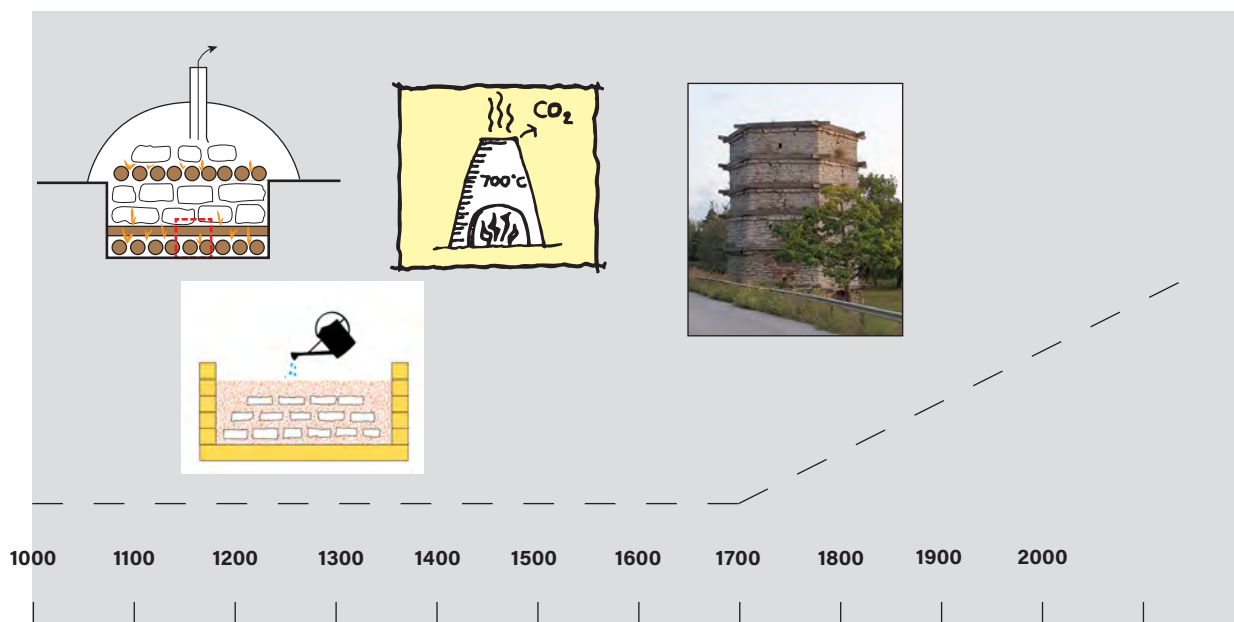
Numera bränns kalksten som besitter hydrauliska egenskaper (t.ex. på Öland) med ved och torrsläcks så att den kan levereras i förpackningar som skyddar mot fukt. Den hydrauliska torrsläckta Ölandskalken bör användas enligt samma recept som för lufthårdnande kalk.

För underhåll av äldre murverk gäller för 100 kg torrbruk:

13 kg *Hydraulisk kalk från Öland*
37 kg *Mald kalksten 0-3mm*
50 kg *Sand 0-2-3 mm*

Vid putsning med hydraulisk kalk bör observeras att bomlagsskarvar måste rivas samman inom 4-5 timmar.

Siktkurva för god frostbeständighet, se sidan 22.



DEL 3. CEMENTBRUK

Tack vare Vitruvius verk vet vi att han också låg bakom uppfinningen av cement. Den bestod av en blandning av släckt kalk, aska från vulkanen Vesuvius som innehöll kisel samt tegelmjöl. Vid tillsats av vatten uppstod en kemisk reaktion som bildade ett snabbt hårdnande och vattentätt kalkhydrat. Reaktionen skedde även under vatten.

Eftersom vatten var den enda behövliga komponenten för åstadkomma cementens hårdning, talar man om ett hydrauliskt cement. Romarna benämnde materialet *concretum* (jfr engelska ordet *concrete*) och byggnader med cement för *opus caementicium*.

Byggnader med Romacement står ännu kvar och uppvisar goda beständighetsegenskaper (t.ex. Pont du Gard och Panteon i Rom). I vår tid gav vi cementet beteckningen Romacement. En brittisk murare, James Parker, patenterade Romacement 1796 och 1872 öppnades Sveriges första cementfabrik i Lomma. Men redan 1824 var det en annan murare, Joseph Aspdin, som upptäckte Portlandcement – det cement vi än idag använder oss av.



KC-bruk 1:1.

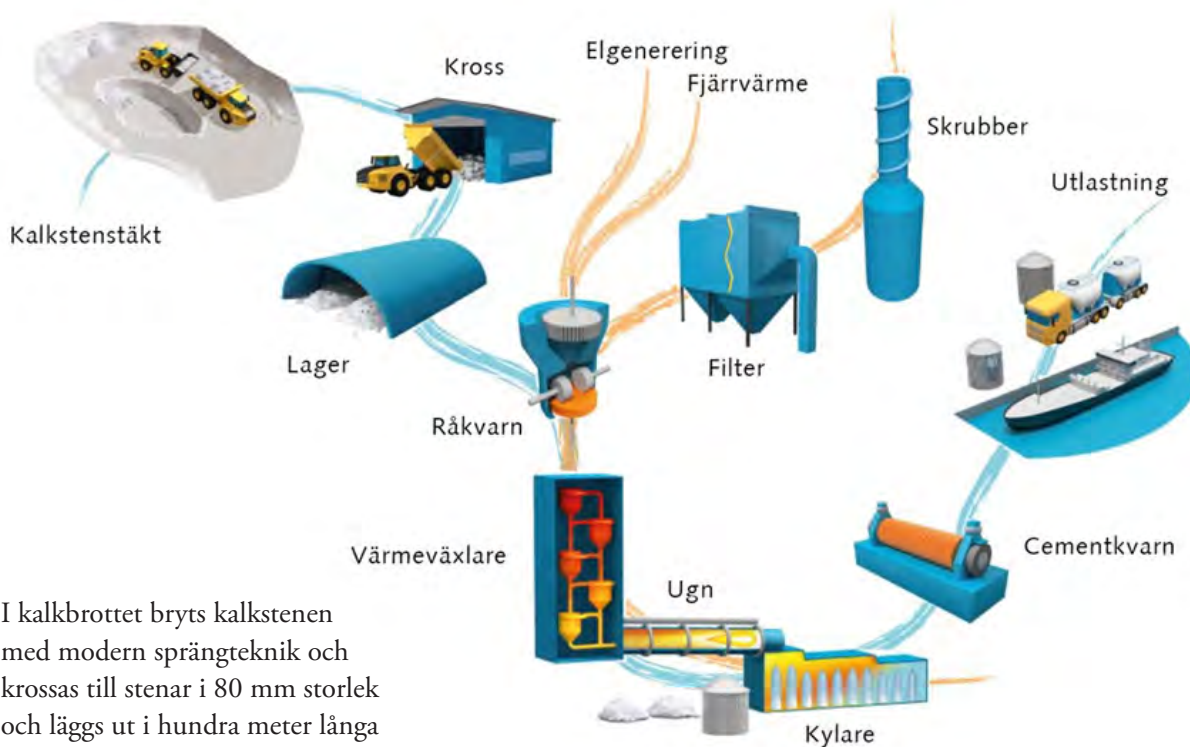


Tillverkning av cement

Redan 1741 besökte och beskrev Carl von Linné kalkugnar på Öland och hur kalkstensskivor skurades med slammor av vatten och alun vilket gav plattorna hårda och spegelblanka ytor. De lastades på skepp och fördes till Stockholm och såldes. Det skulle dröja till 1872 då metoden att producera portlandcement kunde hämtas från England till Sverige och har pågått allt sedan dess.



Lerblandad kalksten.



I kalkbrottet bryts kalkstenen med modern sprängteknik och krossas till stenar i 80 mm storlek och läggs ut i hundra meter långa limpor. Därifrån går de med transportband och finkrossas till stensmjöl med 0,09 mm storlek. Stensmjölet går upp i ett cyklontorn där kalkmjölet förvärms i 900 grader varvid kalciumoxid (CaO) bildas och mesta av koldioxid (CO₂) drivs ut, innan det leds in i en 80 meter lång ugn. Temperaturen är där hela 1450 grader och materialet sintras (bränns) där till små glödheta kulor av klinker.

Ugnen stannar aldrig av, processen är ständigt pågående. Efter ugnen kyls materialet ned och mals slutligen tillsammans med tillsatsmedel såsom gips, sand, flygaska och grönsalt till det finkorniga bindemedlet vi kallar cement och som vi i decennier har haft för vana att använda till betongbyggnation.

Skissen ovan visar processen från brytning av kalksten till den slutliga produkten cement.

Kalksten som bryts för cementframställning består bland annat av lämningar från urtidsdjur. Trilobiter som har hittats på Gotland är en utdöd grupp av arthropoder. De levde för 540–245 miljoner år sedan.

Konsten att sätta samman höglastiska mur- och putsbruk

Kraven på allt snabbare byggtakt, i kombination med att kunna mura och putsa året runt, har förvisso lett till utveckling av starkare bruk med snabba härdningsförlopp. Men bruket har då blivit mindre elastiska och dessutom mer benägna att spricka. Ju högre halt av cementet som tillsatts desto påtagligare blir skillnaderna i elasticitet. Moderna starka bruk har getts egenskaper som inte alltid passar ihop med bakomliggande konstruktioners rörlighet över årstiderna. Normer och bestämmelser riskerar att få reparerade historiska murverk av tegel och natursten att brytas ned i förtid. Erfarenheter från renoveringar av äldre fastigheter har förfärande många gånger visat att industriella KC-bruk inte klarat mer än ett par vintrar innan de fryst sönder, medan de gamla suttit där från 50 till 150 år.

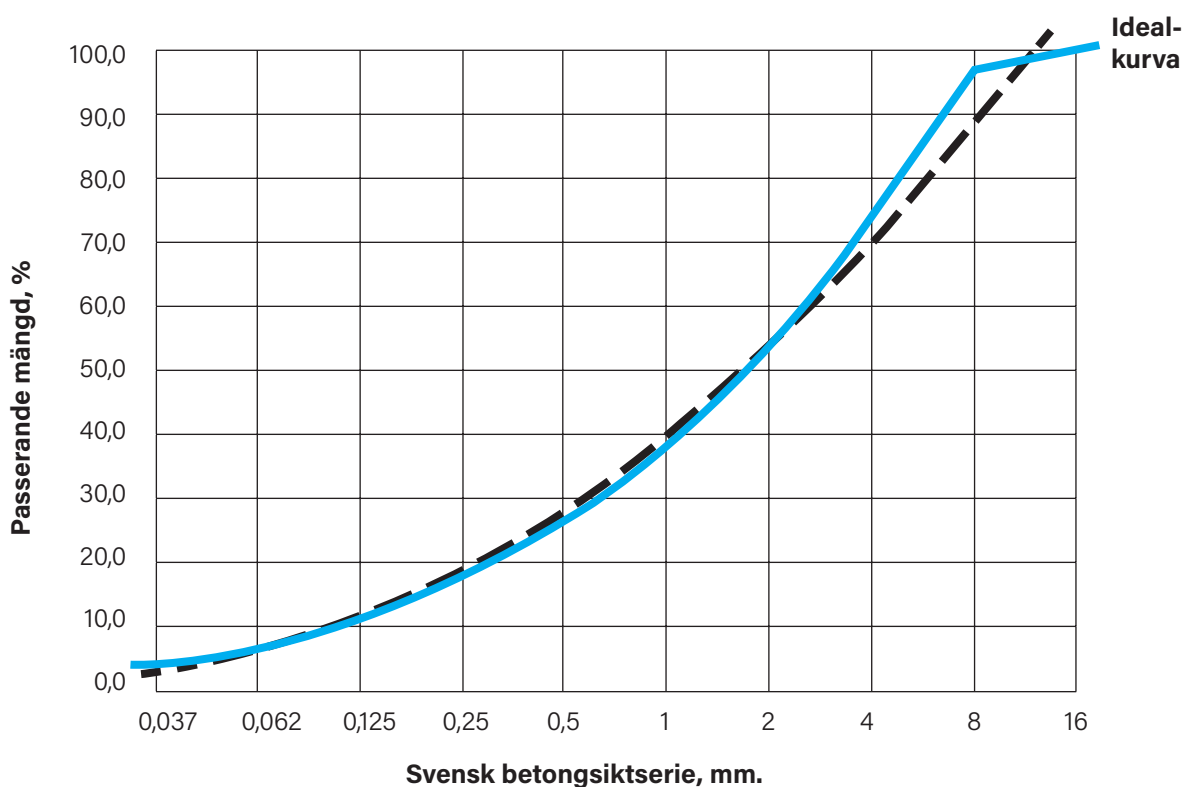
Detta visar att man inte tagit hänsyn till beständigheten och elasticiteten vid proportionering av de fabriksframställda bruket.

Vid vård av kulturobjekt bör cement endast användas i och på underbyggnad samt i våtrum enligt samma 1:1-princip som för kalkbruket.

100 kg Torrbruk
8 kg Kalkbindemedel
4 kg Cement
38 kg Fyllnadskalk
50 kg Kiselsand

Total siktserie se nedan.

Sammansatt siktserie inklusive allt bindemedel



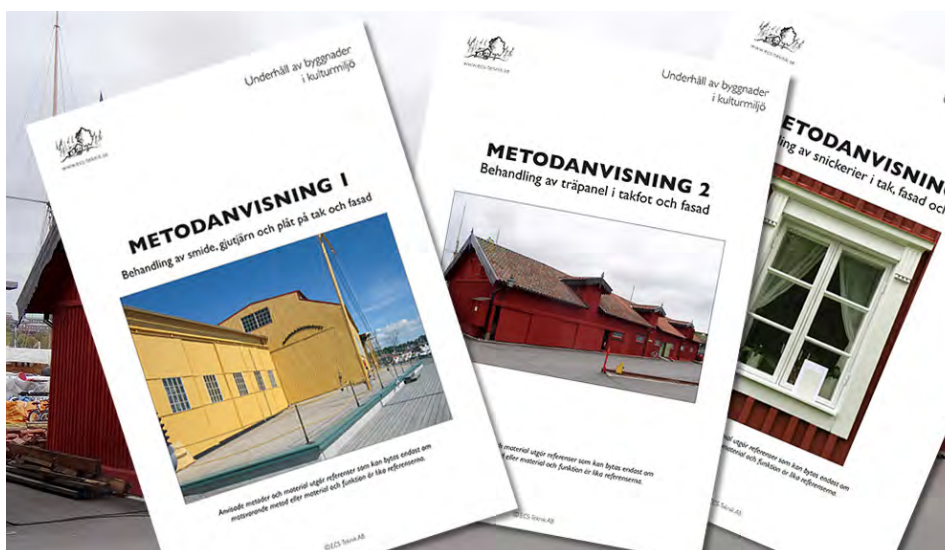
Komponenterna blandas omsorgsfullt till rätt smidighet och porositet beroende på om den ska sprutas på eller appliceras för hand. Detta gäller alla bruk och putser.

Övrigt

Se vår skrift *Kalkputs 8* och *Kalkputs 9*.

FORTSATT UTVECKLING

Nu fokuserar vi på att uppdatera skriften *Kalkputs* 8 till version 9 samt att utvärdera ett stort antal projekt där en ny typ av kalkbruk har utvecklats, speciellt för underhåll av murverk behäftade med saltvittringsproblem (offerputs). Våra skrifter om kalkbruk och kalkputs samt metodanvisningar för underhåll i kulturmiljö är tillgängliga för användning i projekt där vi deltar.



Men kostnaderna då?

Långsiktig förvaltning kräver att man inte jämför
"billigt men fel" med "dyrare och rätt".



Namn:

E-mail adress:

Anteckningar:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

LITEN LATHUND FÖR RUNOR

Vad är runor?

Runor är en sorts äldre skrivtecken som användes som bokstäver. Runorna användes för att återge ordens ljud för att kunna skriva det språk som talades i Norden för mycket länge sedan.

I Sverige har det funnits tre olika sorters runrader, den urnordiska, den vikingatida och den medeltida runraden. Runorna ristades oftast in i trä eller ben med ett vasst verktyg. Av naturliga skäl återfinns de runor som vi kan se idag oftast på sten eftersom det trä som användes för länge sedan multnat bort. Det finns några medeltida skrifter där man använt runor men de är inte så många.

Den allra äldsta inskriften som har hittats i Sverige finns på en spjutspets från Mos i Stenkyrka på Gotland. Spjutspetsen är från mitten av 200-talet e. Kr, det finns bara fem runor på spjutbladet.

Runraden kallas ofta för ”Futharken” efter de sex första runorna i runalfabetet, fuþark.

Runa	Ljud
ƿ f	<i>f, v</i>
ᚱ u	<i>u, o, y, ö, (au, öy), v (w)</i>
ᚦ þ	<i>þ (th), ð (dh)</i>
ᚦ o	<i>o (nasalt), ā (och nasalt ä)</i>
ᚱ r	<i>r</i>
ᚷ k	<i>k, g, nk, ng</i>
* h	<i>h, hg</i>
ᚠ n	<i>n</i>
ᚲ i	<i>i, e, ä (äi), j</i>
ᚤ a	<i>a, ä</i>
ᚱ s	<i>s</i>
ᚠ t	<i>t, d, nt, nd</i>
ᚷ b	<i>b, p, mb, mp</i>
ᚷ m	<i>m</i>
ᚲ l	<i>l</i>
ᚱ R	<i>R (i, e, ä, y)</i>