

UPPLÖSNING AV GRANIT OCH KALKSTEN I TVÄTTLÖSNINGAR

En studie i projektet RenSten

Finansierad av Riksantikvarieämbetet och Svenska Kyrkan



Eva Ernfridsson

Mölnlycke 23 februari 2015

INNEHÅLL

Sammanfattning.....	5
Inledning.....	7
Försöksbeskrivning.....	8
Material	9
Stenkuber	9
Tvättlösningar.....	9
Resultat.....	13
Iakttagelser	13
Stenbitarnas Vikt.....	13
pH tvättlösningar	14
Initiala koncentrationer i tvättlösningarna	15
Koncentrationer i tvättlösningarna vid försöksslut	16
Tolkning.....	16
Diskussion	17
Bilder granit.....	22
Bilder kalksten.....	25
Tabeller	28
Tvättlösningar och stenprover.....	28
Tvättlösning + granit.....	30
Tvättlösning + kalksten	31
Jämförelser med kranvatten	32
Diagram granit	36
Kisel	36
Kalcium	37
Kalium	38
Aluminium	40

Mangan.....	41
Diagram kalksten.....	42
Kalcium	42
Kalium	43
Kisel	44
Aluminium	45
Mangan.....	46
Teori.....	47
Silikatmineral kemi och vittring.....	47
Viktiga reaktioner	49
Bohus/idefjordsgranit.....	50
Kalksten kemi och vittring	53
Viktiga reaktioner	55
Kemikalier.....	57
Vatten.....	57
Tensider	58
Oxiderande ämnen.....	60
Organiska lösningsmedel-alkoholer.....	60
Baser.....	61
Ämnen i produkter.....	63
Tensider.....	63
Anjontensid.....	63
Nonjontensid	64
Katjontensid.....	64
Oxidanter	65
Organiska lösningsmedel.....	65
Baser	65

Biocid	66
Referenser.....	67

SAMMANFATTNING

Försöket som rapporten gäller har genomförts för att studera hur olika tvättkemikalier påverkar stenprover av kalksten och granit. Rapporten diskuterar de olika tvättkemikaliernas egenskaper och vilka som kan vara att föredra för rengöring av kulturhistorisk sten från bakterier, alger, svamp och lav. Fokus har legat på om kemikalien bidrar till upplösning av stenen. Detta har undersökts genom att stenprover har placerats i olika tvättlösningar och att koncentrationen av lösta ämnen analyserats; initialt och efter 19 dygn. Stenproverna har även dokumenterats med foto och vägts för att påvisa eventuella utfällningar, färgförändringar och materialförluster. De testade lösningarna innehöll:

- 1 Etanol (alkohol)
- 2 Kranvatten rumstemperatur
- 3 Kranvatten initialt 60 °C
- 4 Handdiskmedel (anjon och nonjontensider)
- 5 Klorin (natriumhypoklorit, oxidant, högt pH)
- 6 Grönfri (katjontensid)
- 7 Allrent (anjontensider och nonjontensider)
- 8 Alg/mögeltvätt (bas + nonjontensid och anjontensid)
- 9 Kalkvatten (högt pH)
- 10 Labvatten typ 2 (kranvatten som jonbytt och filtrerats så att det är mycket rent)
- 11 Grönsåpa (bas + anjontensid)

Det gick inte att se någon skillnad på granitbitarnas utseende före och efter de legat i tvättlösningarna. Undantaget var biten som legat i katjonisk tensid där en bit sten lossnat utmed ett biotitkorn.

Kalkstensbiten som legat i natriumhypoklorit var tydligt renare efter att ha legat i tvättlösningen. Övriga hade ungefär lika mycket påväxt kvar vid försöksslut som initialt.

Granitbitarna som legat i varmt kranvatten, diskmedel och i katjontensid minskade lite i vikt under försöket.

Kalkstensbitarna som legat i katjontensid, allrent, alg/mögeltvätt och i kalkvatten ökade lite i vikt under försöket. Den som legat i diskmedel minskade lite.

Effekten av de olika tvättlösningarna tolkas först och främst baserat på ökningen/minskningen av kiselkoncentrationen för granit och kalciumkoncentrationen för kalksten.

Baserat på värdena för utlöst kisel var tvättlösningarna från bäst till sämst lämpliga för tvätt av *granit* enligt nedan. Inom parantes anges i mg/l hur mycket mer eller mindre kisel som respektive tvättlösning löst ut ur granitprovet efter två veckor, jämfört med provet som legat i kranvatten.

Kalkvatten (-0,36), Etanol (-0,32), Kranvatten, Kranvatten 60°C (0,12), Diskmedel (0,32), Allrent (0,34), Labvatten (0,705), Såpa (1,36), Klorin (2,21), Alg/mögeltvätt (5,02).

Baserat på halten utlöst Ca ur kalkstensproverna i de olika tvättlösningarna är de från bäst till sämst lämpade för tvätt av *kalksten* enligt nedan. Inom parantes anges i mg/l hur mycket mer eller mindre kalcium som respektive tvättlösning löst ut ur kalkstensprovet efter två veckor, jämfört med provet som legat i kranvatten.

Kalkvatten (-93,6), Alg/mögeltvätt (-47,39), Etanol (-18,6), Klorin (-13,71), Kranvatten 60°C (-2,4), Kranvatten, Grönfri (6,6), Grönsåpa (20,5), Allrent (21,6), Labvatten (27,13), Diskmedel (33,9).

INLEDNING

I studien testades effekten av olika tvättlösningar på prover av granit och kalksten. Syftet var att se vilka av de testade produkterna som är mer eller mindre lämpliga för rengöring av kulturhistorisk sten från mikrobiologisk växt som bakterier, alger, svamp och lav.

För att ta bort påväxt av mikroorganismer på kulturhistorisk sten används ofta någon kemikalie i kombination med mekanisk rengöring (borstning, skrapning, högtrycksspolning, torr/våtblästring mfl metoder). Kemikalien används för att mjuka upp (svälla), lösa upp (svälla och finfördela) eller för att ta död på (sönderdela organismer, störa viktiga processer så att organismen dör) så att påväxten sedan kan tas bort mekaniskt. Kemikalier kan även användas för att fördröja återväxt av mikroorganismer efter rengöring.

Vid rengöring brukar man prata om fyra olika variabler; temperatur, tid, mekanisk energi samt kemikalier (Nyström, 1996). I studien varieras temperaturen i ett fall och i övriga endast valet av kemikalie. Fördelen med att använda kemikalier är att den mekaniska rengöringen kan ske mer skonsamt eller till och med helt uteslutas. Nackdelen med att använda kemikalier är att rengöringsprodukten kan reagera med stenen på ett negativt sätt genom kemisk reaktion, upplösning eller genom saltsprängning. Det har visat sig att det inte går att skölja bort alla rester efter en kemikalie som använts i tvättprocessen och därför kan kemikalien bli kvar i porer och verka under lång tid. Ibland rekommenderas förvätning av stenen för att motverka inträngning av kemikalier men det kan ha motsatt effekt (Andrew, 1994).

FÖRSÖKSBESKRIVNING

För försöket framställdes 11 stycken ca 1 cm³ stora stenkuber av respektive granit och kalksten. Dessa numrerades G1-G11 och K1-K11. Stenarnas numrering motsvarar numreringen på tvättlösningarna i tabell 1. Elva tvättlösningar framställdes av medel som är mer eller mindre vanliga i samband med rengöring av kulturhistorisk sten. De blandades till koncentrationer som antingen rekommenderats av tillverkaren alternativt som har rapporterats för användning på kulturhistorisk sten. Först fotograferades den vittrade sidan av stenkuberna med makroobjektiv och ringblix, se bilder s. 21-26. Kuberna vägdes, se tabell 2-3, och placerades därefter i de olika tvättlösningarna i 45 ml stora falconrör i rumstemperatur på lab. För ett par lösningar användes 5 ml lösning, blandad enligt tabell 1, under de två första dyggen för att därefter spädas ytterligare med 10 ml kranvatten till totalt 15 ml. För övriga användes 15 ml lösning för hela försöket. Efter 19 dygn avslutades försöket. Stenkuberna plockades upp med hjälp av sterila engångsracklor som sköljts i destillerat vatten. Efter att stenbitarna plockats ur skickades falconrören till ALS Scandinavia AB i Luleå för analys av Ca, K, Si, Al och Mn med ICP-AES. K i kalkvatten bestämdes med ICP-SFMS. Stenkuberna fotograferades och vägdes igen och placerades därefter utomhus för att undersökas igen efter ett två veckor. När stenarna låg ute var det omkring 30 grader varmt dagtid och det var många kraftiga åskskurar under perioden.

MATERIAL

STENKUBER

Granitkuberna sågades ur en ca 1 cm tjock skiva av Idefjordsgranit som framställts av Johansen Monumenthuggeri Halden. De sågade loss en bit av ytan av en håll intill stenhuggeriet. Den bedömdes motsvara ytan av en typisk hållristningshåll i Bohuslän eller i Östfold. Idefjordsgranit är samma bergart som Bohusgranit men hämtad på norska sidan av Idefjorden.

Kalkstenen sågades ur ytan av en gravsten som stått på Vreta klosterkyrkogård sedan slutet av 1700-talet. Kalkstenen från Vreta som använts för upplösningstestet är röd med grå inslag. De små testbitarna ser grå ut. Det går inte att se tydliga ortoceratiter på ytan, men stenen har bedömts vara en ortoceratitkalksten eftersom utseendet stämmer för övrigt och för att stentypen varit vanlig i stenbrott som funnits i området (Kathol, 1997; Ljungstedt, 1997).

Alla prover sågades så de hade en vittrad yta och fem nysågade ytor. Sågen var vattenkyld och därför spolades stenarna med vatten i samband med sågningen.

TVÄTTLÖSNINGAR

För försöket användes 11 olika lösningar vilka presenteras kort nedan. Mer information finns i teoridelen. Alla medel späddes med *kranvatten* till använd koncentration.

Etanol

Typ av produkt: lösningsmedel

Använd produkt: Solveco Etanol 95% AG

Verksam substans: etylalkohol 95%

Använd koncentration: 95% lösning första 2 dygna därefter spädd till ca 27 % (viktprocent) alkohol

(http://www.solveco.se/sites/solveco.se/files/dokument/solveco_etanol_95proc_ag.pdf)

Kranvatten rumstemp

Typ av produkt: dricksvatten

Kranvatten 60°

Typ av produkt: dricksvatten, uppvärmt till 60°

Filtrerat labvatten

Typ av produkt: labvatten typ 2

Använd produkt: Millipor-vatten; vatten som är jonbytt och filtrerat och har en resistens på $> 5 \text{ M}\Omega\cdot\text{cm}$ @ 25 °C

Verksam substans: Vattnet innehåller extremt små mängder lösta ämnen, därför kan det fungera som lösningsmedel

(http://www.emdmillipore.com/SE/en/product/Elix-Advantage-Water-Purification-System,MM_NF-C77083#documentation).

Klorin

Typ av produkt: oxidant; bleker/desinficerar

Använd produkt: Klorin Naturell tillverkad av Colgate-Palmolive

Verksam substans: Natriumhypoklorit 27 g per kg

Använd koncentration: Ca 0,5 % (viktprocent) natriumhypoklorit första två dyggen därefter ca 0,16 %.

(<http://sok.varor.lul.se/webbreg/infoblad/56900.pdf>)

Grön-fri

Typ av produkt: biocid

Använd produkt: Grön-fri tillverkad av JAPE

Verksam substans: katjondetergent 7-9,99%; bensalkoniumklorid CAS nr 85409-22-9

Använd koncentration: Ca 1,6 viktprocent första två dyggen därefter ca 0,53 viktprocent.

(http://www.jape.se/wp-content/uploads/sdb_gron_fri.pdf)

YES-diskmedel

Typ av produkt: handdiskmedel

Använd produkt: YES Original diskmedel tillverkad av Procter&Gamble

Verksam substans: Mest anjontensid och mindre mängd nonjon tensid

anjoniska tensider 15-30%;

- 1) natriumlaurylsulfat CAS nr 1231880-35-5
- 2) natrium C12-14 pareth-3sulfat (natriumlauryletersulfat) CAS nr 68891-38-3

nonjoniska tensider 5-15 %; Lauraminoxid CAS nr 70592-80-2

Använd koncentration: Utspädd ca 167 gånger första två dygnen och därefter ca 500 gånger

(http://www.scienceinthebox.com/Assets/PDF/SDS/Sweden/YES/SE_130605_Yes_Orig_disk_182762.pdf)

Allrent

Typ av produkt: allrent

Använd produkt: Änglamark Allrent

Verksam substans: Lika mängder anjontensider och nonjontensider

Anjontensider 5-15%; Natriumlauryletersulfat CAS nr 68891-38-3

Nonjontensider 5-15 %; Alkoholetoxylat C10 CAS nr 160875-66-1

Använd koncentration: Utspädd två gånger första två dygnen och därefter ca nio gånger. Mängden tensid i tvättlösningen var mycket mer koncentrerad än i diskmedelslösningen.

(<https://www.coop.se/Butiker-varor--erbjudanden/Vara-varor--varumarken1/Varuinformation/Sakerhetsdatablad/>)

Alg/mögeltvätt

Typ av produkt: rengöringsprodukt för att ta bort alger och mögel från alla typer av ytor inomhus och utomhus

Använd produkt: Alg/mögeltvätt tillverkad av BIOkleen

Verksam substans: Bas kombinerad med tensider; mest nonjontensid och mindre mängd anjontensid

Bas 1-5%; kaliumkarbonat CAS nr 584-08-7

Anjontensid 1-5%; kaliumalkylfosfater CAS nr 68427-32-7

Nonjontensid 1-5% + 1-3%;

- 1) Alkoholetoxilat 5,5 EO CAS 68439-45-2
- 2) N,N-dimetyldodecylamin-N-oxid CAS 1643-20-5

Använd koncentration: utspädd två gånger första två dyggen och därefter ca nio gånger. Mängden tensid i tvättlösningen var mer koncentrerad än i diskmedelslösningen.

(<http://www.biokleen.se/website1/1.0.1.0/56/Biokleen%20Alg%20&%20M%C3%B6geltv%C3%A4tt.pdf>)

Grönsåpa

Typ av produkt: rengöringsmedel

Använd produkt: Grönsåpa tillverkad av COOP

Verksam substans: anjontensid och bas

Anjontensid 15-30 %; kaliumtallat CAS nr 61790-44-1

Bas <5%; kaliumhydroxid CAS nr 1310-58-3

Använd koncentration: Ca två volymprocent (spädd ca 50 gånger) första två dyggen och därefter ca 0,7 volymprocent. Mängden tensid i tvättlösningen var mer koncentrerad än i diskmedelslösningen.

(<https://www.coop.se/Butiker-varor--erbjudanden/Vara-varor--varumarken1/Varuinformation/Sakerhetsdatablad/>)

Kalkvatten

Typ av produkt: konsolideringsmedel för mineraliska ytor

Använd produkt: Kulekalk från Målarkalk AB + kranvatten

Verksam substans: Kalciumhydroxid, bas

Använd koncentration: övermättad lösning, det vill säga >5% kalciumhydroxid

(<http://www.malarkalk.se/produkter/ovrigt/kalkvatten/>)

RESULTAT

IAKTTAGELSER

De sågade ytorna var mycket lika men vittringsyterna varierade med avseende på struktur, mineral och påväxt. Till exempel så var nästan all synlig biotit borta från vittringsyterna på granitbitarna och hade lämnat gropar efter sig. Sten G7 hade mer biotit kvar på den vittrade ytan än övriga stenar. Den hade också mer rester av påväxt än övriga granitbitar.

Alla de vittrade ytorna på kalkstensbitarna var sockriga – det vill säga reliefvittrade- och hade mer eller mindre rester av alger eller lavar. En del ytor hade exponerade fossil och där var ytan slät och tät. Kalkstensbitarna varierade mer än granitbitarna när det gällde mängden påväxt. Sten K1, K4, K10 och K11 hade en stor del av den vittrade ytan täckt av påväxt då försöket startade. Sten K2 var i det närmaste ren från påväxt och övriga kalkstenar hade en mindre del av ytan täckt av påväxt.

Det gick inte att se någon förändring i färg/struktur på granitbitarna efter försöket förutom för sten G6 där en bit av stenen ramlade under försöket och låg lös i falconröret vid försöksslut. Den hade spjälkats av utmed ett biotitkorn.

Kalkstensbit K5 hade blivit tydligt renare efter att ha legat i tvättlösningen.

Kalkstensbit K1, K3, K7, K8, K9, K10 och K11 hade blivit renare efter att ha exponerats utomhus under två veckor.

STENBITARNAS VIKT

Vikten för testbitarna före och efter att de legat i tvättlösningarna redovisas i tabell 3-4. Sten G3 minskade 0,12 g, G6 minskade 0,04 g och G4 minskade 0,01 g. Övriga granitbitar hade oförändrad vikt.

Sten K4 minskade 0,01 g. Sten K6, K7, K8 och K9 ökade alla 0,01 g.

PH TVÄTTLÖSNINGAR

För pH mätningen användes en pH mätare förutom för Kalkvatten då användes pH papper. För uppmätt pH se tabell 4 och diagram 1. Labvatten var svagt surt (pH 6,6). Kranvatten och Etanol var neutralt (pH 7). Allrent, Grönfri och Diskmedel var svagt basiska (pH 7,5-8). Grönsåpa, Alg/mögelvätt, Klorin och Kalkvatten hade högt pH, det vill säga var starkt basiska (pH 9,8-12).

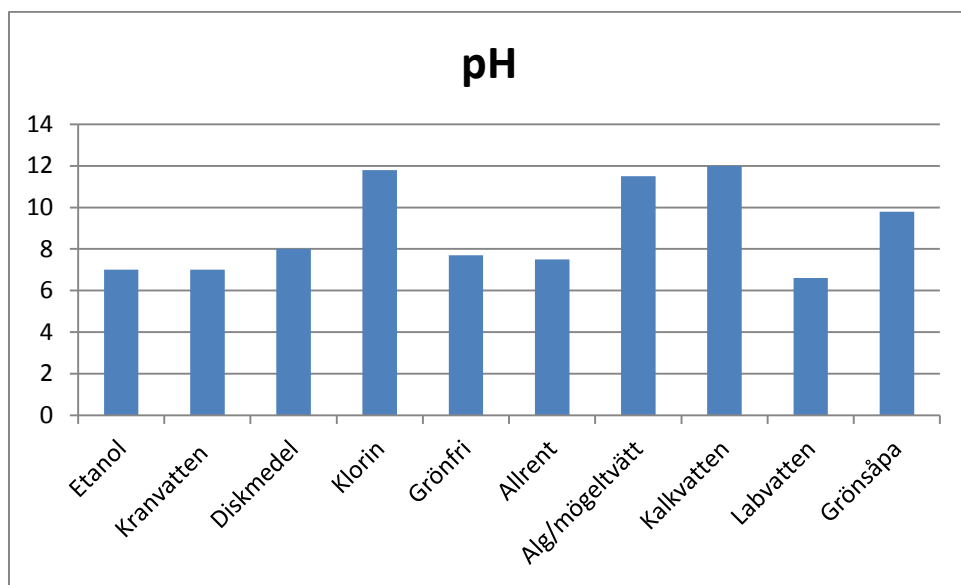


Diagram 1. Initialt pH i tvättlösningarna.

INITIALA KONCENTRATIONER I TVÄTTLÖSNINGARNA

Totala innehållet av grundämnen i kranvattnet på Mölnlycke fabriker 9 analyserades av ALS i juni 2013. Resultatet listas nedan:

Ca 19.6 mg/l, Fe 0.0157 mg/l, K 1.26 mg/l, Mg 1.45 mg/l, Na 16.0 mg/l, Si 1.36 mg/l, Al 10.9 µg/l, As 0.153 µg/l, Ba 17.1 µg/l, Cd 0.0120 µg/l, Co 0.0140 µg/l, Cr 0.0282 µg/l, Cu 317 µg/l, Mn 0.878 µg/l, Mo 0.112 µg/l, Ni 1.99 µg/l, P 1.26 µg/l, Pb 0.442 µg/l, Sr 25.2 µg/l, V 0.0832 µg/l, Zn 11.6 µg/l.

Innehållet av Ca, K, Si, Al och Mn i respektive tvättlösning utan stenprov redovisas i tabell 5 och i diagram 2-22 (initiala koncentrationer). Hur initiala koncentrationen i respektive tvättlösning skiljer sig från Kranvatten redovisas i tabell 10.

Tvättlösningen med *Etanol* innehåller ungefär samma mängder som Kranvatten men betydligt mer aluminium, 205 µg/l jämfört med 14 µg/l.

Kranvattnet innehåller ungefär samma mängder som vid analysen 2013, se ovan.

Diskmedelslösningen innehåller också ungefär samma mängder av de analyserade ämnena som Kranvatten.

Lösningen med *Klorin* innehåller ungefär samma mängder som i Kranvatten men betydligt mindre kalcium, 3,81 mg/l jämfört med 19,4 mg/l.

Grönfri innehåller ungefär samma mängder som i Kranvatten men mer aluminium, 34 µg/l jämfört med 14 µg/l.

Samma gäller för *Allrent* som innehåller 41 µg/l aluminium.

Alg/mögelvätt innehåller extremt mycket kalium, 5100 mg/l jämfört med 1,33 mg/l i Kranvatten. Koncentrationen av kisel är också högre, 2,24 mg/l jämfört med 1,15 mg/l. Mängden aluminium är betydligt högre, 60 µg/l jämfört med 14 µg/l.

Kalkvatten har högre koncentrationer än Kranvatten av alla analyserade ämnen utom kisel. Halten kalcium är extremt hög, 825 mg/l jämfört med 19,4.

I *Grönsåpa* finns det mindre kalcium än i kranvatten, 10,2 mg/l jämfört med 19,4 mg/l. Halten kalium är betydligt högre, 110 mg/l jämfört med 1,33 mg/l.

KONCENTRATIONER I TVÄTTLÖSNINGARNA VID FÖRSÖKSSLUT

Koncentrationen vid försöksslut av Ca, K, Si, Al och Mn i respektive tvättlösning redovisas i tabell 6 för lösningar med granitbit och i tabell 8 för lösningar med kalkstensbit. För jämförelse mellan hur koncentrationen ökat eller minskat i respektive tvättlösning och i Kranvatten se tabell 11 och 13 för granit och 12 och 14 för kalksten.

TOLKNING

Effekten på stenen av de olika tvättlösningarna tolkas först och främst baserat på värdena för utlöst kisel för granit och kalcium för kalksten. Baserat på värdena för utlöst kisel är tvättlösningarna från bäst till sämst lämpliga för tvätt av *granit* enligt nedan. Inom parantes anges i mg/l hur mycket mer eller mindre kisel som respektive tvättlösning löst ut ur granitprovet efter två veckor, jämfört med provet som legat i kranvatten (se tabell 13).

Kalkvatten (-0,36), Etanol (-0,32), Kranvatten, Kranvatten 60°C (0,12), Diskmedel (0,32), Allrent (0,34), Labvatten (0,705), Såpa (1,36), Klorin (2,21), Alg/mögeltvätt (5,02).

Baserat på halten utlöst Ca ur kalkstensproverna i de olika tvättlösningarna är de från bäst till sämst lämpade för tvätt av *kalksten* enligt nedan. Inom parantes anges i mg/l hur mycket mer eller mindre kalcium som respektive tvättlösning löst ut ur kalkstensprovet efter två veckor, jämfört med provet som legat i kranvatten (se tabell 14).

Kalkvatten (-93,6), Alg/mögeltvätt (-47,39), Etanol (-18,6), Klorin (-13,71), Kranvatten 60°C (-2,4), Kranvatten, Grönfri (6,6), Grönsåpa (20,5), Allrent (21,6), Labvatten (27,13), Diskmedel (33,9).

DISKUSSION

Rengöringsprodukterna som testades valdes för att de används för rengöring av kulturhistorisk sten (Etanol, Kranvatten, Kranvatten 60°, Diskmedel, Klorin, Grönfri, Labvatten (alternativt destillerat vatten eller ultrarent vatten) och Grönsåpa. Diskmedel fungerade bra i en test av mögelborttagning på målade träpaneler (Bok, Lindqvist, Hjort, 2009). Allrent togs med för att jämföra resultatet på sten med en annan liknande rengöringsprodukt. Bägge är miljömärkta. Kalkvatten används på kulturhistorisk sten men inte för rengöring utan för konsolidering. Tanken med att testa det är att utnyttja dess höga pH utan att få saltbildning som många andra produkter med högt pH ger. Kalkvatten är miljövänligt. Alg/mögeltvätt var tidigare miljömärkt och testades även det med gott resultat i samma studie som Diskmedel (Bok, Lindqvist, Hjort, 2009).

Vanligen görs tester på kuber av ovittrad, nysågad sten. Men för detta försök valdes stenbitar med en vittrad yta för att efterlikna en situation där kulturhistorisk sten ska rengöras. Den vittrade ytan har mer porer och sprickor än de nysågade ytorna och den förmodas bidra mest med utlösta ämnen i försöket. Granitbitarnas vittrade yta är sågad till ca 1x1cm men motsvarar >>3200 cm² (se teoridelen) reaktiv yta. De vittrade ytorna kan även förmodas ha mer omvandlade mineral som är mer lättvittrade än primärmineralen. I en rengöringssituation vill man inte avlägsna vittringsprodukter (sekundära mineral) eftersom ytan då blir mer öppen och vittringen (och påväxten) accelererar.

På analyslaboratoriet surgjordes proverna innan analysen. Det kan ha gjort att små partiklar lösts upp. Större korn som lossnat kom inte med i analysen. Mikroorganismer som vuxit på stenytan, i sprickor, inuti och under mineralkorn har troligen delvis lossnat, lösts upp och ingår i analysresultatet. Mineralkorn som suttit löst eller som hade svag hållfasthet till andra korn och som satt inuti biofilm/lav likaså. På ytan har även suttit luftburna substanser som avsatts i biofilmen eller på stenytan samt utfällningar som bildats genom reaktioner mellan biofilmen/lavar och stenytan. I sådana utfällningar är det vanligt med högre koncentrationer av Mn och Fe än i moderbergarten (Dorn 1998).

Tre av *granitbitarna*; Kranvatten 60°(-0,12 g), Diskmedel (-0,01 g) och Grönfri (-0,04 g) minskade i vikt under försöket.

Mest minskade *granitbiten* som legat i Kranvatten 60°. Det återspeglas inte riktigt i värdena av utlöst Ca, K, Si, Al och Mn. Något mer Si löstes ut jämfört med rumstempererat kranvatten, men Klorin löste ut betydligt mer Si och den stenbiten minskade inte i vikt.

Från *granitbiten* som legat i Grönfri lossnade en bit utmed ett biotitkorn. Dessutom löstes det ut mycket Al och Mn samt något mer Si och K än i kranvatten. Al, Mn och K kan relateras till biotiten och eventuella lermineral i anslutning till denna. Jag tolkar det som att katjontensiden spjälkade av mineralkornet genom adsorption till och svällning av biotit/lermineral.

När det gäller *granitbiten* som legat i Diskmedel så löstes relativt mycket Al ut vilket kan ha att göra med viktnedgången.

Av *kalkstensbitarna* var det bara den som legat i Diskmedel som minskade i vikt. Diskmedel löste ut mest Ca ur kalksten av alla testade lösningar vilket förklarar en del av viktnedgången.

Fyra av *kalkstensbitarna*; Grönfri, Allrent, Alg/mögelvätt och Kalkvatten ökade i vikt under försöket. På dessa har Ca (Alg/mögelvätt, Kalkvatten) eller Al (Grönfri, Allrent) fallits ut under försöket. I fallet Grönfri kan något av lösningen ha adsorberats till stenen, eftersom den är utformad för att fästa till ytor.

Kalkstensbiten som legat i Klorin var tydligt renare vid försöksslut. Natriumhypoklorit löser snabbt upp biofilm. Även om biofilmen löstes upp så var ökningen i Ca-koncentration mindre i Klorin än i Kranvatten. Jag tolkar det som att det är stenen och inte biofilmen som i huvudsak bidragit till koncentrationen av olika ämnen i försöket. Relativt mycket Al och Mn löstes ur *kalkstenen* i Klorin och det beror troligen på reaktioner med lermineral. Kanske något av manganet kommit ur biofilmen+utfällning i anslutningen till denna.

Fyra av tvättlösningarna kan karaktäriseras som "vattenlösningar"; där polariteten och jonbindningen till både positiva och negativa joner dominerar upplösningseffekten; Etanol, Kranvatten, Kranvatten 60° och Labvatten. Dessa visar liknande tendenser i försöket men små skillnader finns.

Något mer Si löstes ut ur *granit* i Kranvatten 60° jämfört med Kranvatten rumtempererat. För silikater finns en tydlig korrelation mellan mer upplösning och högre temperatur.

Ur *kalksten* löste Kranvatten 60° ut något lägre koncentration Ca än Kranvatten rumtempererat eftersom kalciumkarbonat löser sig sämre i varmt vatten.

Labvatten löste ut mer Si ur *granit* än kranvatten. Den låga koncentrationen av lösta ämnen i Labvattnet gav en effektiv upplösning. Labvatten löste ut näst mest Ca ur *kalksten* av alla testade lösningar. Upplösning i vatten är den viktigaste nedbrytningsprocessen för *kalksten* och ju renare vattnet är desto mer aggressivt är det. Mängden vatten är naturligtvis avgörande och att spola med vatten, speciellt Labvatten, är olämpligt för *kalksten*.

Etanol löste upp mindre av både *granit* och *kalksten* jämfört med Kranvatten. Det beror förmodligen på att polariteten är lägre i Etanol vilket gör det mindre aggressivt mot sten. Skillnaden mellan Etanol och Kranvatten var större för *kalksten* än för *granit*.

Diskmedel och Allrent innehåller samma typ av anjontensid kombinerad med nonjontensid och är bägge svagt basiska. De löser upp ungefär lika mycket Si ur *granit* vilket är något mer än Kranvatten. Bägge löser betydligt mer Al och Mn ur *granit* jämfört med Kranvatten och Diskmedel löser mycket mer Al.

Allrent löser ut ungefär dubbelt så mycket Ca ur *kalksten* jämfört med Kranvatten och Diskmedel löser ännu mer. Det är förmodligen den negativa anjontensiden som är bra på att plocka positiva Ca joner. Diskmedel löser jämfört med Kranvatten ut stora mängder Al även ur *kalksten*. I Allrent faller Al istället ut, det vill säga att koncentrationen minskar i lösningen. Det är svårt att förklara. Mn ökar mer i både Diskmedel och Allrent jämfört med Kranvatten.

Grönsåpa innehåller en annan sorts anjontensid än Allrent och Diskmedel och har även ett starkt basiskt pH. Grönsåpa löser upp betydligt mer *granit* än Kranvatten. Koncentrationen av alla analyserade ämnen ökar betydligt mer i Grönsåpa än i Kranvatten och även mer än i Allrent och Diskmedel, undantaget Al i Diskmedel. Baserat på Si och Al verkar Allrent vara att föredra för tvätt av *granit* före Diskmedel och Grönsåpa.

Grönsåpa löser som Allrent ur ungefär dubbelt så mycket Ca ur *kalksten* jämfört med Kranvatten. Baserat på Ca är det bättre att använda Kranvatten än en lösning med anjontensid för tvätt av Kalksten. Grönsåpa och Allrent är att föredra framför Diskmedel.

Alg/mögeltvätt innehåller en annan slags anjontensid än de tidigare nämnda och domineras av nonjontensid. Det har ännu högre pH än Grönsåpa. Alg/mögeltvätt löser ut mycket mer Si och Al ur *granit* jämfört med Kranvatten och även betydligt mer än Allrent, Diskmedel och Grönsåpa. Alg/mögeltvätt verkar vara en produkt man ska undvika för tvätt av *granit* i kulturhistoriska sammanhang.

I Alg/mögeltvätt med *kalksten* minskar mängden Ca, det vill säga att Ca faller ut. Jämfört med Kranvatten löser Alg/mögeltvätt ur mycket Al även ur *kalksten*. Baserat på Ca så är Alg/mögeltvätt att föredra för tvätt av kalksten jämfört med kranvatten och även bättre än Allrent, Diskmedel och Grönsåpa.

Klorin är starkt oxiderande och har även högt pH. Det löser ur betydligt mer Ca och Al ur *granit* jämfört med Kranvatten och något mer (ca 3 gånger mer) Si. Baserat på Ca, Al och Si är Klorin sämre än Kranvatten för tvätt av *granit*. Med tanke på att oxidation av biotit är en viktig nedbrytningsprocess i *granit* så är Klorin helt olämpligt för tvätt av *granit*.

Klorin har löst ur ungefär hälften så mycket Ca ur kalksten jämfört med Kranvatten. Men övriga analyserade ämnen har lösts ur mer eller mycket mer i Klorin. Kalciumkarbonat verkar inte vara känsligt för den oxiderande effekten i Klorin men *kalksten* innehåller även andra mineral och Klorin är dessutom saltbildande. Klorin bör undvikas för tvätt av *kalksten*.

Grönfri innehåller en så kallad katjontensid som fungerar som biocid och som fäster till ytor genom att dessa ofta är negativt laddade. Grönfri löser ur mer av alla analyserade ämnen ur *granit* jämfört med kranvatten. När det gäller Si är skillnaden ganska liten men Ca, K, Al och Mn tyder på att skiktssilikater som glimmer och lermineral påverkas. I testet lossnade dessutom ett mineralkorn utmed ett vittrat biotitkorn, vilket tyder på att adsorptionen kan ge fysikalisk vittring.

Kranvatten är att föredra för tvätt av *granit* jämfört med Grönfri.

Grönfri löser ur mer Ca ur *kalksten* jämfört med Kranvatten. Al minskar i Grönfri (faller ut). Mn ökar mycket i Grönfri jämfört med Kranvatten, det kan ha att göra med att biofilmen lösts upp. Baserat på Ca och även med tanke på miljöeffekterna av Grönfri bör man välja en annan produkt för tvätt av *kalksten*.

Kalkvatten har ett högt pH och är (över) mättat på Ca joner. Ca koncentrationen minskar därför i Kalkvatten både med *granit* och *kalksten*. Ur *granit* löser Kalkvatten ungefär hälften så mycket Si som Kranvatten, och flera hundra gånger mer Al. Ur *kalksten* löser Kalkvatten ungefär dubbelt så mycket Al jämfört med Kranvatten.

Baserat på Ca är Kalkvatten att föredra för tvätt av *kalksten* jämfört med Kranvatten. Baserat på Si är Kalkvatten att föredra för tvätt av *granit* jämfört med Kranvatten. Kalkvatten är en miljövänlig produkt.

Om upplösningen av *granit* skulle bero mest på pH så skulle lösningarna med värden långt från pH 6 ha högst värde på utlöst kisel. Klorin (pH 11,8), Alg/mögelvätt (pH 11,5) och Grönsåpa (pH 9,8) har löst ut mest kisel av de testade lösningarna. Alg/mögelvätt ligger högst med ett värde dubbelt så högt som för nummer två som är Klorin. Jag tolkar det som att tensidblandningen i Alg/mögelvätt i kombination med högt pH effektivt löser upp mineralen som ingår i *granit*. Mycket oväntat löste Kalkvatten (pH 12) ut minst Si ur *granit* av alla tvättlösningarna. Det kan bero på att den höga kalciumhalten motverkar upplösning. Det fanns fällning i lösningen, kanske har det påverkat resultatet på något sätt. Etanol och Kranvatten som har neutralt pH har lågt värde på utlöst kisel. Allrent (pH 7,5) och Diskmedel (pH 8) har löst ut ungefär lika mycket Si, vilket är ca 30% mer än i Kranvatten. De innehåller bägge anjontensider. Diskmedel löste ut betydligt mer Al och något mindre Ca (ur *granit*). Grönsåpa som också baseras på anjontensid har högre pH (9,8). Grönsåpa löste ur ungefär dubbelt så mycket Si ur *granit* som Kranvatten. Klorin har löst ur näst mest Si och jag tolkar det som en kombinerad effekt av pH och nedbrytning av mineral genom oxidation.

Flera källor refererar till att en lösning med pH på ca 8-8,2 ger minst upplösning vid kontakt med *kalciumkarbonat* (efter Garrel and Christ, 1965). Enligt reaktion (2) för upplösning av *kalciumkarbonat* (se teoridelen *Kalksten*) motverkar basiskt pH upplösning. Diskmedel, som har ett pH på ca 8, har löst ut mest kalcium av alla testade lösningar. Allrent (pH 7,5) och Grönsåpa (pH 9,8) ligger nära Diskmedel i koncentration utlöst Ca. De tensider (mest anjontensider) som ingår i dessa produkter verkar som sagt ovan vara effektiva när det gäller att lösa upp *kalciumkarbonat*. Alg/mögelvätt (pH 11,5) innehåller relativt mycket kalium vilket möjligen, i kombination med högt pH, kan motverka upplösning av *kalciumkarbonat*. Klorin (pH 11,8) har löst ut relativt lite kalcium. *Kalkstenen* verkar inte vara så känslig för den oxiderande effekten i Klorin. Att Kalkvatten (pH 12) löst ut minst mängd kalcium beror på att det är (över)mättat med kalcium. Labvatten har pH 6,6 vilket är lägst av de testade lösningarna. När *kalciumkarbonaten* löst sig har pH stigit under försöket.

I lösningarna med *kalksten* och Diskmedel, Klorin, Grönfri, Alg/mögelvätt, Kalkvatten och Grönsåpa har Al koncentrationen ökat mycket. Det är troligt att aluminiumjonerna varit adsorberade på lermineral och lösts ut från dessa i de aktuella lösningarna.

Klorin, Grönfri och Grönsåpa har lakat ur relativt mycket Mn ur *kalksten*. Det kan vara relaterat till att dessa produkter löst upp biofilm och utfällningar i anknytning till denna.

K ökade i alla lösningar med *kalksten* utom Alg/mögelvätt och Grönsåpa. Dessa två produkter hade högst initial koncentration av K.

När det gäller miljöpåverkan från rengöringsprodukter handlar det om biologisk nedbrytbarhet och inverkan på vattenlevande organismer, växter och djur. Råvaror och tillverkningsprocesser spelar också in. Vatten är naturligtvis bra ur miljösynpunkt. Etanol tillverkas genom jäsning av grödor och är lätt biologiskt nedbrytbart. Tensider har generellt miljöpåverkan och lagstiftningen för tensider grundar sig på att det finns vattenreningsverk som behandlar det vatten som använts

för tvätt. Tensider tillverkas vanligen av petroleumprodukter. Såpa tillverkas av tallolja och är lätt biologiskt nedbrytbar. Natriumhypoklorit bryts ner relativt snabbt men det är ändå en produkt som avråds från vid miljövänlig rengöring. Innan den bryts ned är den mycket giftig för vattenlevande organismer och den kan orsaka höjning av pH i vatten. Kalkvatten tillverkas av kalksten och bedöms vara miljövänligt.

Sist i rapporten finns en lista över ämnen i de produkter som testats. Ämnena har plockats från säkerhetsdatabladet för respektive produkt samt från innehållsförteckningen på produkten. Information om ämnet har hämtats från Kemikalieinspektionen (<http://apps.kemi.se/Amnesregistret/InfoAmne.cfm>).

Alla ingredienser deklarerar inte i säkerhetsdatablad/ innehållsförteckning vilket gör det svårt att ta reda på vad en rengöringsprodukt innehåller. Det kan bero på att ämnet ingår i låg koncentration och/eller för att det bedöms ha låg hälso/miljöpåverkan. I vissa fall kan en produkt ha blivit miljömärkt även om den innehåller en substans som klassas som miljöfarlig om denna ingår i liten mängd. Namngivningen av ämnen varierar vilket också gör det svårt att ta reda på information. Ett ämne med samma namn kan ha olika CAS nr i olika produkter och tvärt om.

BILDER GRANIT



Sten G1 före försöksstart.



G1 efter två veckor i Etanol.



G1 efter ytterligare 2 veckor utomhus.



Sten G2 före försöksstart.



G2 efter två veckor i Kranvatten.



G2 efter ytterligare 2 veckor utomhus.



Sten G3 före försöksstart.



G3 efter två veckor i Kranvatten60°.



G3 efter ytterligare 2 veckor utomhus.



Sten G4 före försöksstart.



G4 efter två veckor i Diskmedel.



G4 efter ytterligare 2 veckor utomhus.



Sten G5 före försöksstart.



G5 efter två veckor i Klorin.



G5 efter ytterligare 2 veckor utomhus



Sten G6 före försöksstart.



G6 efter två veckor i Grönfri.



G6 efter ytterligare 2 veckor utomhus



Sten G7 före försöksstart.



G7 efter två veckor i Allrent.



G7 efter ytterligare 2 veckor utomhus.



Sten G8 före försöksstart.



G8 efter två veckor i Alg/mögelvätt.



G8 efter ytterligare 2 veckor utomhus.



Sten G9 före försöksstart.



G9 efter två veckor i Kalkvatten.



G9 efter ytterligare 2 veckor utomhus.



Sten G10 före försöksstart.



G10 efter två veckor i Labvatten.



G10 efter ytterligare 2 veckor utomhus.



Sten G11 före försöksstart.



G11 efter två veckor i Grönsåpa.

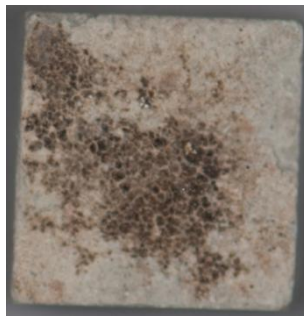


G11 efter ytterligare 2 veckor utomhus.

BILDER KALKSTEN



Sten K1 före försöksstart.



K1 efter två veckor i Etanol.



K1 efter ytterligare 2 veckor utomhus.



Sten K2 före försöksstart.



K2 efter två veckor i Kranvatten.



K2 efter ytterligare 2 veckor utomhus.



Sten K3 före försöksstart.



K3 efter två veckor i Kranvatten 60°. K3 efter ytterligare 2 veckor utomhus.



Sten K4 före försöksstart.



K4 efter två veckor i Diskmedel.



K4 efter ytterligare 2 veckor utomhus.



Sten K5 före försöksstart.



K5 efter två veckor i Klorin.



K5 efter ytterligare 2 veckor utomhus



Sten K6 före försöksstart.



K6 efter två veckor i Grönfri.



K6 efter ytterligare 2 veckor utomhus



Sten K7 före försöksstart.



K7 efter två veckor i Allrent.



K7 efter ytterligare 2 veckor utomhus.



Sten K8 före försöksstart.



K8 efter två veckor i Alg/mögelvätt.



K8 efter ytterligare 2 veckor utomhus.



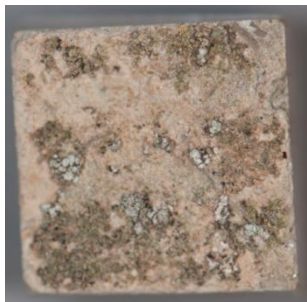
Sten K9 före försöksstart.



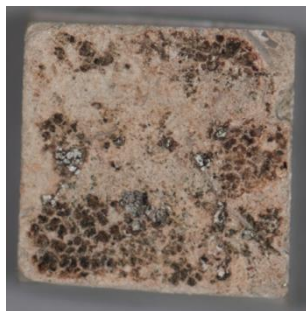
K9 efter två veckor i Kalkvatten.



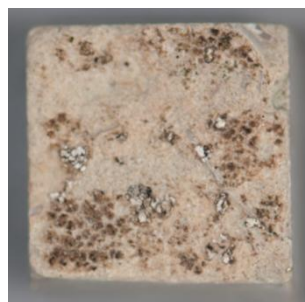
K9 efter ytterligare 2 veckor utomhus.



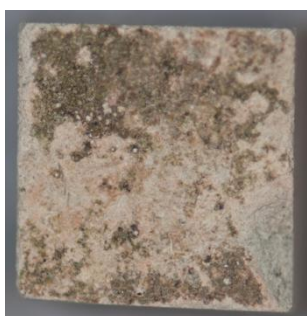
Sten K10 före försöksstart.



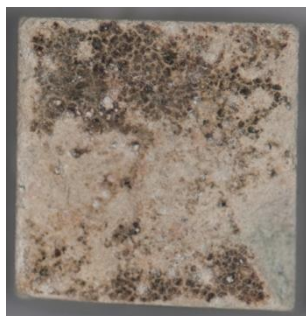
K10 efter två veckor i Labvatten.



K10 efter ytterligare 2 veckor utomhus.



Sten K11 före försöksstart.



K11 efter två veckor i Grönsåpa.



K11 efter ytterligare 2 veckor utomhus.

TABELLER

TVÄTTLÖSNINGAR OCH STENPROVER

Lösning	Innehåll	Konc 0-48 tim	Konc efter två dygn till försöksslut efter två veckor
1	Etanol; etylalkohol	95% viktprocent	27% viktprocent
2	Kranvatten rumstemp		
3	Kranvatten 60° vid start sedan rumstemp		
4	Diskmedel	En droppe (ca 0,03 ml) i 5 ml vatten**	Ca 0,03 ml i 15 ml vatten
5	Klorin	0,024 g NaClO i 5 ml vatten, ca 0,5 viktprocent	0,024 g NaClO i 15 ml vatten ca 0,16 viktprocent
6	Grönfri	0,08g N-Alkylbensyldimetylammoniumklorid i 5 ml vatten	0,08g N-Alkylbensyldimetylammoniumklorid i 15 ml vatten
7	Allrent	5 ml lösning med ca 1/3 allrent och resten kranvatten	10 ml kranvatten tillsattes
8	Alg/mögelvtvätt	5 ml lösning med ca 1/3 alg/mögelvtvätt och resten kranvatten	10 ml kranvatten tillsattes
9	Kalkvatten	Övermättad lösning med kalciumhydroxid (5%?) i vatten	
10	Labvatten	Filtrerat labvatten	
11	Grönsåpa	5 ml lösning med ca 2 volymprocent såpa i kranvatten	10 ml kranvatten tillsattes

Tabell 1. Tvättlösningarnas innehåll och numrering.

Testbit	Vikt före g	Vikt efter g	Skillnad g
Granit 1	2,95	2,95	0
Granit 2	3,3	3,3	0
Granit 3	3,42	3,3	-0,12
Granit 4	3,31	3,3	-0,01
Granit 5	3,29	3,29	0
Granit 6	3,34	3,3	-0,04
Granit 7	3,47	3,47	0
Granit 8	3,28	3,28	0
Granit 9	3,15	3,15	0
Granit 10	3,15	3,15	0
Granit 11	3,41	3,41	0

Tabell 2. Granitbitarnas vikt före och efter försöket.

Testbit	Vikt före g	Vikt efter g	Skillnad g
Kalksten 1	2,63	2,63	0
Kalksten 2	2,75	2,75	0
Kalksten 3	2,6	2,6	0
Kalksten 4	2,73	2,72	-0,01
Kalksten 5	2,58	2,58	0
Kalksten 6	2,57	2,58	+0,01
Kalksten 7	2,68	2,69	+0,01
Kalksten 8	2,44	2,45	+0,01
Kalksten 9	2,66	2,67	+0,01
Kalksten 10	2,71	2,71	0
Kalksten 11	2,74	2,74	0

Tabell 3. Kalkstensbitarnas vikt före och efter försöket.

Tvätt lösning	Innehåll	pH 1	pH 2
1	Etanol		Ca 7
2	Kranvatten rumstemp		Ca 7
3	Kranvatten 60°		
4	Diskmedel	Ca 8	Ca 7,8
5	Klorin	Ca 11,8	Ca 11,4
6	Grönfri	Ca 7,7	
7	Allrent	Ca 7,5	
8	Alg/mögeltvätt	Ca 11,5	
9	Kalkvatten	Ca 12	
10	Labvatten	Ca 6,6	
11	Grönsåpa	Ca 9,8	

Tabell 4. Tvättlösningarnas pH i början av försöket (pH 1) och efter ev ytterligare spädning efter första två dygnet (pH 2).

Tvätt lösning	Innehåll	Ca mg/l	K mg/l	Si mg/l	Al µg/l	Mn µg/l
1	Etanol	13,3	0,874	1,06	205	0,528
2	Kranvatten rumstemp	19,4	1,33	1,15	14	1,01
3	Kranvatten 60°	21,5	1,24	1,38	25,9	0,588
4	Diskmedel	19	1,44	1,1	20,4	1,74
5	Klorin	3,81	2,12	1,08	22,3	1,27
6	Grönfri	20,9	1,45	1,49	34	1,71
7	Allrent	19,6	1,72	1,34	41,9	0,79
8	Alg/mögeltvätt	24	5100	2,24	60	0,797
9	Kalkvatten	825	6,51	0,802	28,4	1,89
10	Labvatten	1,37	0,422	0,155	16,8	1,11
11	Grönsåpa	10,2	110	1,1	9,82	0,75

Tabell 5. Initiala koncentrationer i tvättlösningarna.

TVÄTTLÖSNING + GRANIT

Tvätt	Innehåll	Ca mg/l	K mg/l	Si mg/l	Al µg/l	Mn µg/l
lösning						
1	Etanol	11,6	0,981	1,5	172	9,21
2	Kranvatten rumstemp	17	1,59	1,91	12,3	16,9
3	Kranvatten 60°	17	1,53	2,26	17,4	6,03
4	Diskmedel	17,4	1,65	2,18	194	38,8
5	Klorin	17,8	2,62	4,05	406	2,52
6	Grönfri	33	3,4	2,32	433	79
7	Allrent	21,5	1,79	2,44	50,2	40,1
8	Alg/mögelvätt	3,3	4840	8,02	451	0,894
9	Kalkvatten	597	4,96	1,2	318	13,7
10	Labvatten	1,33	0,401	1,62	14,4	6,4
11	Grönsåpa	24,6	118	3,22	106	57,3

Tabell 6. Koncentrationer i tvättlösningarna med **granitbit** vid försöksslut.

Tvätt	Innehåll + granitbit	Ca mg/l	K mg/l	Si mg/l	Al µg/l	Mn µg/l
lösning						
1	Etanol	-1,7	0,107	0,44	-33	8,682
2	Kranvatten rumstemp	-2,4	0,26	0,76	-1,7	15,89
3	Kranvatten 60°	-4,5	0,29	0,88	-8,5	5,442
4	Diskmedel	-1,6	0,21	1,08	173,6	37,06
5	Klorin	13,99	0,5	2,97	383,7	1,25
6	Grönfri	12,1	1,95	0,83	399	77,29
7	Allrent	1,9	0,07	1,1	8,3	39,31
8	Alg/mögelvätt	-20,7	-260	5,78	391	0,097
9	Kalkvatten	-228	-1,55	0,398	289,6	11,81
10	Labvatten	-0,04	-0,021	1,465	-2,4	5,29
11	Grönsåpa	14,4	8	2,12	96,18	56,55

Tabell 7. Skillnad i koncentration vid försöksslut-försöksstart i tvättlösningarna med **granitbit**.

TVÄTTLÖSNING + KALKSTEN

Tvätt lösning	Innehåll	Ca mg/l	K mg/l	Si mg/l	Al µg/l	Mn µg/l
1	Etanol	21,3	2,78	1,41	214	7,54
2	Kranvatten rumstemp	46	5,29	3,03	30,8	0,979
3	Kranvatten 60°	45,7	5,09	2,44	21,4	<0,3
4	Diskmedel	79,5	7,76	3,05	328	13,3
5	Klorin	16,7	7,91	3,17	142	22,7
6	Grönfri	54,1	5,57	1,7	2,41	41,8
7	Allrent	67,8	5,37	2,74	25,8	2,66
8	Alg/mögelvtätt	3,21	5060	3,44	186	2,51
9	Kalkvatten	758	795	691	58	2,04
10	Labvatten	55,1	5,96	1,53	25,1	9,37
11	Grönsåpa	57,3	107	2,71	33,2	32

Tabell 8. Koncentrationer i tvättlösningarna med **kalkstensbit** vid försöksslut.

Tvätt lösning	Innehåll + kalkstensbit	Ca mg/l	K mg/l	Si mg/l	Al µg/l	Mn µg/l
1	Etanol	8	1,906	0,35	9	7,012
2	Kranvatten rumstemp	26,6	3,96	1,88	16,8	-0,031
3	Kranvatten 60°	24,2	3,85	1,06	-4,5	<-0,288
4	Diskmedel	60,5	6,32	1,95	307,6	11,56
5	Klorin	12,89	5,79	2,09	119,7	21,43
6	Grönfri	33,2	4,12	0,21	-31,59	40,09
7	Allrent	48,2	3,65	1,4	-16,1	1,87
8	Alg/mögelvtätt	-20,79	-40	1,2	126	1,713
9	Kalkvatten	-67	1,44	-0,111	29,6	0,15
10	Labvatten	53,73	5,538	1,375	8,3	8,26
11	Grönsåpa	47,1	-3	1,61	23,38	31,25

Tabell 9. Skillnad i koncentration vid försöksslut-försöksstart i tvättlösningarna med **kalkstensbit**.

JÄMFÖRELSE MED KRANVATTEN

Tvätt lösning	Innehåll	[Ca] mg/l [Ca]KV mg/l	- [K] mg/l- KV mg/l	[Si] mg/l [Si]KV mg/l	- [Al] µg/l- KV µg/l	[Mn] µg/l- [Mn]KV µg/l
1	Etanol	-6,1	-0,456	-0,09	191	-0,482
2	Kranvatten rumstemp	0	0	0	0	0
3	Kranvatten 60°	2,1	-0,09	0,23	11,9	-0,422
4	Diskmedel	-0,4	0,11	-0,05	6,4	0,73
5	Klorin	-15,59	0,79	-0,07	8,3	0,26
6	Grönfri	1,5	0,12	0,34	20	0,7
7	Allrent	0,2	0,39	0,19	27,9	-0,22
8	Alg/mögelvätt	4,6	5098,67	1,09	46	-0,213
9	Kalkvatten	805,6	5,18	-0,348	14,4	0,88
10	Labvatten	-18,03	-0,908	-0,995	2,8	0,1
11	Grönsåpa	-9,2	108,67	-0,05	-4,18	-0,26

Tabell 10. Initial koncentration i respektive tvättlösning subtraherad med initial koncentration i Kranvatten.

Tvättlösning+ granitbit	Innehåll	[Ca] mg/l - [Ca]KV mg/l	[K] mg/l- KV mg/l	[Si] mg/l - [Si]KV mg/l	[Al] µg/l- [Al]KV µg/l	[Mn] µg/l- [Mn]KV µg/l
1	Etanol	-5,4	-0,609	-0,41	159,7	-7,69
2	Kranvatten rumstemp	0	0	0	0	0
3	Kranvatten 60°	0	-0,06	0,35	5,1	-10,87
4	Diskmedel	0,4	0,06	0,27	181,7	21,9
5	Klorin	0,8	1,03	2,14	393,7	-14,38
6	Grönfri	16	1,81	0,41	420,7	62,1
7	Allrent	4,5	0,2	0,53	37,9	23,2
8	Alg/mögelvätt	-13,7	4838,41	6,11	438,7	-16,006
9	Kalkvatten	580	3,37	-0,71	305,7	-3,2
10	Labvatten	-15,67	-1,189	-0,29	2,1	-10,5
11	Grönsåpa	7,6	116,41	1,31	93,7	40,4

Tabell 11. Avslutande koncentrationer i tvättlösningar med granitbit subtraherade med avslutande koncentrationer för Kranvatten med granitbit.

Tvättlösning + kalkstensbit	Innehåll	[Ca] mg/l - [Ca]KV mg/l	[K] mg/l-[K] KV mg/l	[Si] mg/l - [Si]KV mg/l	[Al] µg/l-[Al] KV µg/l	[Mn] µg/l- [Mn]KV µg/l
1	Etanol	-24,7	-2,51	-1,62	183,2	6,561
2	Kranvatten rumstem p	0	0	0	0	0
3	Kranvatten 60°	-0,3	-0,2	-0,59	-9,4	-0,679
4	Diskmedel	33,5	2,47	0,02	297,2	12,321
5	Klorin	-29,3	2,62	0,14	111,2	21,721
6	Grönfri	8,1	0,28	-1,33	-28,39	40,821
7	Allrent	21,8	0,08	-0,29	-5	1,681
8	Alg/mögel elvtvätt	-42,79	5054,71	0,41	155,2	1,531
9	Kalkvatten	712	789,71	687,97	27,2	1,061
10	Labvatten	9,1	0,67	-1,5	-5,7	8,391
11	Grönsåpa	11,3	101,71	-0,32	2,4	31,021

Tabell 12. Avslutande koncentrationer i tvättlösningar med kalkstensbit subtraherade med avslutande koncentrationer för Kranvatten med kalkstensbit.

Tvätt	Innehåll	[Ca]-[Ca]KV	[K]-[K]KV	[Si]-[Si]KV	[Al]-[Al]KV	[Mn]-[Mn]KV
	+ granitbit					
	lösning					
1	Etanol	0,7	-0,153	-0,32	-31,3	-7,208
2	Kranvatten rumstemp	0	0	0	0	0
3	Kranvatten 60°	4,5	0,03	0,12	-6,8	-10,448
4	Diskmedel	0,8	-0,05	0,32	175,3	21,17
5	Klorin	16,39	0,24	2,21	385,4	-14,64
6	Grönfri	14,5	1,69	0,07	400,7	61,4
7	Allrent	4,3	-0,19	0,34	10	23,42
8	Alg/mögeltvätt	-18,3	-260,26	5,02	392,7	-15,793
9	Kalkvatten	-225,6	-1,81	-0,362	291,3	-4,08
10	Labvatten	2,36	-0,281	0,705	-0,7	-10,6
11	Grönsåpa	16,8	7,74	1,36	97,88	40,66

Tabell 13. Värdena i tabell 7 subtraherade med respektive värde för Kranvatten (KV). Värdena visar hur mycket mer eller mindre koncentrationen ökat i respektive tvättlösning med granit jämfört med i Kranvatten.

Tvätt	Innehåll	[Ca]-[Ca]KV	[K]-[K]KV	[Si]-[Si]KV	[Al]-[Al]KV	[Mn]-[Mn]KV
lösning	kalksten					
1	Etanol	-18,6	-2,054	-1,53	-7,8	7,043
2	Kranvatten rumstemp	0	0	0	0	0
3	Kranvatten 60°	-2,4	-0,11	-0,82	-21,3	<-0,257
4	Diskmedel	33,9	2,36	0,07	290,8	11,591
5	Klorin	-13,71	1,83	0,21	102,9	21,461
6	Grönfri	6,6	0,16	-1,67	-48,39	40,121
7	Allrent	21,6	-0,31	-0,48	-32,9	1,901
8	Alg/mögelvätt	-47,39	-43,96	-0,68	109,2	1,744
9	Kalkvatten	-93,6	-2,52	-1,991	12,8	0,181
10	Labvatten	27,13	1,578	-0,505	-8,5	8,291
11	Grönsåpa	20,5	-6,96	-0,27	6,58	31,281

Tabell 14. Värdena i tabell 9 subtraherade med motsvarande värde för kranvatten (KV). Värdena visar hur mycket mer eller mindre koncentrationen ökat i respektive tvättlösning med kalksten jämfört med i Kranvatten.

DIAGRAM GRANIT

KISEL

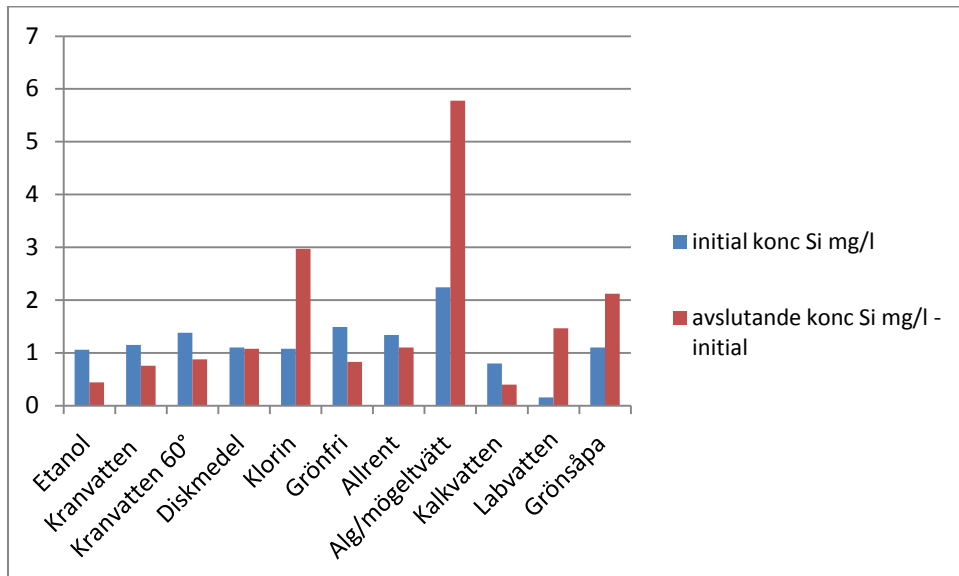


Diagram 2. Initial koncentration Si mg/l i alla tvättlösningar samt skillnaden mellan avslutande och initial koncentration i lösningar med granitbit.

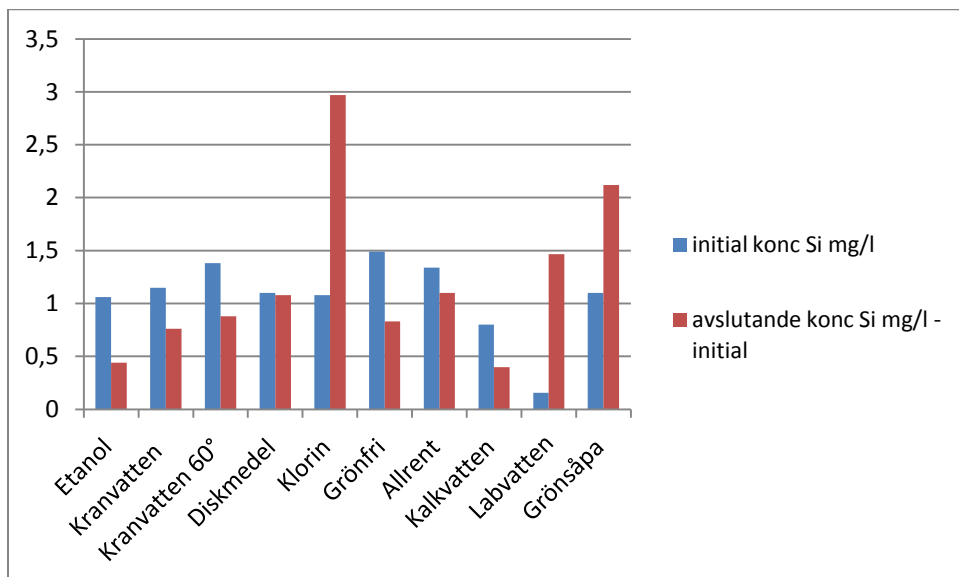


Diagram 3. Initial koncentration Si mg/l i alla tvättlösningar utom Alg/mögelvätt. Skillnaden mellan avslutande och initial koncentration i lösningar med granitbit.

KALCIUM

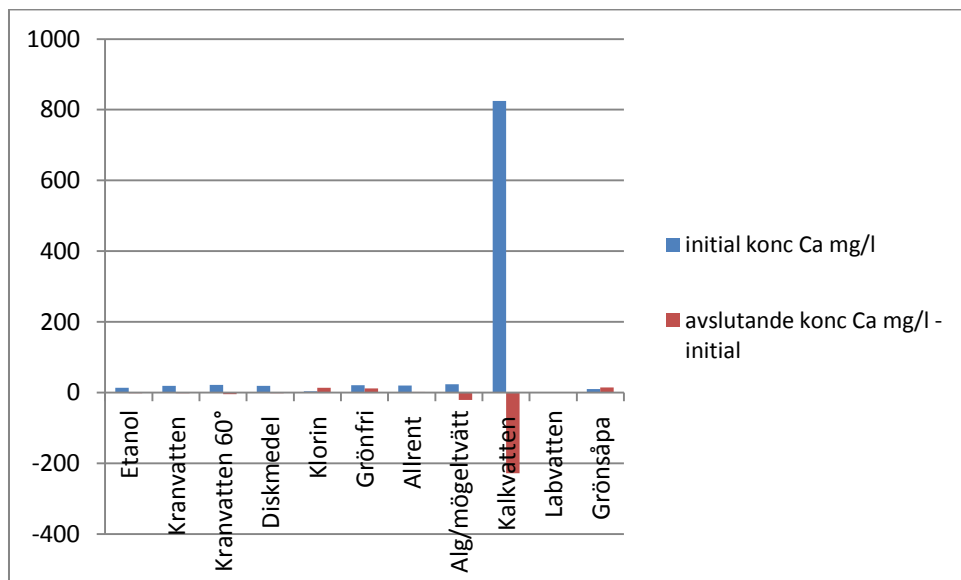


Diagram 4. Initial koncentration Ca mg/l i alla tvättlösningar samt skillnaden mellan avslutande och initial koncentration i lösningar med granitbit.

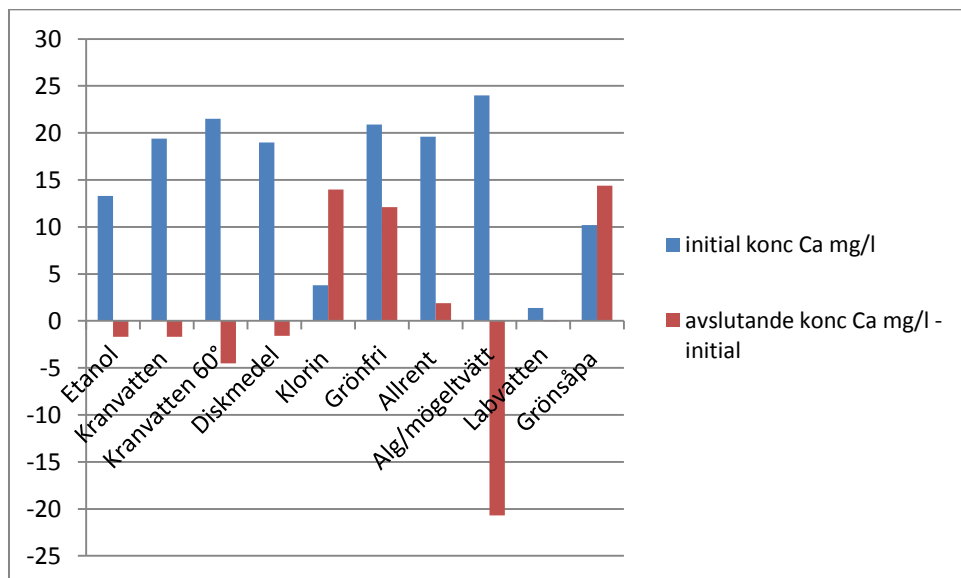


Diagram 5. Initial koncentration Ca i alla tvättlösningar utom Kalkvatten. Skillnaden mellan avslutande och initial koncentration i lösningar med granitbit.

KALIUM

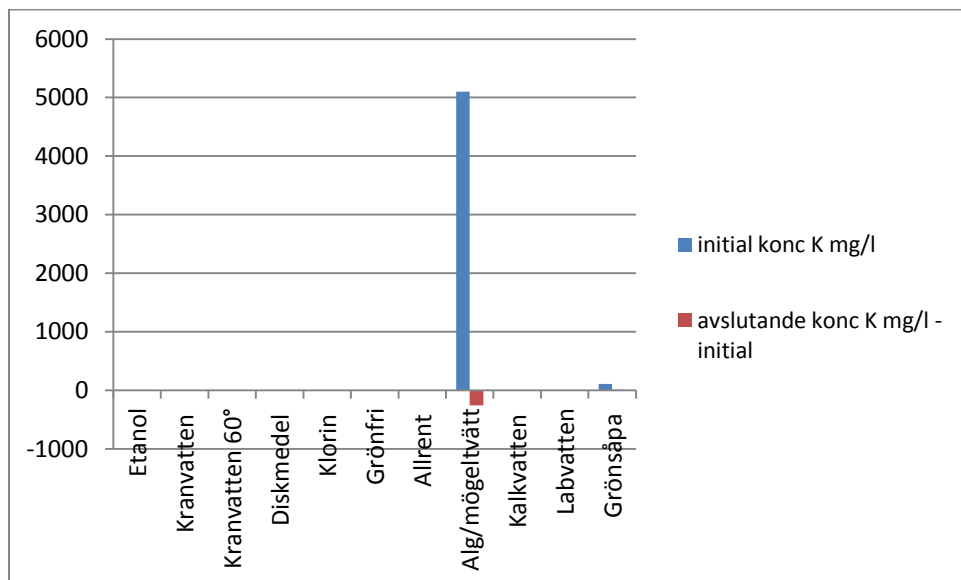


Diagram 6. Initial koncentration K i alla tvättlösningar samt skillnaden mellan avslutande och initial koncentration i lösningar med granitbit.

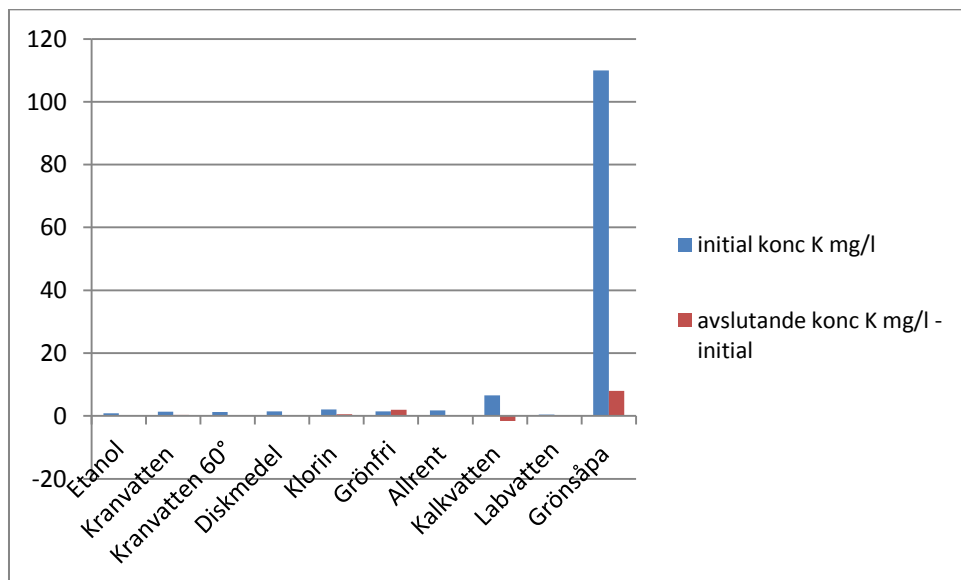


Diagram 7. Initial koncentration K i alla tvättlösningar utom Alg/mögelvätt Skillnaden mellan avslutande och initial koncentration i lösningar med granitbit.

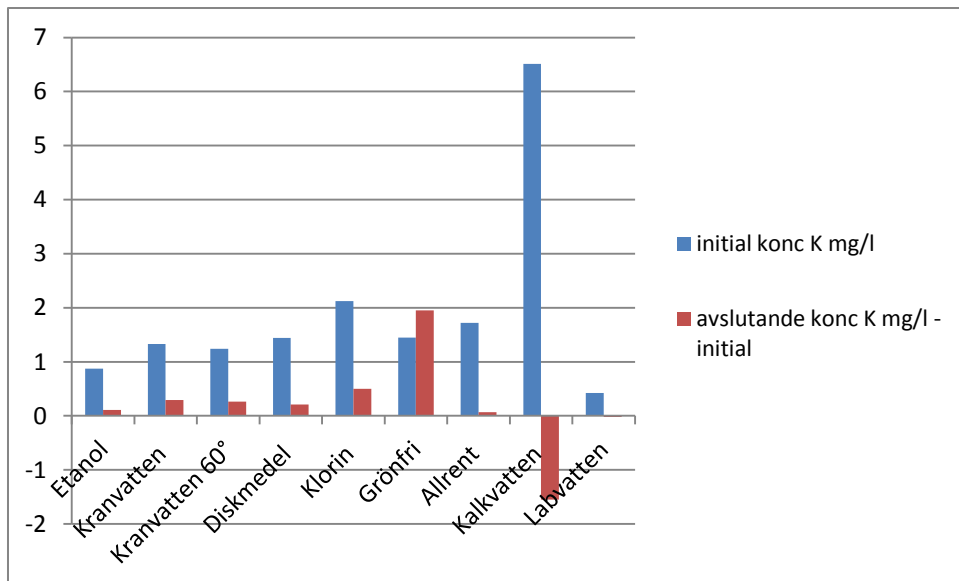


Diagram 8. Initial koncentration K i alla tvättlösningar utom Alg/mögeltvätt och Grönsåpa. Skillnaden mellan avslutande och initial koncentration i lösningar med granitbit.

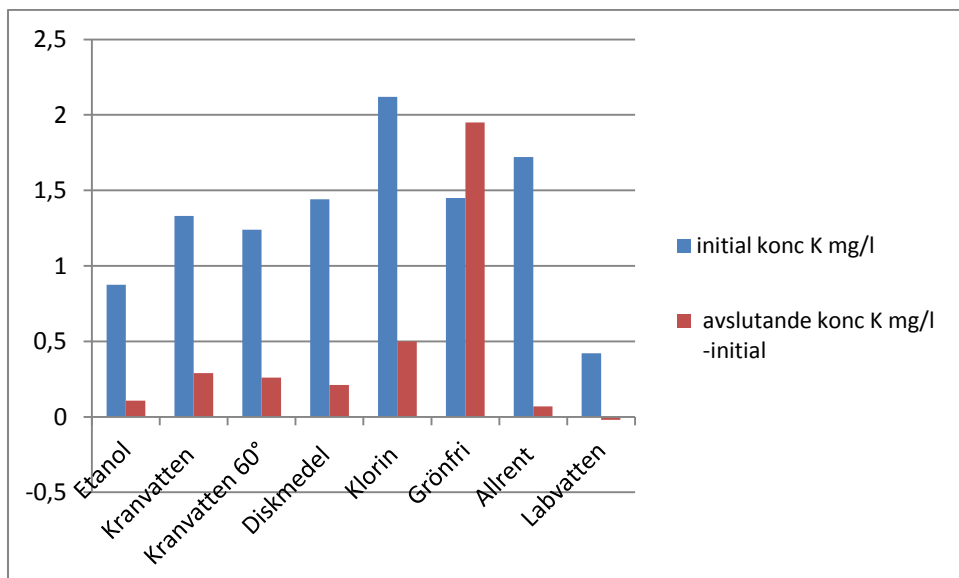


Diagram 9. Initial koncentration K i alla tvättlösningar utom Alg/mögeltvätt, Grönsåpa och Kalkvatten. Skillnaden mellan avslutande och initial koncentration i lösningar med granitbit.

ALUMINIUM

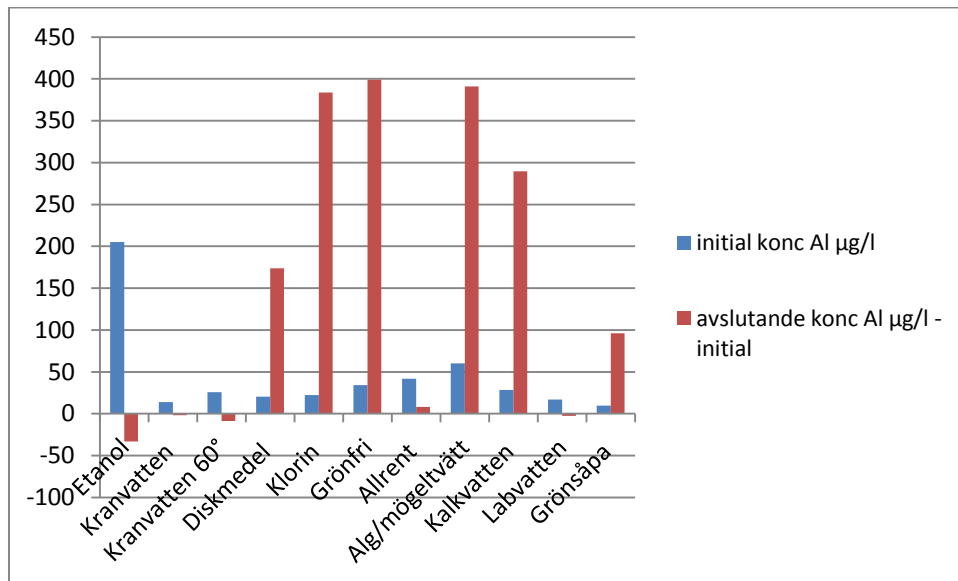


Diagram 10. Initial koncentration Al i alla tvättlösningar samt skillnaden mellan avslutande och initial koncentration i lösningar med granitbit.

MANGAN

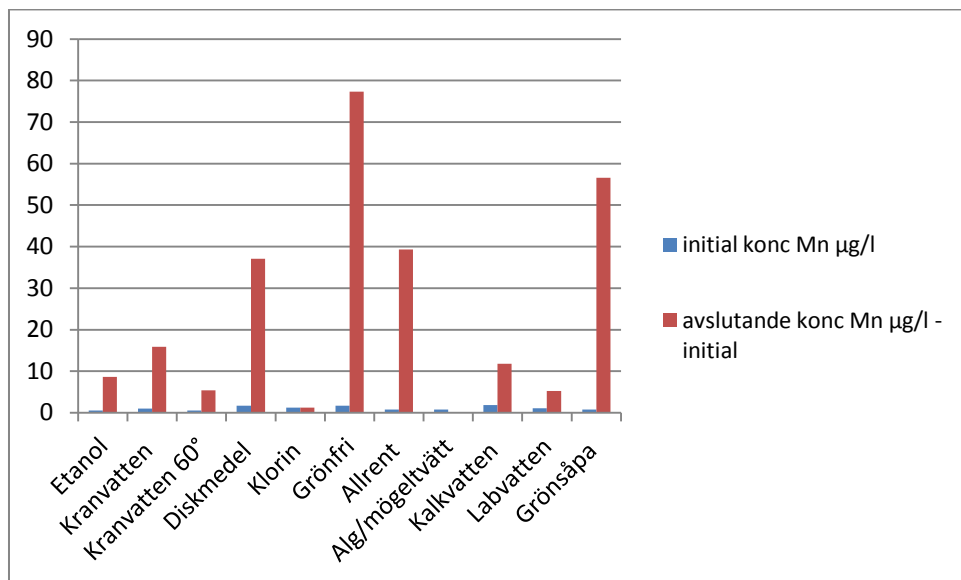


Diagram 11. Initial koncentration Mn i alla tvättlösningar samt skillnaden mellan avslutande och initial koncentration i lösningar med granitbit.

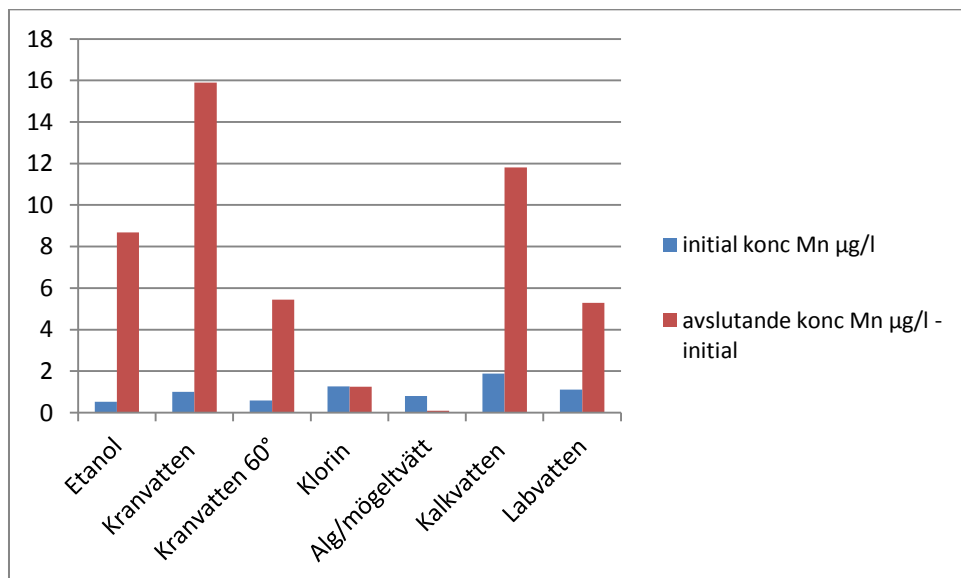


Diagram 12. Initial koncentration Mn i alla tvättlösningar utom Diskmedel, Grönfri, Allrent och Grönsåpa. Skillnaden mellan avslutande och initial koncentration i lösningar med granitbit.

DIAGRAM KALKSTEN

KALCIUM

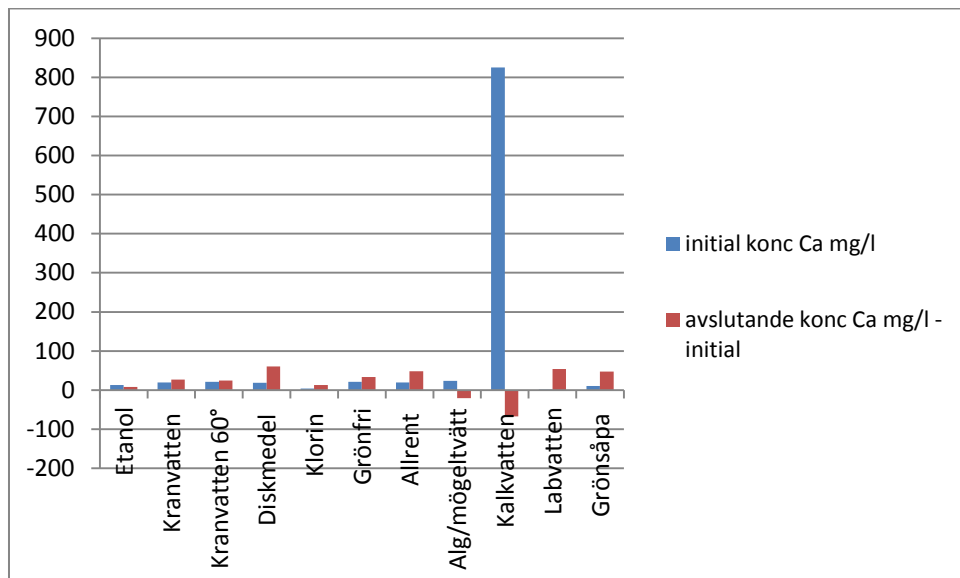


Diagram 13. Initial koncentration Ca i alla tvättlösningar samt skillnaden mellan slutlig och initial koncentration med kalkstensbit.

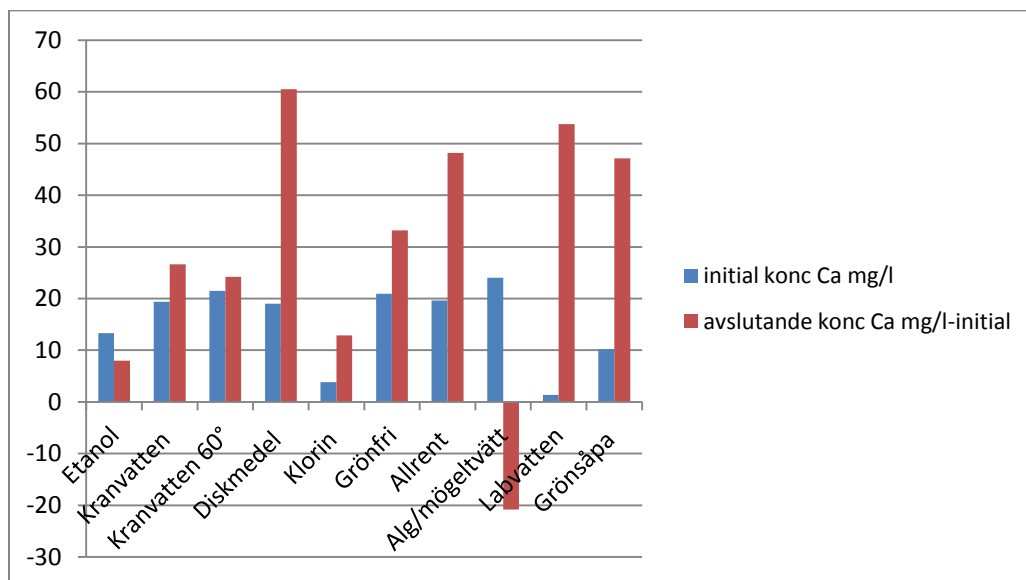


Diagram 14. Initial koncentration Ca i alla tvättlösningar utom Kalkvatten. Skillnaden mellan slutlig och initial koncentration med kalkstensbit.

KALIUM

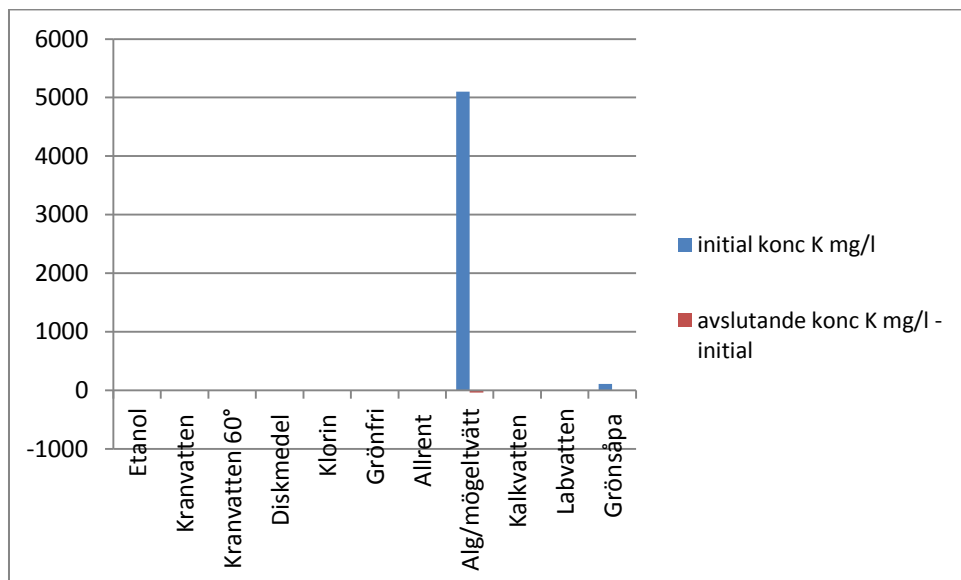


Diagram 15. Initial koncentration K i alla tvättlösningar samt skillnaden mellan slutlig och initial koncentration med kalkstensbit.

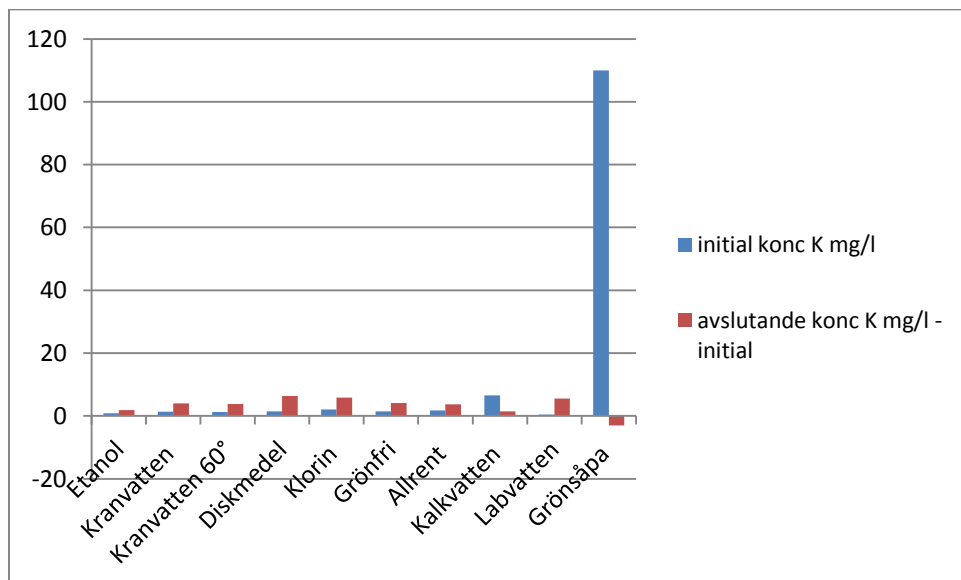


Diagram 16. Initial koncentration K i alla tvättlösningar utom Alg/mögelvätt. Skillnaden mellan slutlig och initial koncentration med kalkstensbit.

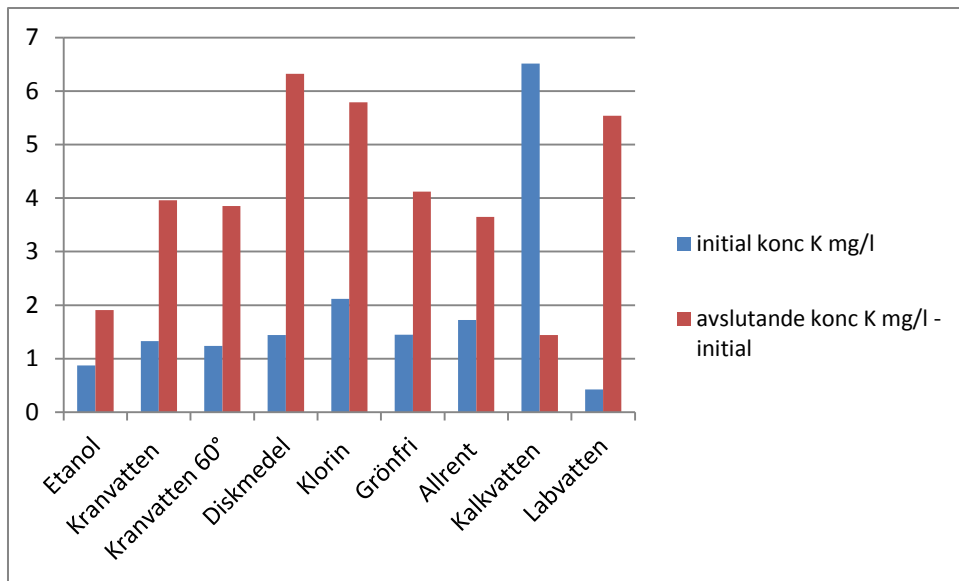


Diagram 17. Initial koncentration K i alla tvättlösningar utom Alg/mögeltvätt och Grönsåpa. Skillnaden mellan slutlig och initial koncentration med kalkstensbit.

KISEL

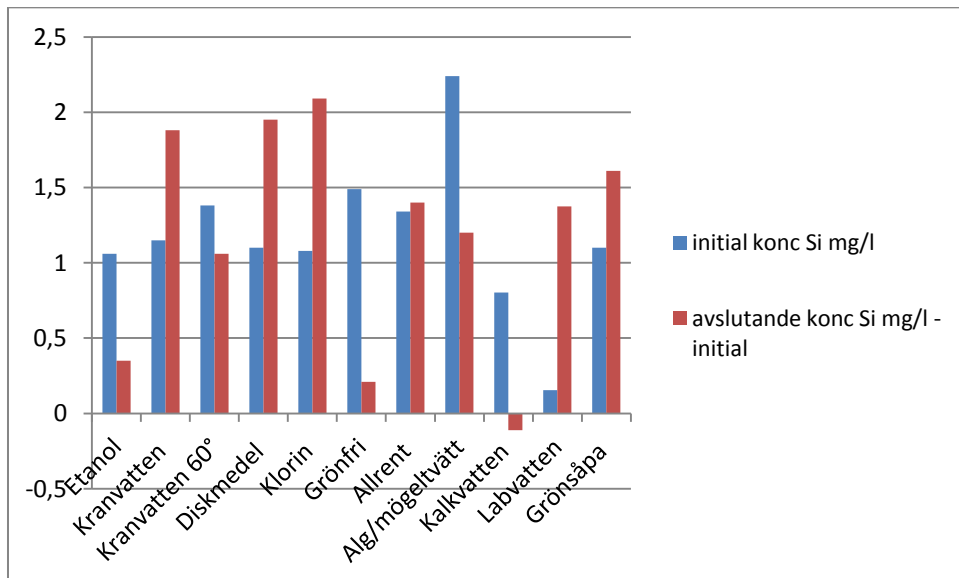


Diagram 18. Initial koncentration Si i alla tvättlösningar samt skillnaden mellan slutlig och initial koncentration med kalkstensbit.

ALUMINIUM

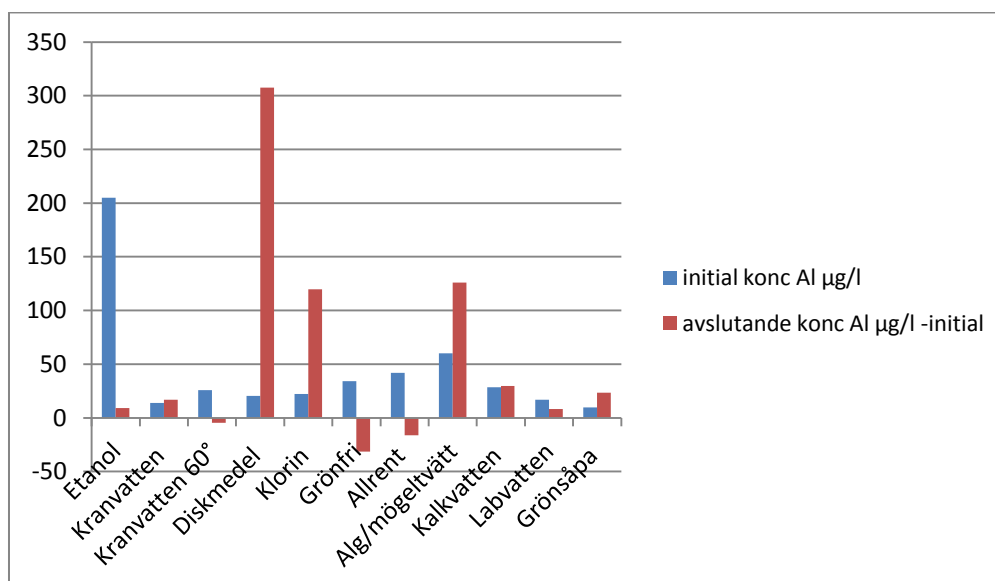


Diagram 19. Initial koncentration Al i alla tvättlösningar samt skillnaden mellan slutlig och initial koncentration med kalkstensbit.

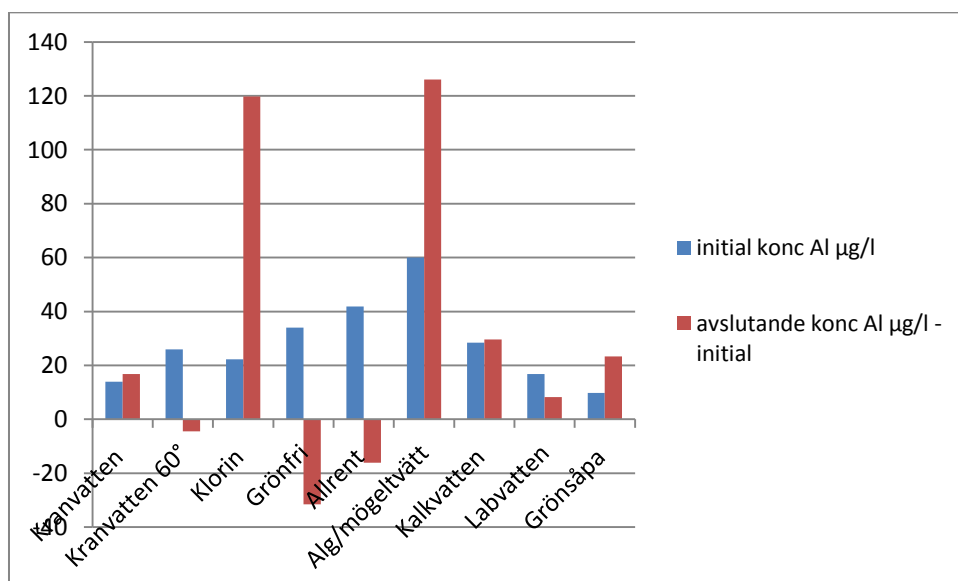


Diagram 20. Initial koncentration Al i alla tvättlösningar utom Etanol och Diskmedel. Skillnaden mellan slutlig och initial koncentration med kalkstensbit.

MANGAN

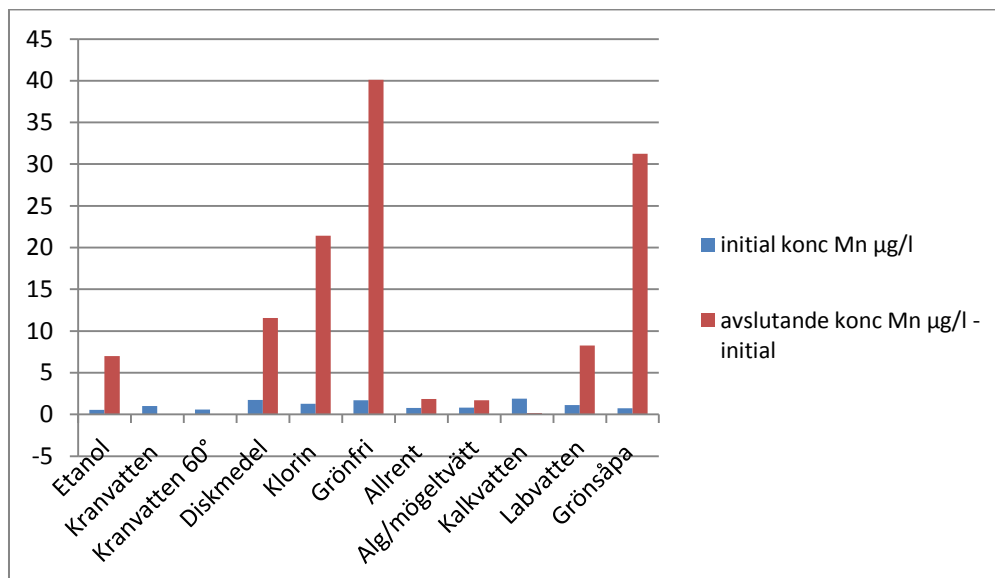


Diagram 21. Initial koncentration Mn i alla tvättlösningar samt skillnaden mellan slutlig och initial koncentration med kalkstensbit.

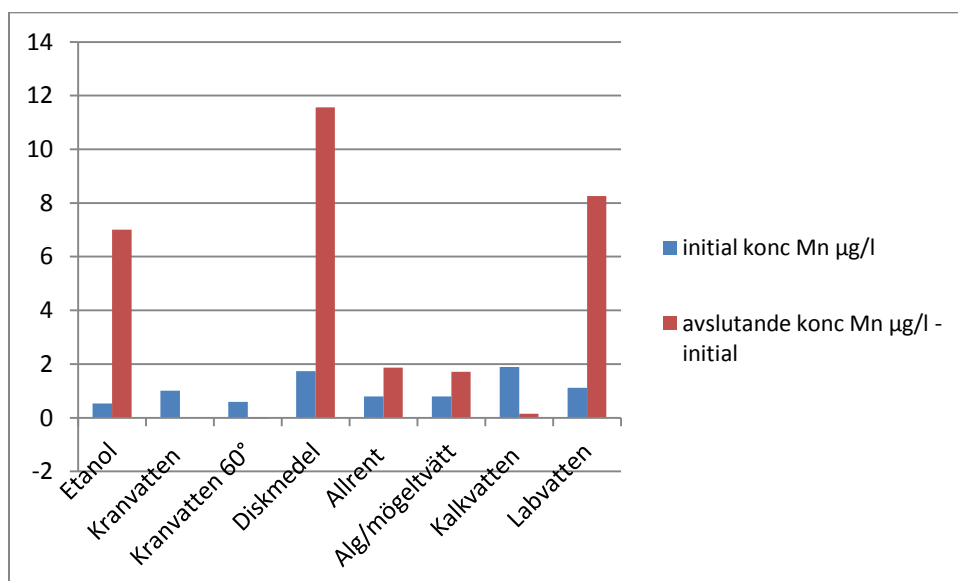


Diagram 22. Initial koncentration Mn i alla tvättlösningar utom Klorin, Grönfri och Grönsåpa. Skillnaden mellan slutlig och initial koncentration med kalkstensbit.

TEORI

SILIKATMINERAL KEMI OCH VITTRING

Så kallade primära silikatmineral bildas när magma från jordens inre kyls av. Det leder till att kisel och syre börjar binda till varandra och bilda kisel-syre tetraedrar. Dessa består av fyra syreatomer runt en mycket mindre kiselatom (Tarbuck and Lutgens, 1996). Kiselsyretetraedern är negativt laddad; SiO_4^{4-} . Varje syre bidrar med -2 och kiselatomen med +4. Tetraedrarna binder till varandra på olika sätt genom kovalent bindning mellan syreatomer och kiselatomer i intilliggande tetraedrar. På det sättet bildas silikatmineral med olika struktur. Hur tetraedrarna binder till varandra beror på vid vilken temperatur de bildats. Hur snabbt avkylningen av magman sker avgör hur stora mineralkornen blir. Vid långsam avkylning bildas stora korn. Den mest polymeriserade silikatstrukturen är kvarts som består av kiselsyretetraedrar med kovalent bindning i alla riktningar. Kvarts är den silikatmineral som bildas vid lägst temperatur vilket betyder att kvarts kristalliserar sist när magma kyls av.

I alla silikater utom kvarts substitueras kiseljonen delvis av Al^{3+} . Därför innehåller dessa andra positivt laddade joner (katjoner) för att bli neutrala och stabila. Vanliga katjoner i silikatmineral är Fe, Mg, K, Na, Al och Ca. Katjonerna binder till tetraedrar genom jonbindning. Joner med ungefär samma storlek kan substitueras med varandra utan att mineralstrukturen ändras.

Lermineral bildas vid kemisk vittring av fältspater och glimrar. De är skiktsilikater med sinsemellan liknande kemisk sammansättning. De har mycket liten kornstorlek och därför stor reaktiv yta i förhållande till volymen. På ytan adsorberas vatten och vissa mineral kan svälla kraftigt. Katjoner adsorberas också i stor mängd på lermineralens yta (Kalinowski, 1997).

Primära silikatmineral är instabila vid kontakt med vatten och luft. Genom kemisk vittring löses de upp fullständigt (kongruent vittring), omvandlas till sekundära lermineral (inkongruent vittring) eller oxideras genom en red-ox reaktion (vilken kan vara kongruent eller inkongruent) (Kalinowski, 1997). Reaktionerna drivs av att den fria energin i systemet (naturen) minskar. Kemisk vittring av silikatmineral frigör näringsämnen, reglerar halten av koldioxid i luften och pH i mark och vatten. Lermineral som bildats vid nedbrytning av fältspater och glimrar utgör en stor del av det vi kallar jord.

Olika mineral har olika vittringsbenägenhet. Mineralstrukturen påverkar vittringshastigheten genom att intrasport av vatten och borttransport av vittringsprodukter är mer eller mindre enkelt. Till exempel kan transporten av joner ske relativt lätt i skiktsilikater men är mycket svårare i mer polymeriserade tektosilikater som fältspater och kvarts. Bindningarnas styrka avgör också hur snabbt element lakas ur olika mineral. Kisel är till exempel bundet med kovalent bindning och lakas ungefär lika snabbt ur olika typer av silikater utom för kvarts där urlakningen går extremt långsamt. Katjoner som K^+ , Ca^{2+} , Na^+ är bundna i strukturen genom jonbindning. Hur snabbt de kan lakas ur beror på mineralstrukturen och styrkan i jonbindningen och det varierar därför mycket mellan olika mineral. För vittring av granit är plagioklas och biotit

viktigast. Plagioklas är mer vittringsbenägen vid högre Ca-innehåll. Vid vittring av fältspater bildas ett katjonurlakat residualsikt på mineralytorna.

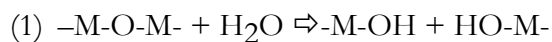
Kemisk vittring kan endast ske när mineralet är i kontakt med fukt eller vatten. Lösta joner i fukten/vattnet påverkar upplösningshastigheten på olika sätt. pH påverkar kemisk vittring bland annat genom att protonering vid lågt pH gör bindningarna i mineralstrukturen svagare. Minimiupplösning för de flesta silikater ligger på ett pH som är svagt surt till neutralt (omkring pH 5-7). Kvarts minimiupplösning ligger lägre på pH mellan 3-4. Vissa typer av lösta joner motverkar ytterligare upplösning genom att lösningen mättas. Ufällning av sekundära mineral kan blockera jontransporten och även minska den reaktiva ytan. Omsättningen av vatten är viktig för upplösningshastigheten. Vid regn uppnås ingen jämvikt och upplösning sker av både primär och sekundärmineral (Strandh, Torssander, Mörtz and Åberg, 1999). Kemisk vittring går snabbare vid högre temperatur. I vårt klimat sker kemisk vittring främst under sommaren och med relativt liten omfattning jämfört med till exempel tropikerna (Melkerud, 1998).

Kemisk vittring går snabbast om vattnet innehåller kolsyra eller växtsyror. Regn är naturligt surt eftersom koldioxid löser sig till kolsyra (bikarbonat; H_2CO_3) som är en svag karboxylsyra. Naturligt pH i regn är ca 5,8. Humus och levande organismer har stor betydelse. På en kal bergyta kan vittringen endast fortgå vid regn eller vattenrinning efter regn. Så fort hällen är torr avstannar vittringen. I jord kan processerna fortgå hela tiden genom att jorden är fuktig. I jord är också förekomsten av syra högre än i regnvatten genom ytterligare löst koldioxid från rotandningen och organiska syror som bildats av biologisk aktivitet (Melkerud, 1998).

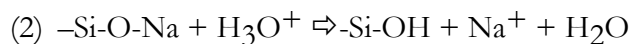
Att studera vittringsprocesser och hastigheter är svårt. Ett problem är till exempel att bestämma specifik reaktiv yta (Strandh, Torssander, Mörtz and Åberg, 1999). Ett annat att bestämma våttid, det vill säga hur lång tid som kemisk vittring kunnat fortgå. Kisel är ett viktigt element vid vittringsstudier eftersom det är en produkt från vittring av alla typer av silikater. Fältstudier på granithällar i Tanum har visat att temperatur och vattenomsättning reglerar den kemiska upplösningen i den miljön.

VIKTIGA REAKTIONER

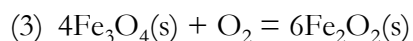
Hydrolys (1) är den viktigaste upplösningsreaktionen eftersom den bryter kovalenta bindningar i strukturen (Kalinowski 1997).



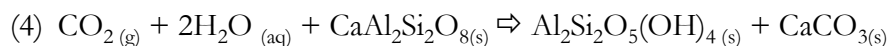
Jonbyte (2) leder också till upplösning och samtidigt höjs pH.



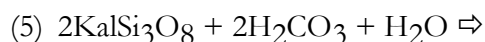
Oxidering av magnetit till hematit är ett exempel på en inkongruent red-ox reaktion (3):



Genom reaktion med naturligt surt regn bryts kalciumfältspat (anortit) ner till lermineral och kalciumkarbonat:



Reaktionen bidrar till att reglera halten av koldioxid i atmosfären. Vittring frigör också näringsämnen. I reaktionen nedan frigör kalifältspat kalium samtidigt som lermineral faller ut och kisel syra går i lösning (Melkerud 1998).



BOHUS/IDEFJORDSGRANIT

Bohus/idefjordsgraniten bildades när magma trängde in i äldre gnejser 920 Ma i samband med att den Svekonorwegiska provinsen kollapsade (Eliasson and Petersson, 1996). Huvudmineralen i bohus/idefjords graniten är kalifältspat (31-42%), plagioklas (26-34%, oligoklas; mest albit och mindre anortit), kvarts (21-31%) och mindre mängder biotit (3-6%). Flera olika accessoriska beståndsdelar har bildats samtidigt med huvudmineralen, bland annat magnetit. Färg och textur varierar från grå till röd och från fin till grovkornig (Eliasson and Schöberg, 1991). Pegmatitiska gångar, vener och fläckar samt xenolither av gnejs är vanligt förekommande.

I slutet av granitens bildande sönderföll en del biotit och plagioklas till sekundära faser genom så kallad sen-magmatisk omvandling. Då bildades klorit och epidot av biotit (Eliasson and Petersson, 1996). Oligoklas (plagioklas) omvandlades till sericit (finkornig muscovit) och sausserit (aggregat av bland annat sericite, epidot, albit). Denna omvandling är vanlig i Bohus/Idefjordsgraniten men graden varierar mycket även mellan närliggande korn. Sprickor som bildats under samma period (sen-magmantiska sprickor) är ofta fyllda med kvarts och/eller pegmatit.

Efter att graniten stelnat har mineral i anslutning till sprickor påverkats av att dessa periodvis varit i kontakt med lösningar med hög temperatur och ibland av oxiderande natur (hydrotermal omvandling) (Eliasson and Schöberg, 1991). Plagioklas har ytterligare omvandlats till sericit och sausserit och även fläckvis till lermineral. Biotit har omvandlats till klorit och muscovit. I vissa fall har plagioklas och kalifältspat omvandlats till albit. De hydrotermala processerna har även lett till ytterligare uppsprickning. Mineral som avsatts i sprickor genom hydrotermala processer är främst kvarts och längs kanterna oxiderat järn från nedbrytning av biotit och klorit som fällt ut som hematit.

Några mm breda fyllda sprickor är vanliga i ovittrad granit (det vill säga i granit under den översta vittringssonen, se nedan) (Eliasson, Tullborg and Landström, 1990). De är vanligen fyllda av kvarts (SiO_2) och ibland av karbonat (CaCO_3) från sen-magmatiska eller hydrotermala processer. Rost (FeOOH) faller ut i sprickor i övre delen av berggrunden där vatten rör sig. I graniten finns också en varierande mängd mikrosprickor. Dessa går både genom mineralkorn (främst genom plagioklas och kvarts) och längs korngränser. De är helt eller delvis fyllda av lermineral (kaolinit, smectit, vermiculit m.fl.) som bildats genom lågtemperaturomvandling och avsatts in situ.

De översta centimetrarna av graniten utgör en så kallad vittringsson eller vittringshud (Dahlin, Henriksen, Anda, Mattsson, Iden, Åberg, Bjelland, Thorseth, Hamnes and Torssander, 2000). Den ses som ett mer röd eller gulbrunt parti än opåverkat berg. Det beror på att järn oxiderats och fällt ut. Vid ökad grad av vittring blir Fe^{2+} i biotiten mer och mer oxiderad till Fe^{3+} . I de översta millimetrarna av vittringssonen har biotit och plagioklas börjat lösas upp. Det finns fler mikrosprickor och de är mer öppna och bredare än i opåverkat berg. Det finns dock en hel del lermineral kvar i mikrosprickorna. För en fältstudie av kemisk vittring i Tanum bestämdes den specifika exponerade ytan (ytan tillgänglig för kemisk reaktion med ytvatten) till 3200 x större än avgränsad hällyta (Strandh et al., 1999).

Vid vittring av fältspater och glimrar bildas flera olika lermineral (Kalinowski, 1997). Nedbrytning av biotit kan till exempel leda till att hydrobiotit (illit), kaolinit, vermiculit och goethit fälls ut. Amorf kiseldioxid är också en vittringsprodukt som bildas i mineralkanter. I vattenrinning kan kiseldioxid fällas ut som en tät skorpa vilken skyddar underliggande mineral från kemisk upplösning. Men om skorpan spricker upp kan den dra med sig hela eller delar av mineral.

Korngränser är vanligtvis svaghetszoner och mer utsatta för kemisk vittring (Dahlin et al., 2000). Undersökningar av Bohus/Idefjordsgranit har visat att den kemiska vittringen följer svaghetszoner som finns där efter tidigare hydrotermal omvandling. Mikrosprickor är viktiga och sekundära mineral i anslutning till dessa och som är mindre motståndskraftiga mot vittring. Genom upplösning längs korngränser och mikrosprickor utvidgas dessa och hela mineralkorn eller delar av dessa kan ramla bort. Fysisk vittring som frost-tö-cykler och biologisk aktivitet har stor betydelse.

Mineral	Silikattyp	Kemisk formel
Biotit	fyllosilikat, skiktasilikat, glimmer	$K(Mg,Fe)_3AlSi_3O_{10}(OH)_2$
Epidot	dimer	$Ca_2(Al,Fe)Al_2O(SiO_4)(Si_2O_7)(OH)$
Goetit	oxid	$FeOOH$
Hematit	oxid	Fe_2O_3
Kaolinit	fyllosilikat, skiktasilikat, lermineral	$Al_2Si_2O_5(OH)_4$
Klorit	fyllosilikat, skiktasilikat	$(Fe,Mg,Al)_6[(OH)_2+(Si,Al)_4O_{10}]$
Kvarts	tektosilikat, kvarts	SiO_2
Magnetit	oxid	Fe_3O_4
Mikroclin	tektosilikat, fältspat	$KAlSi_3O_8$
Muskovit	fyllosilikat, skiktasilikat, glimmer	$KAl_2[OH,F]_2AlSi_3O_{10}$
Plagioklas	tektosilikat, fältspat	albit: $Na[AlSi_3O_8]$, anortit: $Ca[Al_2Si_2O_8]$
Kalcit	KARBONAT	$CaCO_3$

Tabell 13. Kemisk sammansättning/mineral i Bohus/Idefjordsgranit

KALKSTEN KEMI OCH VITTRING

Kalksten består främst av kalciumkarbonat (kalcit, kalkspat; CaCO_3). Kemiskt är kalciumkarbonat ett salt med jonbinding mellan kalciumjonen Ca^{2+} och karbonatjonen CO_3^{2-} . Jämfört med exempelvis kvarts (SiO_2) som har starka kovalenta bindningar i alla riktningar så är kalcit mycket mer lättvittrat (Löfvendahl, 1996). Kalksten är en sedimentär bergart som bildats av förhårdnade lager av skal och andra djurrester med större eller mindre inblandning av kemiskt utfällt kalkslam. Förutom kalciumkarbonat innehåller kalksten även lermineral, kiseldioxid, fältspater, svavelkis, och andra föroreningar. Magnesiumrik kalksten kallas dolomit. Porositeten kan variera kraftigt. För ortocerkalkstenar vanligen mellan 1-5%.

Ortoceratitkalkstenen i Östergötland (Vreta kloster ligger i Östergötland) är knappt 500 miljoner år gammal. Den har avsatts i havsmiljö på intermediärt djup. Det är en mer eller mindre tätbankad kalksten av varierande färg karakteriserad av upp till en halvmeter långa raka koner som utgjort skalet av ett utdött bläckfisksläkte; Ortoceras. Bergarten består av småkristallina kalkspatkorn (kalciumkarbonat), små skalfragment och underordnat lerpartiklar samt järnmineral. Ortocerkalkstenen har vanligen avlagrats i form av tunna, sällan mer än 15 cm tjocka bankar som är separerade genom endast någon millimeter till centimeter tjocka lerhaltiga (märgliga) skikt. Typiskt för ortoceratitkalkstenen är denna skiktning i hårdare partier som skiljs från varandra genom lösare lerartade s.k. klov.

Kalksten vittrar främst genom upplösning i vatten (kemisk vittring) (Löfvendahl, 1996). Upplösningen hänger samman med att koldioxid från luften löser sig i vatten och gör det svagt surt (se reaktion 1-7 nedan) (Livingston, 1992). Gaser har sämre löslighet i vatten vid högre temperatur (Zumdahl, 1992). Kalciumkarbonat löser sig därför sämre i varmt vatten än i kallt.

Lerlager i kalkstenen kan bestå av till exempel illit, klorit och/eller smektit (Löfvendahl, 1996). Dessa är ännu mer lättvittrade än kalciumkarbonaten. Lerlagrens nedbrytning beskrivs av Löfvendahl (1996) som främst fysikalisk genom att de absorberar vatten och kationer vilket gör att de sväller. Smektit kan svälla mer än 10 %. Det ger uppsprickning och avspjälkning. När lerlager vittrat ur bildas urgröpta fåror i stenen. I ortocerkalkstenen framträder vittrade lerskikt som en grågrön oregelbunden yta.

Exfoliering genom att tunna skal faller bort är en vanlig vittringsform för kalksten. Det beror på frys- och eller saltsprängning och sker oberoende av lagringen. Skadorna vid frysning blir större om salter finns lösta i vattnet. Vatten med lösta salter ökar nedbrytningshastigheten.

Stenens yta ändrar struktur och färg med tiden. Till exempel oxidation ger färgförändringar. Denna färgförändring kallas patina och ska inte tas bort i samband med rengöring.

Vid vattentvätt av kalksten används ibland högtryckstvätt (Livingston, 1992). Det avlägsnar smuts effektivt. Om stora mängder vatten används kan *signifikanta* mängder kalciumkarbonat lösas upp. Om stenen istället placeras i vattenbad minskar mängden vatten men då kontakttiden blir längre sker det en mättnad av vattnet med avseende på kalcit. Om rengöring sker genom inpackning är mängden vatten jämförelsevis mycket begränsad. Om inpackningen görs lufttät kan

upplösningen reduceras. Upplösningen av karbonatsten varierar mycket beroende på kemisk sammansättning och hur sedimentationen gått till.

Enligt Livingston (1992) motsvarar jämviktskoncentrationen för kalciumjoner i ett slutet system i rent vatten vid 25°C; 11 mg/l upplöst kalcit.

Kalciumkarbonat (ideal kristallin kalcit): $K_{sp} \text{ CaCO}_3 = 10^{-8,52} = 3,02 \times 10^{-9}$

Om lösningen är i kontakt med atmosfären löser sig enligt samma källa 43 mg kalcit per liter vatten. Det motsvarar enligt molvikterna nedan en Ca^{2+} koncentration av 0,43 mmol/l eller ca 17 mg/l. Det betyder att i ett öppet system med kalciumkarbonat i destillerat vatten kan 43 mg kalciumkarbonat lösa sig per liter vatten. Vid jämvikt mellan fast och löst kalciumkarbonat i vatten i kontakt med atmosfären är pH 8,3 (Livingston 1992).

En mol löst CaCO_3 ger en mol löst Ca^{2+} .

Molvikten för Ca = 40,08 g/mol

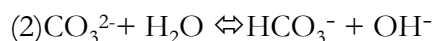
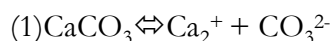
Molvikten för C = 12,01 g/mol

Molvikten för O = 16 g/mol

Molvikten för $\text{CaCO}_3 = 40,08 + 12,01 + 3 \times 16 = 100 \text{ g/mol}$

VIKTIGA REAKTIONER

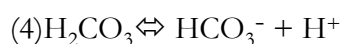
Vid upplösning av kalciumkarbonat i vatten är en rad jämviktsreaktioner inblandade. Kalciumkarbonat löser sig i rent vatten enligt (1). Därefter reagerar karbonatjonen (CO_3^{2-}) med vatten (H_2O) och bildar bikarbonatjoner (HCO_3^-)(2).



När vatten är i kontakt med luft löser sig koldioxid (CO_2) från luften i vatten (3) och bildar kolsyra (H_2CO_3).

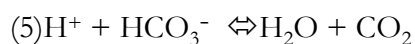


Kolsyra dissocieras till bikarbonatjon och vätejon (H^+) (4).

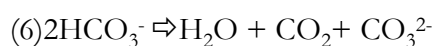


På detta sätt (4) får rent vatten i kontakt med atmosfären pH 5,65, det vill säga det blir svagt surt genom att koldioxid löst sig i vattnet. Eftersom karbonatjonen (CO_3^{2-}) är en bas tar den upp vätejoner och lösligheten för kalciumkarbonat ökar med lägre pH.

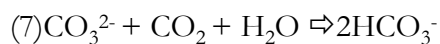
Bikarbonatjonen reagerar med vätejoner och bildar koldioxid (5).



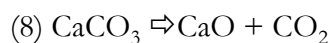
I ett öppet system avgår koldioxid som gas. Gaser har sämre löslighet i vatten vid högre temperatur. Därför minskar koldioxidhalten i vatten när det värms upp. I varmt vatten fälls kalciumkarbonat ut genom en reaktion mellan kalciumjoner och dissocierat bikarbonat (6).



I kallt vatten med löst koldioxid förbrukas karbonatjoner och bildar bikarbonatjoner genom reaktion med koldioxid (7).

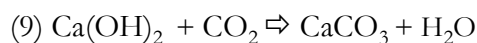


Kalkdeg framställs genom att kalksten bränns så att koldioxid avgår och bränd kalk (kalciumoxid, CaO) bildas (8):



Därefter tillsätts vatten och kalciumoxid omvandlas till kalciumhydroxid ($\text{Ca}(\text{OH})_2$); släckt kalk.

Kalciumhydroxid reagerar med koldioxid och omvandlas till kalciumkarbonat (9).



Ordlista

Albit = Fältspat, $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$

Anortit = Fältspat, $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$

Fyllosilikater = skiktsilikater

Fältspater = bergartsbildande mineral, tektosilikat dvs bildar tredimensionell struktur av kiselsyretetraedrar, kemisk sammansättning XZ_4O_8 ($\text{X}=\text{Ba}, \text{Ca}, \text{K}, \text{Na}, \text{NH}_4, \text{Sr}$) ($\text{Z}=\text{Al}, \text{B}, \text{Si}$).

Illit=hydrobiotit, ej svällande lermineral

Mikroclin = Kalifältspat KAlSi_3O_8

Kaolinit: ej svällande lermineral, $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$

Kalcit = bergartsbildande mineral som består av kalciumkarbonat

Kiseldioxid $=\text{SiO}_2$ kan förekomma i jordskorpan i kristallin eller amorf form.

Lermineral= skiktsilikater, små kornstorlekar (lera kornstorlek $< 0,002$ mm), kan absorbera vatten och katjoner

Muskovit: glimmer, skiktsilikat, $\text{KAl}_2[\text{OH},\text{F}]_2\text{AlSi}_3\text{O}_{10}$

Oligoklas = plagioklas dominerad av albit

Sausserit = blandning av flera mineral som bildas sekundärt ur plagioklas

Sericit = finkornig muskovit

Smectite = lermineral som sväller

Svavelkis = sulfidmineral, järnsulfid, FeS_2

Syenit = granit bestående främst av kalifältspat

VATTEN

Vatten är den vanligast använda kemikalien för rengöring av kulturhistorisk sten från påväxt. Det fungerar både som lösningsmedel och som medium i tvättprocessen. Vattenmolekyler, H_2O , är dipoler. Skillnaden i elektronegativitet mellan syre (O) och väte (H) gör att elektronerna i den kovalenta bindningen mellan atomerna dras mot syret. Den stereokemiska strukturen med bägge vätena på ena sidan av syret gör att vattenmolekylen är en dipol som är svagt positivt laddad på ena sidan och svagt negativt laddad på andra sidan. Mellan syre och väte i olika vattenmolekyler bildas en stark dipolbindning (attraktion) som kallas vätebindning. Vatten är det mest polära lösningsmedel som finns. Vatten löser laddad eller polär smuts som de flesta salter, socker och polära polysackarider och proteiner (Timár-Balázsy and Eastop, 1998). Vatten binder med jonbindning till både positiva och negativa joner. Då hydreras dessa, det vill säga de omringas av vattenmolekyler.

När ämnen löser sig i vatten sänks vattnets energi vilket betyder att det är energimässigt fördelaktigt för vatten att innehålla en del lösta ämnen. Ju renare vatten (vatten fritt på lösta ämnen) desto större mängd ämne kan lösa sig i vattnet och desto snabbare går processen. För att undvika överrengöring vid tvätt av känsliga kulturhistoriska material kan vara önskvärt att använda ett vatten som inte är allt för rent.

När regnvatten faller genom atmosfären löser sig många gasformiga föroreningar i det. Till exempel kvävedioxid, vätesulfid, svaveldioxid. Vatten kan bilda syror tillsammans med dessa ämnen. Jordpartiklar och bakterier kan också finnas i regnvatten. Kranvatten innehåller ämnen som lösts ut från berggrunden, marken, vattenledningarna och från vattenreningen. Koncentrationen av dessa ämnen påverkar vattnets egenskaper vid tvätt. Till exempel blir lösligheten lägre av ämnen som redan finns i vattnet. Om koncentrationen av kalcium och magnesiumjoner är hög reagerar dessa med anjonen i tvål och faller ut som kalktvål. I Mölnlycke är kranvattnet mjukt till mycket mjukt, det betyder att det innehåller låga halter av kalcium och magnesiumjoner.

Vätebindningen mellan vattenmolekylerna gör att molekylerna dras till varandra på ett sätt som minimerar yt-arean. Detta ger stark ytspänning vilket kan begränsa inträngningen (vätningen) i till exempel porer och fibrer. Tiden har stor betydelse vid vattentvätt. Lång våt-tid ger mer effektiv rengöring.

Vatten är den enskilda viktigaste vittringsfaktorn för sten. Det är också det vanligaste rengöringsmedlet för kulturhistorisk sten. Problemen kan minskas om man använder minsta möjliga mängd vatten under minsta nödvändiga tid och endast där det behövs. Det ska också användas vid minsta möjliga tryck (Andrew, 1994). Mekanisk rengöring med försiktigt borstning ska börja så snart "smutsen" (påväxten) blivit så uppmjukad att den går att avlägsna (Maxwell, Nanda and Urquart, 2001).

Kranvatten är oskadligt för miljön och hälsan. Det är billigt och lätt att få tag i.

TENSIDER

För att förbättra vattens rengörande effekt kan man använda tensider. Tensider är organiska föreningar som är ytaktiva (Nyström, 1996). Ytaktiva ämnen har två delar i sin struktur en hydrofil (vattenattraherande) del, och en hydrofob (oljeattraherande) del. I lösning verkar de så att de mättar ytor med molekyler. Det sänker ytspänningen vilket underlättar för vatten att sprida sig över en yta och gör att tvättlösningen kommer in mellan smuts och underliggande yta. Ej vattenlösliga ämnen, till exempel fett och protein, emulgeras. De rullas av från ytan som bollar omgivna av tensidmolekyler. Bollarna kallas för miceller. Micellbildningen bidrar till att hålla smutsen i lösning så att den kan sköljas bort och inte fastnar igen på ytan (återsmutsning). Ytaktiva ämnen påverkar egenskaper som: skumning, emulgering, dispergering, lösning av partiklar och vätning. Traditionella tensider (tvål och såpa) framställs av vegetabiliska eller animaliska fetter. Dessa fungerar dåligt i kallt, hårt, surt och salt vatten då salter fälls ut. Idag dominerar syntetiska tensider framställda ur petrokemisk råvara.

Tensider delas in i anjoniska, katjoniska, nonjoniska och amfotära efter eventuell laddning på den hydrofila delen av molekylen. Den hydrofoba (oljeattraherande) delen kan till exempel vara en lång kolvätekedja, alkyl kedja eller en alkylsubstituerad aromatisk kärna.

Koncentration, pH och temperatur påverkar den rengörande effekten av de flesta rengöringsprodukter. Många tvättmedel innehåller ämnen som gör (buffrar) lösningen svagt basisk ($\text{pH} > 7$). Det kan vara till exempel karbonater, silikater och alkanolamider (Nyström, 1996). Basiska lösningar rengör mer effektivt och underlättar för tensiden att attackera smuts. Till exempel så joniseras inte anjontensider om pH är surt. I en svagt basisk lösning bildas inte olösliga metallsalter eller tvål som skulle kunna fällas ut. Vid basiskt/högt pH ökar ytors negativa potential vilket förenklar tvättprocessen.

Om tensider (som är starkt polära) används vid tvätt av kulturhistoriska material kan det leda till att känsliga material skadas genom att de sväller (Ashley-Smith, 2005). Tensider kan fästa till ytor och vara svåra att få bort efter rengöringen. Om det blir rester kvar efter tvätt kan det leda till snabbare återsmutsning.

ANJONTENSIDER

Anjoniska ytaktiva ämnen dissocierar i vattenlösning till en stor komplex anjon (som ger ytaktiviteten) och en mindre katjon (Nyström, 1996). Den hydrofila delen kan vara en negativt laddad karboxyl, sulfat eller sulfonatgrupp. Katjonen kan till exempel vara natrium (Na^+).

Anjontensider har goda rengörande egenskaper och har viss antibakteriell verkan. De kan även ha god fungicidal verkan. De löser sig lätt i vatten.

Moderna syntetiska anjontensider framställs genom sulfatering eller sulfonering av hydrofober (alkylbensen, alfa-olefiner och fettalkoholer; alifatiska kolväten). Vanligen har kolkedjedjan en längd på 10-14 vilket ger optimal tvättförmåga och störst biologisk nedbrytbarhet och intermediär toxicitet.

En vanlig standard tensid är alkylsulfat = fettalkohol sulfat = primär alkyl sulfat (ex natriumlaurylsulfat). Sulfatgruppen joniseras inte vid surt pH och därför krävs neutralt pH eller svagt basiskt för att få god tvätteffekt. Anjontensider behöver omkring 40 gradigt vatten för att sköljas bort/dvs lösa sig bra i vatten.

KATJONTENSIDER

Katjoniska ytaktiva ämnen (sk katjondetergenter) dissocierar i vattenlösning till en stor komplex katjon (som ger ytaktiviteten) och en mindre anjon (<http://apps.kemi.se/flodessok/floden/kemamne/ammoniumforeningar.htm>). Den hydrofila gruppen kan vara en positivt laddad kvarternär ammoniumgrupp. Den består av en kväveatom som bundit till fyra grupper som kan se olika ut och ha olika fett- eller vattenlöslighet. Kvävet har en positiv laddning. En vanlig komponent i kommersiella alg och mögeltvättprodukter är den kvartära ammoniumföreningen bensalkoniumklorid 8,5%. Bensalkoniumklorid har en kloridjon som motjon (anjon) och i vatten är den helt löst. I andra föreningar kan anjonen vara en bromid.

Kvartära ammoniumföreningar fäster vid ytor och celler som ofta är negativt laddade. Grupperna som sitter fästa vid kvävet förstör lipider i cellmembranen och fungerar på det sättet som biocid. Katjoniska detergenter är starkt baktericidala men har för övrigt dåliga rengörande egenskaper. De är främst aktiva mot grampositiva bakterier, även i mycket låg koncentration. De motverkar tillväxt av svamp men fungerar inte som fungicid.

Kvartära ammoniumföreningar bryts ned långsamt eller inte alls i miljön. Ju längre kolkedjor som är kopplade till kväveatomen desto mer svårnedbruten är molekylen. Gränsen för klassificering som miljöfarlig produkt går vid 13 kolatomer i kedjan. Användning av kvartära ammoniumföreningar i hushåll och i sjukvården har visat sig kunna selektera fram resistent mikroorganismer. Produkterna ska inte användas på ett sätt så att de kommer ut i naturen.

Eftersom kvartära ammoniumföreningar är organiska kväveföreningar kan de eventuellt fungera som näringstillskott. Kvartära ammoniumföreningar används ofta på monument (i Sverige och internationellt) då de anses effektiva, ha låg giftighet och vara relativt inerta mot sten.

NONJONISKA TENSIDER

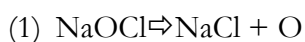
Nonjontensider dissocierar inte i vattenlösning (Nyström, 1996). De består av en kolvätekedja som är fäst till en polär grupp som attraherar vatten. Den hydrofila gruppen kan vara en kedja med syreatomer från en eter (polyetergrupp) såsom i ett polyetylenoxidkondensat. Etylenoxid (EO)+fettalkohol är den vanligaste typen. EO kedjans längd ger tensiden dess egenskaper. 8-14 EO vanligast vilket ger god nedbrytbarhet och intermediär toxicitet. Nonjontensider har generellt ingen biocidal effekt. De sköljs bort mest effektivt vid omkring 25-30 grader och kan alltså användas vid något lägre temperatur än anjontensider.

Tensiders struktur liknar den hos biomolekylära lipidskikt (Nyström, 1996). Därför har de en viss affinitet till cellmembran vilket ger något antimikrobiell effekt. Ju mer antimikrobiell effekt desto mer svårnedbruten blir tensiden. När det gäller växter och djur kan de påverkas genom att tensider sänker ytspänningen vilket till exempel är dåligt för växters vattenförsörjning. Tensider som kommer ut i sjöar och vattendrag kan sätta sig i syreupptagande organ hos vattenlevande organismer, till exempel fiskar.

Anjontensiders giftighet beror på hur den hydrofoba gruppen är uppbyggd. Är den grenad är den svårare att bryta ner. Är den aromatisk likaså. Är den en fettalkohol eller fettsyra är hela molekylen biologiskt lätt nedbrytbar. Katjontensider är generellt svårt biologiskt nedbrytbara och generellt giftiga för andra organismer, inklusive däggdjur o människor. Nonjontensider är generellt lätt biologiskt nedbrytbara.

OXIDERANDE ÄMNEN

En oxidant får andra ämnen att lämna ifrån sig elektroner och bryter på det sättet intra- och intermolekylära bindningar. Oxiderande ämnen bryter snabbt ner biologiska hinnor men de kan också vara mycket aggressiva mot sten (Nugari, Palecci and Pinna, 1993). Klorin (natriumhypoklorit) används ibland på kulturhistorisk sten. Den aktiva substansen i klorin är hypokloritjonen som är en mycket reaktiv oxidant som även verkar blekande (Ashley-Smith, 2005). Natriumhypoklorit avger fritt syre som är mycket reaktivt, se reaktion (1).



Natriumhypoklorit har god god antimikrobiell effekt och är effektiv även mot sporer. Det är billigt och har svag giftighet för människor. Nackdelen är att det är korrosivt – det vill säga att det får metaller att oxidera. Det är också irriterande. Natriumhypoklorit kan ge fällning av natriumklorid som är ett lösligt salt.

ORGANISKA LÖSNINGSMEDEL-ALKOHOLER

För att en fast substans ska lösas i en vätska krävs att vätskan och den fasta substansen har liknande egenskaper när det gäller bindningar mellan de ingående molekylerna. Då kan attraktion mellan fast substans och vätska utbytas med emellan och oordning (lösning) uppkommer. (Torraca, 1990). Alkoholens funktionella grupp är –OH gruppen som kan bilda väte och dipolbinding. Den ger alkoholer med kort kolkedja polaritet. Etanol löser både polära och opolära substanser. Etanol löser sig lätt i vatten men har mycket lägre ytspänning än vatten och är mer lättflytande. Det ger bättre vätning vid rengöring. Etanol är sämre på att hålla fasta ämnen i suspension vilket kan leda till återsmutsning.

Etanol används som organiskt lösningsmedel och för ytdeinfektion. Etanol påverkar bindningarna mellan peptidoglukanmolekyler i cellväggen på mikroorganismer så att den sprängs

(Ingram and Buttke, 1984). Mer sterol i cellväggen (som i djurceller) gör den mer tolerant. Etanol denaturerar även proteiner och löser lipider.

Etanol är inte korrosivt (det reagerar inte med metaller) och det avdunstar lätt vilket ger kort våttid vid rengöring av sten. T-röd (96% etanol) tas upp av Sveriges Stenindustriförbund som exempel på lösningsmedel som inte skadar natursten (Anonymous, 2005).

Etanol är mycket brandfarligt och uttorkande (säkerhetsdatablad etanol 95% Solveco). Man ska undvika att andas in dimma/ångor/sprej. Skyddshanskar och ögonskydd ska användas. Arbeta i väl ventilerat utrymme eller använd andningskydd. Produkten ska förvaras väl tillsluten på väl ventilerad plats. Etanol är inte miljöfarligt eftersom det bryts ned lätt i naturen.

I Norge har etanol använts relativt frekvent under senare år för att hålla hållristningar fria från lav (Bjelland and Helberg, 2006). Men generellt har alkohol har inte någon stor spridning när det gäller användning på sten utomhus.

BASER

Som nämnts tidigare tillsätts ofta kemikalier till rengöringprodukter för att dessa ska få önskat pH. Många produkter är något basiska med ett pH strax över 7. Är pH högt förtvålas fett, fettsyror (som i cellmembran) och liknande. Det gör att annan smuts rycks loss eftersom koncentrationen av tvål blir hög och smuts löser sig i tvålmicellerna. Detta kan vara ett sätt att lösa upp ämnen som består av stora och svårlösliga molekyler. För att få upp pH relativt högt kan till exempel kaliumhydroxid (KOH) eller natriumhydroxid (NaOH) användas. (Nyström, 1996).

Baser ger ifrån sig hydroxyljoner i vatten (OH^-). Hydroxyljonerna är negativt laddade och mycket reaktiva. Baser neutraliserar syror som avger vätejoner (H^+) i vatten. De kan skada silikatsten (granit, gnejs mfl.) som är svagt sura. Baser kan, liksom syror, bilda lösliga salter. Basiska geler som innehåller bikarbonat (en svag bas) kan vara effektiva och lämpliga för stenrengöring (Torraca, 2005).

KALKPASTA

Kalkpasta (släckt kalk, kalciumhydroxid $\text{Ca}(\text{OH})_2$) är starkt basiskt. Det har testats på hårt växande lav på en känslig kalkstenssockel på Väte kyrka på Gotland (Bylund, 1993; Asp, 1997). Gotländsk våtsläckt kalk blandades med cellstoff för att få en pasta. Kalken täcktes med plastfolie och fick sitta i två dygn. Därefter sköljdes den bort. De första två åren efter behandlingen satt laven kvar, men efter tre år var den helt borta. Liknande inpackningar används bland annat i England för att konservera kalksten. Kalkinpackning på kalksten kan ha en positiv konsoliderande effekt.

KALKVATTEN

Kalkvatten framställs genom att en del kalkdeg och 6-8 delar vatten placeras i en behållare och lämnas i 24 timmar. Supernatanten (kalkvattnet) tas därefter försiktigt om hand. Kalkvatten är

mättat på kalcium (1700 mg Ca per liter vid 20 grader). pH är 9 (Peterson, 1981) -12 (min mätning). Vid kontakt med atmosfären bildas kalciumkarbonat. Tanken med att ta med kalkvatten i studien är att utnyttja dess höga pH för att ta död på mikroorganismer och lösa upp biofilmer men utan de negativa konsekvenser med saltbildning (lättlösliga salter) som många andra baser har.

Att applicera kalciumhydroxid löst i vatten för att konsolidera mineraliska ytor är en antik metod (Peterson, 1981) (Hansen, Doehne, Fidler, Larson, Martin, Matteini, Rodriguez-Navarro, Pardo, Price, de Tagle, Teutonico and Weiss, 2003). Lösligheten är låg därför behövs många appliceringar för att uppnå *konsoliderande* effekt. Appliceringen ska fortgå till ytan inte suger mer, det vill säga omkring 30-40 ggr (Peterson, 1981). För rengöring ska det inte behövas så mycket vatten utan minsta mängd ska användas som nämndes inledningsvis under Vatten.

ÄMNEN I PRODUKTER

TENSIDER

ANJONTENSID

Kaliumtallat

CAS nr: 61790-44-1

Synonym: såpa

Ingår i: COOP grönsåpa

Kalium-alkylfosfater

CAS nr: 68427-32-7

Kemisk formel: C₁₀H₂₃O₄P.xK

Synonymer: Phosphoric acid, monodecyl ester, potassium salt

Klassificering: Irriterar ögonen, irriterar andningsorganen, irriterar huden

Ingår i: BIOkleen Alg/mögeltvätt

Natrium lauryl eter sulfat

CAS nr: 68891-38-3

Synonymer: Alkoholer, C12-14, sulfoetoxilatetrar, natriumsalter; Poly(oxy-1,2-ethanediyl) .alpha.-sulfo-.omega.-hydroxy- C12-14-alkyl ethers, natrium salt

Klassificering: Irriterar huden, risk för allvarlig ögonskada,

Ingår i: Änglamark Allrent

Natrium lauryl sulfat

CAS nr: 85586-07-8

Synonymer: Sulfuric acid, mono-C12-14-alkyl esters, natrium salt

Klassificering: skadligt vid förtäring, irriterar huden, risk för ögonskada

Ingår i: YES-original

Natrium lauryl sulfat

CAS nr: 1231880-35-5

Synonymer: Sulfuric acid, mono(C12-13-branched and linear alkyl) esters, natrium salt

Klassificering: Farligt vid förtäring, risk för allvarliga ögonskador, irriterar huden, allergen

Ingår i: YES-original

Natrium C12-14 pareth-3 sulfat

CAS nr: 68891-38-3

Synonymer: Poly(oxy-1,2-ethanediyl), .alpha.-sulfo-.omega.-hydroxy-, C12-14-alkyl ethers, sodium salts; Linear(C12-C14)alkanol, ethoxylated, sulfated, sodium salt; Alkoholer, C12-14, sulfoetoxilatetrar, natriumsalter; Alcohols, C12-14, sulfoethoxylate ethers, sodium salts

Klassificering: Risk för allvarliga ögonskador, irriterar huden

Ingår i: YES-original

NONJONTENSID

Alkoholetoxilat 5,5 EO

CAS nr: 68439-45-2

Synonymer: Alcohols, C6-12; ethoxylated; (C6-C12) Alkylalcohol ethoxylate; (C6-C12) Alkylcarboxylic acid, ethoxylated; (C6-C12)Alkohol, etoxilerad

Klassificering: Risk för allvarliga ögonskador

Ingår i: BIOkleen Alg/mögeltvätt

Alkoholetoxylat, C10

CAS nr: 160875-66-1

Synonym: Poly(oxy-1,2-ethanediyl), .alpha.-(2-propylheptyl)-.omega.-hydroxy-

Kemisk formel: (C₂H₄O)_nC₁₀H₂₂O

Klassificering: Farligt vid förtäring, risk för allvarlig ögonskada

Ingår i: Änglamark Allrent

Lauramin oxid

CAS nr: 70592-80-2

Synonym: Amines, C10-16-alkyldimethyl, N-oxides, (C10-C16)Alkyldimethylamine oxide

Kemisk formel: C₁₀H₁₃Br₂N

Klassificering: Irriterar huden, risk för allvarliga ögonskador , mycket giftigt för vattenlevande organismer

Ingår i: YES-original

N,N-dimetyldodecylamin-N-oxid

CAS nr: 1643-20-5

Kemisk formel: C₁₄H₃₁NO

Synonymer: 1-Dodecanamine N,N-dimethyl- N-oxide; lauramin oxid

Klassificering: Irriterar huden, risk för allvarliga ögonskador

Ingår i: BIOkleen Alg/mögeltvätt

KATJONTENSID

N-Alkylbensyldimetylammoniumklorid (C12-C14)

CAS nr: 85409-22-9

Synonym: Alkyl(C12-14)benzyldimetylammoniumklorid

Klassificering: Irriterar ögonen, irriterar huden, farligt vid inandning, farligt vid förtäring, kan orsaka allvarliga frätskador på ögon och hud, akvatisk akut toxicitet kategori akut 3

Ingår i: Grön-fri

OXIDANTER

Natriumhypoklorit

CAS nr: 7681-52-9

Kemisk formel: NaClO

Klassificering: Utvecklar giftig gas vid kontakt med syra, frätande, mycket giftigt för vattenlevande organismer

Ingår i: Klorin

ORGANISKA LÖSNINGSMEDEL

Etanol 95%

CAS nr: 64-17-5

Kemisk formel: C₂H₅OH

Synonym: etylalkohol

Klassificering: mycket brandfarlig, undvik att andas in, uttorkande för huden

Ingår i: Solveco Etanol 95%

Metanol

CAS nr: 67-56-1

Kemisk formel: CH₄O

Klassificering: mycket brandfarlig vätska och ånga, giftig vid hudkontakt, giftig vid inandning, orsakar organskador, risk för allvarliga bestående hälsoskador

Ingår i: Grön-fri

BASER

Kalciumhydroxid

CAS nr: 1305-62-0

Kemisk formel: Ca(OH)₂

Synonym: släckt kalk

Klassificering: Irriterar andnings-organen, irriterar huden, risk för allvarliga ögonskador

Ingår i: Kalkvatten

Kaliumhydroxid

CAS nr: 1310-58-3

Kemisk formel: KOH

Synonym: lut

Klassificering: starkt frätande

Ingår i: COOP Grönsåpa

Kaliumkarbonat

CAS nr: 584-08-7

Kemisk formel: K₂CO₃

Klassificering: Irriterar ögonen, irriterar andningsorganen, irriterar huden

Ingår i: BIOkleen Alg/mögeltvätt

BIOCID

Methylisothiazoline

CAS nr: 2682-20-4

Kemisk formel: C_4H_5NOS

Synonymer: 2-Fenoxietanol, Etylenglykolmonofenyleter , Fenylglykol

Klassificering: Mycket giftigt i höga koncentrationer, svårnedbrutet i miljön, kan orsaka allergier

Ingår i: YES-original

Phenoxyetanol

CAS nr: 122-99-6

Synonymer: Arosol , Ethylene glycol monophenyl ether, Phenyl cellosolve

Kemisk formel: $C_8H_{10}O_2$

Ingår i: YES-original

REFERENSER

- Anonymous. (2005), *Sveriges Stenindustriförbund, Gravvårdar*,
- Andrew, C. (1994), *Stone cleaning a guide for practitioners*, Historic Scotland
- Ashley-Smith, J. (ed) (2005), *Cleaning, Science for Conservators*,
- Asp, M. (1997), Kalkdeg som lavdödare på ljus kalksten Rapport över utförda försök 1990-1996.
Riksantikvarieämbetet Dnr 811-638-1997.
- Bjelland, T. & Helberg, B. (eds) (2006), *Bergkunst en veiledning i dokumentasjon, skjøtsel, tilrettegelling og overv_E5king av norske bergkunst*,
- Bok, G., Lindqvist, K., Hjort, S. (2009), *Folksams test av produkter för att åtgärda mögelskadade träfasader - Resultat efter två års exponering*. Swerea IVF-rapport 09004.
- Bylund, C. (1993), Försök att med kalkinpackning avlägsna lav växande på kalksten. Rapport RIKs 930921.
- Dahlin, E., Henriksen, J.F., Anda, O., Mattsson, J., Iden, K., Åberg, G., Bjelland, T., Thorseth, I., Hamnes, G.M. & Torssander, P. (2000), *Helleristninger i grensebygd, INTERREG II A, delprosjekt 3A: Kunnskapsutvikling omkring nedbrytning og forvitring, samt utvikling av verneteknik for bergkunst*,
- Dorn, R. (1998) Rock coatings. Developments in earth surface processes 6, Elsevier.
- Eliasson, T. & Petersson, J. (1996), "Deuteric accessory phases in the Bohus granite, SW Sweden", *GFF, Geologiska föreningen*, vol. 118, pp. A12-A13
- Eliasson, T. & Schöberg, H. (1991), "U-Pb dating of the post-kinematic Sveconorwegian (Grenvillian) Bohusgranite, SW Sweden: evidence of relict zircon", *Precambrian Research*, vol. 51, pp. 337-350
- Eliasson, T., Tullborg, E.L. & Landström, O. (1990), Fracture filling mineralogy and geochemistry at the Swedish HDR research site, in: Baria, R. (ed) *Hot Dry Rock Geothermal Energy, Camborne School of Mines Internat. Conf., Extended Abst*, pp 425-435,
- Garrel, R.M. & Christ, C.L. (1965), *Solutions, Minerals and Equilibria*, Harper & Row, New York
- Hansen, E., Doehne, E., Fidler, J., Larson, J., Martin, B., Matteini, M., Rodriguez-Navarro, C., Pardo, E., Price, C., de Tagle, A., Teutonico, J. & Weiss, N. (2003), "A review of selected inorganic consolidants and protective treatments for porous calcareous materials", *Rev Conserv*, vol. 4, pp. 13-25
- Ingram, L. & Buttke, T. (1984), "Effects of alcohols on micro-organisms", *Advances in Microbial Physiology*, vol. 25, pp. 254-304
- Kalinowski, B. (1997), Dissolution Kinetics and Alteration Products of Micas and Epidote in Acidic Solutions at Room Temperature. , *Meddelande från Stockholms Universitets Institution för Geologi och Geokemi*, vol. 294,
- Kathol, K. (1997), Byggnadssten i Östergötlands län, in: Friberg, G. & Sundnér, B. (eds) *Byggnadssten i Östergötlands län*, pp 25-26, Riksantikvarieämbetet
- Livingston, R. (1992), Geochemical considerations in the cleaning of carbonate stone, in: Webster, R.G.M. (ed) *Stone cleaning and the nature, soiling and decay mechanisms of stone*, pp 166-182,
- Ljungstedt, S. (1997), Något om stenbrytning i arkivaliska källor, in: Friberg, G. & Sundnér, B. (eds) *Natursten i byggnader Östergötlands län*, pp 29-30, Riksantikvarieämbetet

- Löfvendahl, R. (1996), Skador och orsaker, in: Friberg, G. & Sundnér, B. (eds) *Natursten i byggnader Stenen i tiden från 1000-talet till 1940*, pp 116-131, Riksantikvarieämbetet
- Maxwell, I., Nanda, R. & Urquart, D. (2001), *Conservation of historic graveyards*, Historic Scotland
- Melkerud, P.-A. (1998), Hur vittrar marken?, in: Olsson, M. (ed) *Markdagen 1998*, 79, pp 29-50, SLU
- Nugari, M., Palecci, P. & Pinna, D. (1993), Methodological evaluation of biocidal interference with stone materials- Preliminary laboratory tests, in: Thiel, M. (ed) *Proceedings of International UNESCO/RILEM Congress on Conservation on Conservation of Stone and Other Materials*, pp 295-302, E & FN Spon, London
- Nyström, B. (1996), *praktisk tensid kemi*, Bifyke, Järfälla
- Peterson, S. (1981), Lime water consolidation, Anonymous. *Symposium Mortars, Cements and Grouts used in the Conservation of Historic Buildings 3-6.11.1981*, ICCROM
- Strandh, H., Torssander, P., Mörtz, C.-M. & Åberg, G. (1999), Weathering of a granite rock surface in SW Sweden- A preliminary study. Manuscript. *Mineral dissolution from molecular to field scale*, pp. 87-101,
- Tarbut, E.J. & Lutgens, F.K. (1996), *Earth, An Introduction to Physical Geology*, Prentice-Hall, Inc.
- Timár-Balázs, Á. & Eastop, D. (1998), *Chemical Principles of Textile Conservation*,
- Torraca, G. (2005), *Porous building materials*, ICCROM, Rom
- Torraca, G. (1990), *Solubility and solvents for conservation problems*, ICCROM, Rom
- Zumdahl, S.S. (1992), *Chemical principles*,