



# LUND UNIVERSITY

## Frostnedbrytning av natursten : försöksmetodik : lägesrapport till Riksantikvarieämbetet

Wessman, Lubica

1992

[Link to publication](#)

*Citation for published version (APA):*

Wessman, L. (1992). *Frostnedbrytning av natursten : försöksmetodik : lägesrapport till Riksantikvarieämbetet*. (Rapport TVBM (Intern 7000-rapport); Vol. 7036). Avd Byggnadsmaterial, Lunds tekniska högskola.

*Total number of authors:*

1

### General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117  
221 00 Lund  
+46 46-222 00 00



TEKNISKA HÖGSKOLAN I LUND

---

Byggnadsmaterial

# FROSTNEDBRYTNING AV NATURSTEN

**Försöksmetodik**

**Lägesrapport till Riksantikvarieämbetet**

**Lubica Wessman**



## Sammanfattning

Problemen med vittring av natursten på fasader och i monument är kända sedan länge. En hel del forskning har gjorts beträffande kemisk nedbrytning. Det är emellertid möjligt att även sådana fysikaliska nedbrytningsprocesser som frostsprängning påverkar vittringen i vårt klimat. Sedan januari 1992 har sådana fysikaliska nedbrytningsprocesser studerats på avdelningen byggnadsmaterial i Lund. Olika försöksmetodiker har testats och utvecklats och en del ny apparatur har införskaffats. Särskilt har frostens påverkan på natursten studerats. Även kombinationen av salt och frost har studerats. Det visade sig att NaCl-lösningar innehållande någon eller några procent salt klart förvärrade skadorna på gotländsk kalkbunden sandsten. Det är möjligt att luftföroreningar lösta i vatten har samma effekt. Andra stensorter kan också påverkas på samma sätt. För att kunna åtgärda och förhindra skador som uppstår på grund av frost krävs emellertid en förståelse av de mekanismer som orsakar skadorna. Därför studeras sambandet mellan stenens struktur, dess förmåga att uppta och avge fukt och dess känslighet för frostsador. I denna skrift beskrivs den apparatur och den försöksmetodik som används i det av Riksantikvarieämbetet finansierade projektet *Frostnedbrytning av natursten*.

## Innehåll

1. Förord	2
2. Bakgrund	2
3. Kritiska vattenmättnadsgradsmetoden	2
4. Registrering an längdändring under frysning	4
5. Samtidig registrering av volymändring och isbildning	5
6. Frysning i olika salthalter	5
7. Studier med DSC (Differential Scanning Calorimeter)	6
8. Studier av porstruktur	6
9. Kapillaritet	6
10. Diffusionsförsök	7
11. Sorptionsisotermer eller jämviktsfuktkurvor	8
Referenser	9

## 1. Förord

Projektet *frostnedbrytning av natursten* utförs på Avdelningen för byggnadsmaterial på Lunds tekniska högskola. Riksantikvarieämbetet är huvudfinansiar. Det är tänkt att projektet skall pågå i sammanlagt ca sex år och leda till doktorsexamen för projektledaren, Lubica Wessman. Professor Göran Fagerlund är handledare. Projektet påbörjades i januari 1992.

## 2. Bakgrund

De senaste decennierna har man haft problem med att stenmaterial på fasader och monument börjat brytas ner i allt snabbare takt. Till viss del kan detta förklaras med att olika luftföroreningar reagerar kemiskt med vissa beståndsdelar i stenmaterialet. Det är emellertid troligt att fysikaliska nedbrytningsprocesser, som t ex frostnedbrytning, också är verksamma. Att frost förstör syntetiska byggnadsmaterial som betong och tegel har länge varit känt och en hel del forskning har bedrivits på detta område. Betong, tegel och natursten har flera egenskaper gemensamt: de är oorganiska, spröda och porösa material. Men kan också se att de vittringsskador som uppkommer på natursten påminner om frostsador på betong, dvs ytavskalningar. Ett annat faktum som gör det troligt att frost påverkar vittringen negativt är att skador ofta uppstår där det finns mycket vatten i materialet.

Redan 1957 visade Verbeck & Klieger att svaga saltlösningar avsevärt förvärrade frostsador på betong. Författaren till denna skrift har visat att detsamma gäller för gotländsk sandsten (Wessman 1992). Troligtvis gäller det även för andra naturstenar. Det är möjligt att luftföroreningar lösta i vatten har samma effekt.

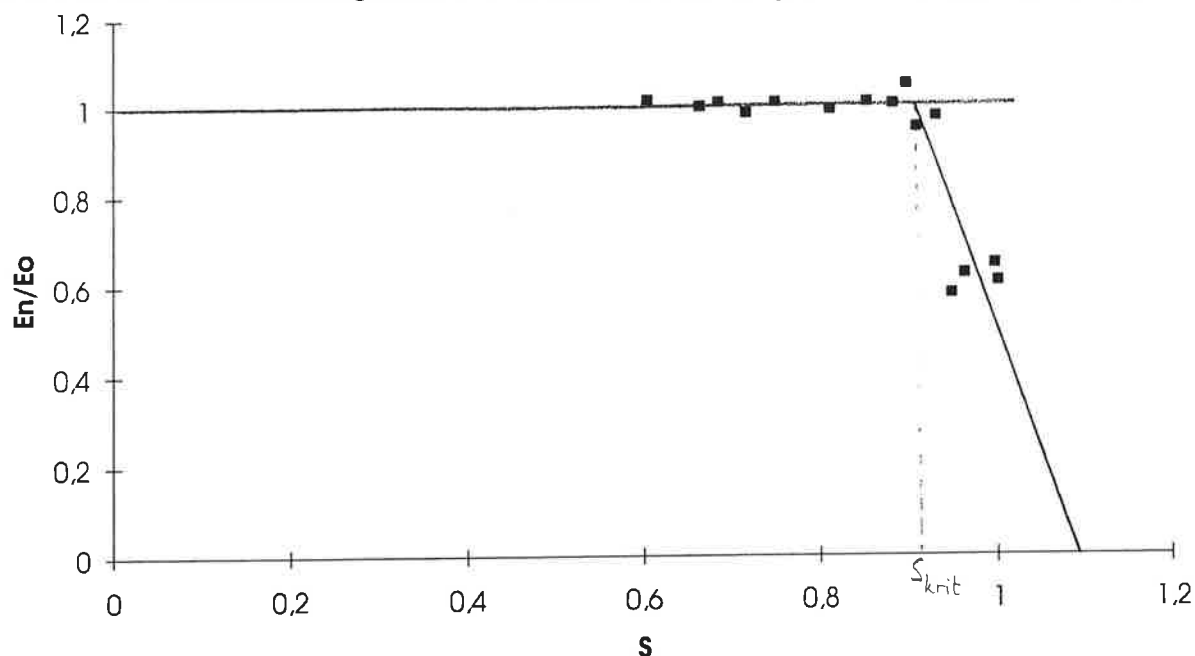
Tanken med detta projekt är att visa om och varför frostsador uppkommer på natursten. Detta görs genom att studera samband mellan porstruktur, fukttransport och beständighet mot frost hos olika naturstenar. I denna skrift beskrivs den apparatur och den försöksmetodik som används i projektet. Med flera av de beskrivna metoderna kan även ett materials riktningsberoende egenskaper studeras.

## 3. Kritiska vattenmättnadsgradsmetoden

Kritiska vattenmättnadsgradsmetoden är utvecklad av Göran Fagerlund (Fagerlund 1972). Den ger ett entydigt och reproducerbart mått på hur mycket vatten ett sprött, poröst material tål innan det går sönder vid frysning. Metoden beskrivs mycket kort nedan.

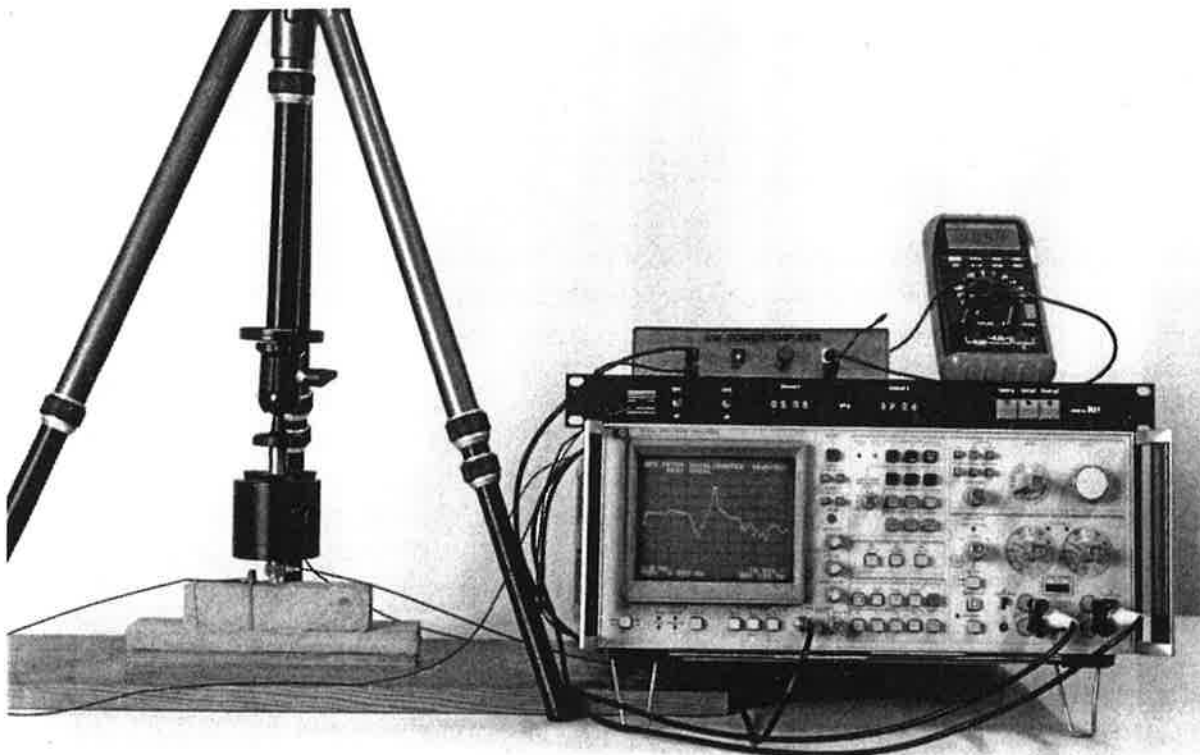
Ett antal bitar av en natursten sågas till. Dessa konditioneras så att de innehåller olika mycket vatten. Vattenhalten anges som vattenmättnadsgrad, dvs en andel av 100% vattenmättnad. Ett 100% vattenmättat material har behandlats med vacuum ett antal timmar så att luft sugits ur porsystemet. Därefter har vatten tryckts in i porsystemet under atmosfärstryck. Provbitarna innehållande olika mycket vatten isoleras från fuktutbyte med omgivningen med plastpåsar. De placeras i ett frysskåp där de utsätts för ett antal nedfrysningar och upptiningar (fryscyklar). En fryscykel varar ca ett dygn och ca sju fryscyklar räcker för att få ett tydligt mått på den kritiska vattenmättnadsgraden. Provbitarna blir olika mycket skadade under frysningen beroende på hur mycket vatten de innehåller. Skadorna är inte alltid synliga för blotta ögat. Skadorna mäts som en förändring i provkroppens dynamiska E-modul. Provkropparnas egenfrekvens mäts före och efter frysning. Den dynamiska E-modulen kan enkelt räknas fram ur egenfrekvensen. Värdet på

den kritiska vattenmättnadsgraden erhålles då resultatet presenteras i ett diagram enligt figur 1. Den kritiska vattenmättnadsgraden är oberoende av fryshastigheter och antalet fryscyklar.



Figur 1. Resultat från en egen test av den kritiska vattenmättnadsgradsmetoden på betong. Beteckningar: S - vattenmättnadsgrad,  $E_0$  - Dynamisk E-modul före frysning,  $E_n$  - Dynamisk E-modul efter frysning,  $S_{krit}$  - kritisk vattenmättnadsgrad. Ju lägre värde på kvoten  $E_n/E_0$  desto större skada.

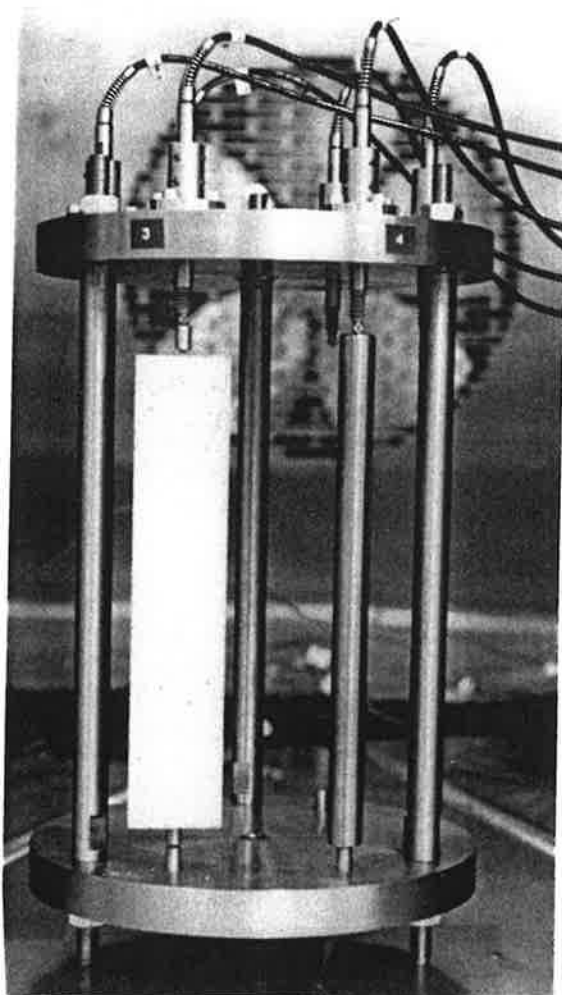
Vi har under året haft problem med utrustningen för mätning av egenfrekvens, som varit gammal och sliten. I november månad inköptes en ny, modernare utrustning som fungerar utmärkt. Denna visas i figur 2.



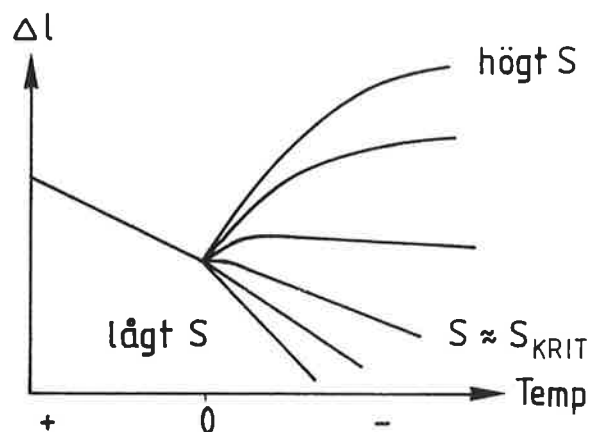
Figur 2. Utrustning för mätning av egenfrekvens och dynamisk E-modul.

#### 4. Registrering av längdändring under frysning

En utrustning för mätning av längdändring hos en provkropp vid frysning har byggts. Vi kallar utrustningen för en dilatometer. Ett foto på dilatometern visas i figur 3. Att ett material expanderar vid frysning är en indikation på att den skadas. Längdändringen hos sex provkroppar kan mätas samtidigt. Längdändringen registreras kontinuerligt i en datafil. Med hjälp av denna utrustning kan man på ett effektivare sätt få fram ett värde på den kritiska vattenmättnadsgraden enligt figur 4. Endast en fryscykel krävs. Genom att använda svaga lösningar i provet kan även inverkan av saltkoncentrationen på den kritiska vattenmättnadsgraden bestämmas.



Figur 3. Foto på dilatometer med en provkropp och en kalibreringsstav. Utrustningen används för registrering av längdändring hos sex provkroppar samtidigt under frysning.

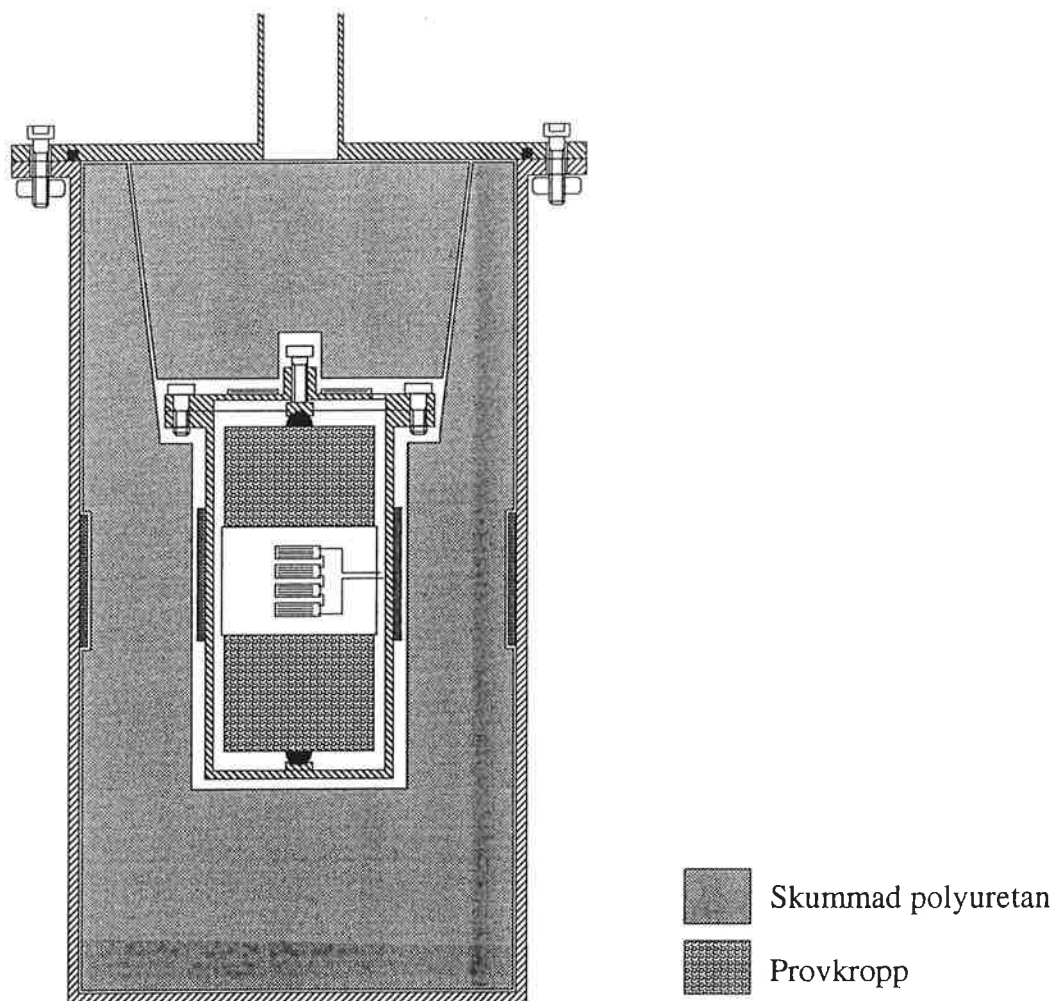


Figur 4. Ett  $S_{krit}$ -värde kan erhållas efter endast en fryscykel med hjälp av dilatometern.  $l$  är längdändringen.



### 5. Samtidig registrering av volymändring och isbildning

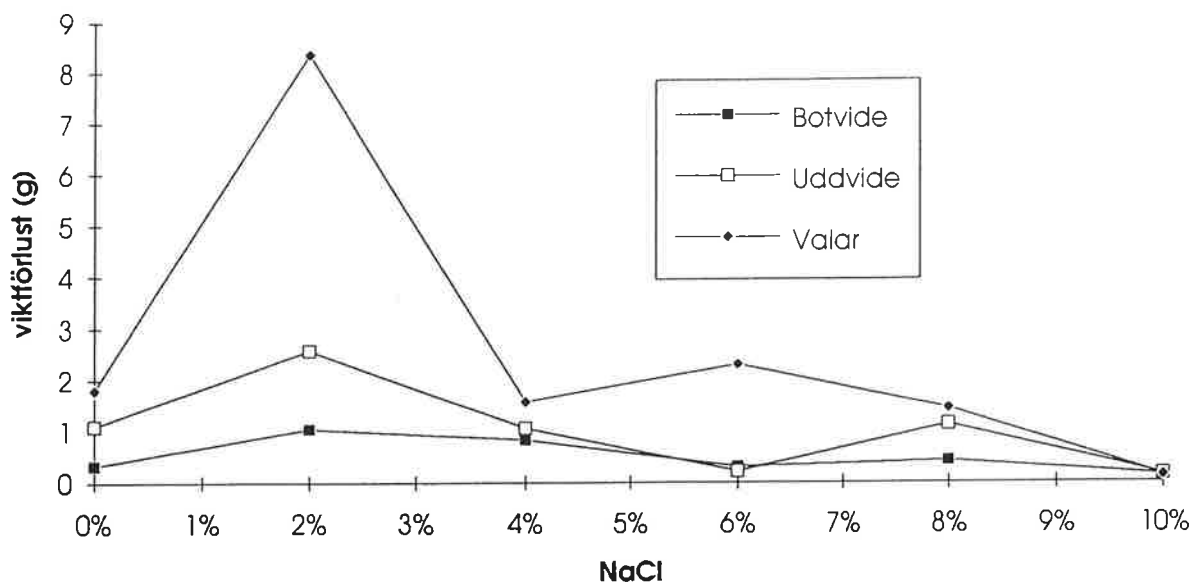
En utrustning för samtidig registrering av volymändring och isbildning hos håller på att byggas på avdelningen för byggnadsmaterial. Med denna utrustning kan man få fram hur mycket is som behöver bildas för att orsaka en expansion av en provkropp. Man kan också studera själva förstörelseprocessen. Värmeflödet mäts genom temperaturdifferensen mellan två motståndstermometrar åtskilda av en värmeisolering. Ur temperaturdifferenskurvans utseende kan den bildade ismängden beräknas. Expansionen mäts genom trådtöjningsgivare placerade dels på en fjädrande mantel runt provets midja, dels på ett fjädrande membran som stöder mot provets ände. En ritning på utrustningen visas i figur 5.



Figur 5. Ritning på utrustning för samtidig registrering av volymändring och isbildning.

### 6. Frysning i olika salthalter

Redan 1957 visade Verbeck & Klieger att frostsador på betong förvärras avsevärt då frysningen sker i svaga saltlösningar (Verbeck & Klieger 1957). Författaren till denna skrift har visat att detta gäller även för gotländska sandstenar (Wessman 1992). Se figur 6. Stenbitar som under ett antal dygn före frysning samt under själva frysningen varit placerade i bägare med saltlösningar av olika koncentration utsätts för fryscyklar. Skador i form av ytavskalningar uppkommer. Det avflagnade materialet filtreras och vägs. I detta fall användes natriumklorid. På betong har även andra salter liknande effekt. Detta gäller troligen även för natursten.



Figur 6. Mängd avflagnat material som funktion av salthalt efter frysning av tre olika gotländska sandstenar (Wessman 1992).

### 7. Studier med DSC (Differential Scanning Calorimeter)

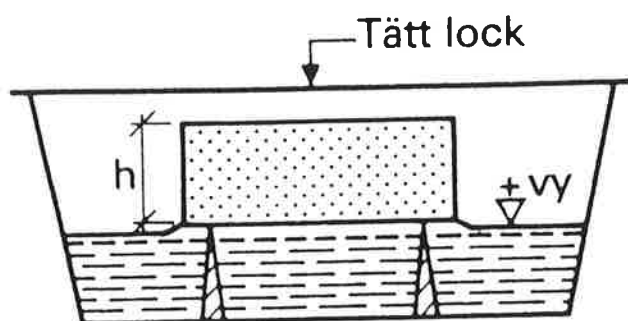
En DSC är ett mycket finkänsligt instrument som registrerar avgiven eller upptagen värme som funktion av temperaturen vid t ex fasomvandlingar. En befintlig DSC vid Euroc Research på IDEON i Lund har kompletterats med en frystillsats, vilket gör det möjligt att studera isbildning. Med denna DSC kommer mekanismen för isbildning i stenmaterial att studeras. Man får även en beskrivning av materialets porstorleksfördelning.

### 8. Studier av porstruktur

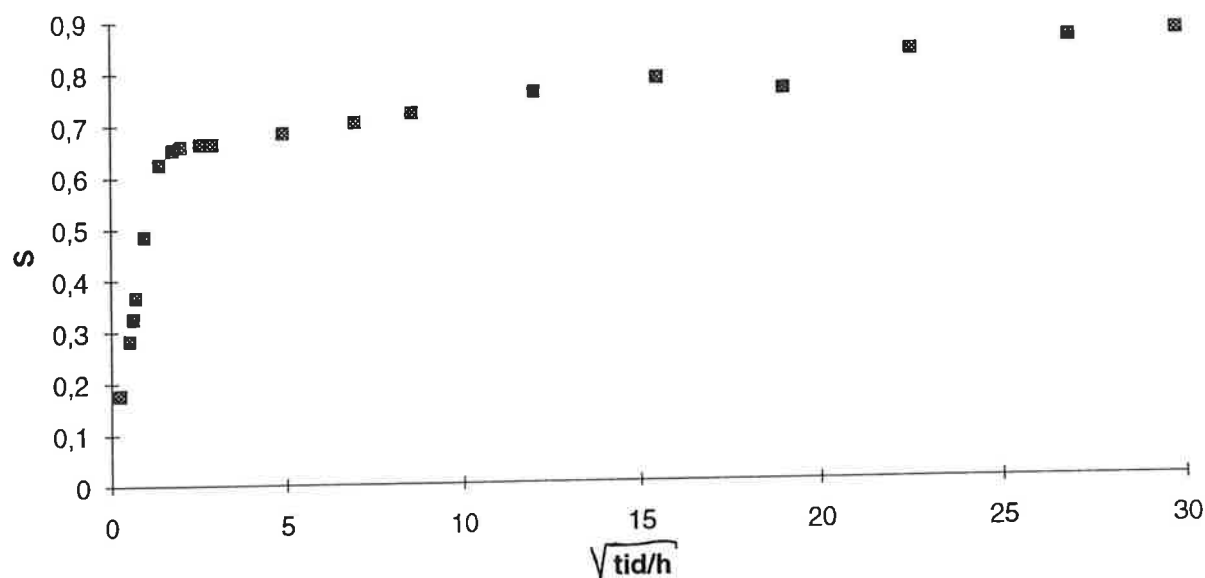
Porstrukturen hos ett stenmaterial är viktig att studera eftersom den har samband med materialets beständighet mot frost. Endast öppna porer är av intresse i sammanhanget. Totalporositeten erhålles genom att väga helt vattenmättade prover i luft och vatten. Med sorptionsmetoder ( $H_2O$  eller  $N_2$ ) eller kvicksilverporosimetri erhålles en porstorleksfördelning av mikro- och mesoporer.  $N_2$ -sorption och kvicksilverporosimetri genomförs vid Kemicentrum vid LTH.  $H_2O$ -sorption genomförs vid avdelningen. Materialen studeras även genom bildanalys i mikroskop, vilket ger makroporositeten.

### 9. Kapillaritet

Kapillärsugningsförsök ger vattenupptagningshastigheten, hastigheten för fuktfrontens inträngning och vattenmättnadsgraden under naturliga förhållanden för ett poröst material (Fagerlund & Wessman 1992). En några cm tjock, torr bit av materialet placeras med ena sidan i vatten enligt figur 7. Biten vägs först med täta tidsintervall och sedan med allt glesare intervall. Vikten avsätts i ett diagram mot roten ur tiden. Resultatet från ett kapillärsugningsförsök för en gotländsk sandsten visas i figur 8.



Figur 7. Uppställning vid kapillärsugningsförsök.  $h$  är materialets tjocklek (Betonghandbok, Material).



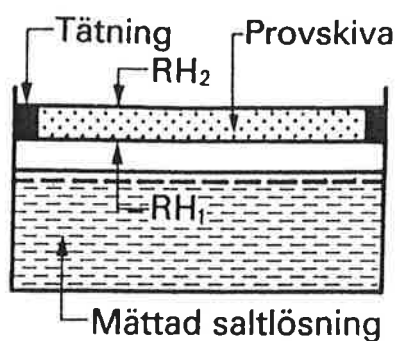
Figur 8. Resultat från kapillärsugningsförsök med den gotländska sandstenen Valar.  $S$  är vattenmättnadsgraden.

## 10 Diffusionsförsök

Genom ångdiffusionsförsök kan ett materials förmåga att släppa igenom fukt mätas. Denna förmåga beror av i vilket fuktillstånd materialet befinner sig - ju mer fukt materialet innehåller desto lättare transporteras fukt genom det. I motsats till kapillärsugningsförsöken, där vattentransporten huvudsakligen sker i vätskefas, sker fukttransporten i ångdiffusionsförsöken främst i ångfas vid låga relativa fuktigheter och i kombinerad ångfas och vätskefas vid höga relativa fuktigheter.

Tre olika metoder för bestämning av fukttransportkoefficienter är tänkbara.

1: En skiva av stenen placeras som ett lock i en så kallad wetcup. Översidan har en konstant relativ fuktighet, t ex 33%. Undersidans relativa fuktighet kan varieras med hjälp av mättade lösningar av olika salter. Se figur 9. Utvärderingsmetoder för fukttransportkoefficienter anges i Nilsson 1980.



Figur 9. Metod för bestämning av fukttransportkoefficienten.  $RH_1$  och  $RH_2$  betecknar de olika relativa fuktigheterna på översidan respektive undersidan av provskivan (Betonghandbok, Material).

2: En tjockare bit av stenen placeras mellan två klimat, t ex 33 % och 100 % relativ fuktighet (RF). Stenens sidor fuktisolerats och RF-profilen mäts över provet när detta kommit i jämvikt. Ur denna profil kan fukttransportkoefficienten beräknas. Utvärderingsmetoder anges i Hedenblad 1988.

3: En vattenlagrad stenskena med fuktisolerade ränder får torka i ett konstant klimat varvid viktändringen följs kontinuerligt. Uttorkningskurvan jämförs med en teoretisk lösning varvid ett mått på fukttransportkoefficientens medelvärde över ett visst RF-intervall erhålls. Metoden har bl a beskrivits av Wadsö 1989.

### 11 Sorptionsisotermer eller jämviktsfuktkurvor

En sorptionsisoterm erhålles genom att ett material får ställa in sig i jämvikt med olika relativa fuktigheter. Sorptionsisoterm kan också kallas för jämviktsfuktkurva. Materialets fuktinnehåll plottas sedan mot den omgivande relativa fuktigheten. Fuktinnehållet är något högre vid jämvikt om materialet från början varit vått än om det varit torrt från början. Sorptionsisotermen ger en bild av materialets hygroskopicitet och kan användas för en analys av porstorleksfördelningen.

## Referenser

Wessman L., Saltfrostnedbrytning av gotländsk sandsten -Preliminära försök, rapport TVBM-7038, Avdelning byggnadsmaterial, LTH, Lund 1992.

Fagerlund G., Kritiska vattenmättnadsgrader i samband med frysning av porösa och spröda material, rapport 34, Institutionen för byggnadsteknik, LTH, Lund 1972.

Verbeck G. J & Klieger P, Studies of "salt" Scaling of Concrete, Highway Research Board, Bulletin 150, 1957.

Fagerlund G. & Wessman L., Frostnedbrytning av natursten -lägesrapport mars 1992, rapport TVBM-3047, Avdelning byggnadsmaterial, LTH, Lund 1992.

Betonghandbok, Material, Möller G, Petersons N, Samuelsson P, Svensk byggtjänst 1982.

Nilsson L-O, Hygroscopic Moisture in Concrete -Drying, Measurements & Related Material Properties, Report TVBM-1003, LTH, Lund 1980.

Hedenblad G, Determination of Moisture Permeability in Concrete Under High Moisture Conditions, Nordic Concrete Research nr 7 1988.

Wadsö L, The Sorption Method -Old and New Ideas, Report TVBM-3040, LTH, Lund 1989.