



LUND UNIVERSITY

Vattenavvisande fasadimpregnering : alkalikänslighet

Sandin, Kenneth

1996

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Sandin, K. (1996). *Vattenavvisande fasadimpregnering : alkalikänslighet*. (Rapport TVBM; Vol. 3074). 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.

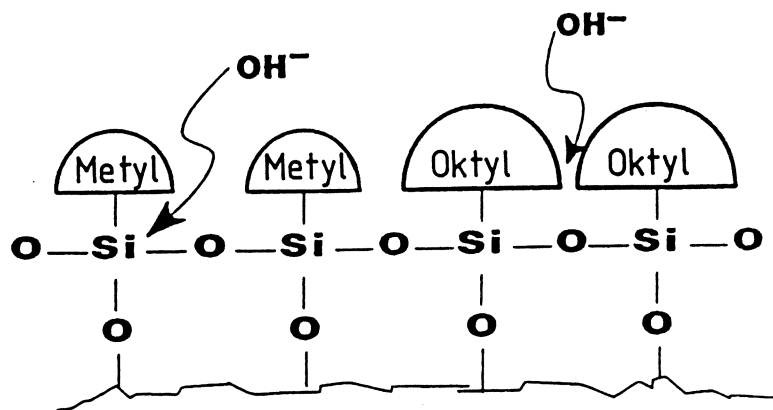
LUND UNIVERSITY

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

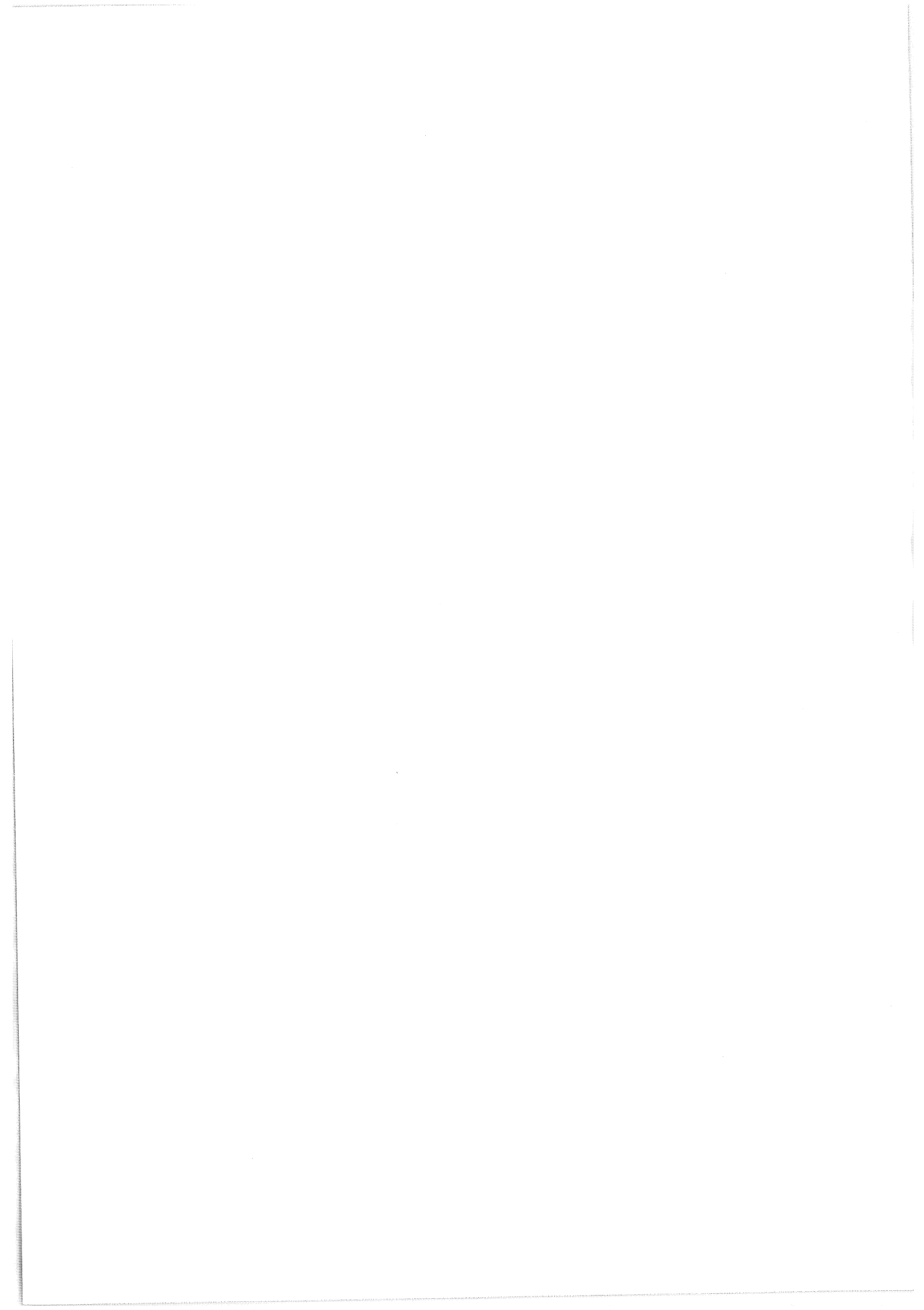


VATTENAVVISANDE FASADIMPREGNERING

Alkalikänslighet



Kenneth Sandin





VATTENAVVISANDE FASADIMPREGNERING

Alkalikänslighet

Kenneth Sandin

ISRN: LUTVDG/TVBM--97/3074--SE(1-45)

ISSN: 0348-7911 TVBM

Lunds Tekniska Högskola
Byggnadsmaterial
Box 118

221 00 LUND

Tel: 046-2227415
Fax: 046-2224427

FÖRORD

Vattenavvisande fasadimpregnering togs upp som ett eget forskningsområde i verksamhetsplanen för fuktgruppen vid Lunds Tekniska Högskola under anslagsperioden 90/91 - 92/93. Projektet har hela tiden finansierats av SBUF och genomförts i samarbete med SKANSKA och PUKAB.

Projektet uppdelades i tre separata delar, nämligen

- sammanställning av grundläggande principer
- laboratorieprovningar
- fullskaleförsök

De grundläggande principerna redovisas i (Sandin, 1994). Två fullskaleförsök redovisas i (Sandin, 1993a och b). Inledande laboratorieprovningar redovisas i (Sandin, 1995). En omfattande studie av preparatens inträngningsdjup i olika material redovisas i (Krii, 1996). En detaljstudie av inverkan av sprickor redovisas i (Sandin, 1996).

I föreliggande rapport redovisas en studie av alkalikänsligheten hos vattenavvisande preparat.

Lund i december 1996

Kenneth Sandin

INNEHÅLL

FÖRORD	3
INNEHÅLL	5
SAMMANFATTNING	7
1 INLEDNING	9
2 ALLMÄNT OM ALKALIKÄNSLIGHET	11
3 TRADITIONELLA PROVNINGSMETODER	15
4 MODIFIERAD PROVNINGSMETOD	17
4.1 Allmänt	17
4.2 Material	17
4.2.1 Underlag	
4.2.2 Vattenavvisande preparat	
4.3 Underlagens härdning innan applicering	17
4.4 Fukttillstånd vid applicering	18
4.5 Applicering och härdning efter applicering	18
4.6 Littreering av prover	18
4.7 Provning	19
5 RESULTAT	21
6 DISKUSSION OCH SLUTSATSER	23
6.1 Allmänt	23
6.2 Diffusion genom den impregnerade zonen	24
6.3 Djupet på den vattenavvisande zonen	26
6.4 Inverkan av preparat	27
6.5 Inverkan av härdningsklimat och fukttillstånd	27
6.6 Begränsningar i utförd provning	27
7 DISKUSSION OM STANDARDPROVNING	29
REFERENSER	31
BILAGA	33

SAMMANFATTNING

Vattenavvisande fasadimpregneringar har många fördelar. Ett problem kan dock vara bristande alkalibeständighet. Om man till exempel behandlar ett murverk med alkaliska fogar finns risk för att behandlingen bryts ned på fogarna medan murstenarna blir vattenavvisande. Om detta sker kommer murverkets fuktbalans att försämrans kraftigt.

I aktuell undersökning har en ny provningsmetod utarbetats för att prova alkalikänsligheten hos vattenavvisande preparat. Metoden innebär i korthet att preparaten appliceras på bruksprover som härdat olika lång tid.

Av två provade preparat uppvisade det ena en mycket god alkalibeständighet. Preparatet hade god vattenavvisande effekt på prover som endast var 1 dygn gamla. Det andra preparatet hade däremot mycket dålig alkalibeständighet. Effekten av detta preparat var dålig även på prover som härdat 1 månad innan appliceringen.

Härdningsklimat och fukttillstånd vid appliceringen hade ingen signifikant inverkan på preparatens effekt.

Provningsmetoden föreslås bli en standardmetod efter vissa kompletterande undersökningar.

1 INLEDNING

Nedbrytning av vissa ytbehandlingar på grund av hög alkalitet är ett generellt problem. Det vanligaste exemplet torde vara oljefärg på färsk betong eller puts. Problemet kan lösas på två principiellt olika sätt. Antingen får man välja ytbehandlingar som tål den höga alkaliteten eller får man vänta tills alkaliteten sjunkit tillräckligt mycket. I praktiken gäller ofta ett mellanting. Man använder normalt ytbehandlingar som tål en relativt hög alkalitet, dock inte den extremt höga alkaliteten i färsk betong. Förutom att använda ytbehandlingar som tål hög alkalitet väntar man en viss tid innan applicering sker.

Vattenavvisande impregneringar är inget undantag från ovanstående. En speciell situation i detta avseende är till exempel omfogning av murverk med efterföljande impregnering. Murstenarna har låg alkalitet och medför inga problem med avseende på alkalipåverkan. Murfogarna kan däremot ha en hög alkalitet. Använder man i detta fall ett vattenavvisande preparat med dålig alkalibeständighet kan fogens vattenavvisande förmåga försvinna medan murstenen fortfarande är vattenavvisande. Detta medför i princip att vattenupptagningen vid slagregn är densamma som för en obehandlad fasad. Uttorkningsförmågan har dock reducerats väsentligt på grund av att murstenarnas yttersta skikt inte tillåter kapillärtransport fram till ytan. Resultatet av detta blir att impregneringen får motsatt verkan mot den avsedda, det vill säga murverket blir blötare efter impregneringen.

I praktiken råder en stor osäkerhet om hur länge man måste vänta innan man kan applicera en vattenavvisande impregnering på ett nymurat murverk eller på en ny puts. Ofta används en veckas väntetid som en tumregel. Med tanke på att olika preparat är olika känsliga för alkalipåverkan är denna tumregel alltför osäker som en generell regel.

För att studera effektiviteten hos en vattenavvisande impregnering som appliceras på underlag med olika alkalitet har en laboratorieundersökning genomförts med två olika preparat från samma leverantör. Det ena preparatet uppgavs vara "alkalibeständigt och kan appliceras 3-4 dagar efter murning". För det andra preparatet anges i den skriftliga produktinformationen ingenting om alkalibeständigheten. Enligt muntlig information från leverantören är dock alkalibeständigheten "dålig".

Syftet med laboratorieundersökningen var främst att

- Utveckla en enkel provningsmetod för att bestämma erforderlig härdningstid av ett färskt murbruk innan ett vattenavvisande preparat kan appliceras.
- Få en uppfattning om skillnaden mellan två extremt olika preparat.
- Studera inverkan av olika härdningsklimat innan applicering av det vattenavvisande preparatet.
- Studera inverkan av fuktillståndet vid appliceringen av det vattenavvisande preparatet.

2 ALLMÄNT OM ALKALIKÄNSLIGHET

Färskt puts- och murbruk har alltid en mycket hög alkalitet. Efterhand som bruket härdar sjunker alkaliteten. Viss alkalitet kommer dock alltid att återstå även i gamla bruk.

Alkaliteten hos murstenar varierar kraftigt. Cementbaserade murstenar kan ha en hög alkalitet medan tegel är neutralt.

I TABELL 2:1 redovisas storleksordningen på alkaliteten hos de vanligaste materialen i samband med murverk.

TABELL 2:1. Alkalitet hos vanliga murverksmaterial.

Material	Ålder	pH
Betong	färsk	12.5 - 14
Betong	gammal	9 - 10
KC-bruk	färskt	12 - 13
KC-bruk	gammalt	9 - 10
Kalksandsten		8 - 10
Lättbetong		8 - 9
Tegel		neutralt

Alkalikänsligheten hos olika vattenavvisande preparat varierar kraftigt. En del preparat har i praktiken visat sig ha en mycket dålig alkalibeständighet. Även tidigare laboratorieundersökningar har påvisat dålig alkalibeständighet hos vissa preparat (Rödder 1977, Roth 1982 och Wolter 1989). Några generella siffror på tillåten alkalitet eller erforderlig härdningstid hos murbruk innan preparaten kan appliceras redovisas i allmänhet inte. Weber (1980) redovisar dock några exempel på tillåten alkalitet för olika preparat. För en metylpolysiloxan anges att den är beständig upp till ett pH-värde 9 - 10. För en polysiloxan med längre alkylgrupp är motsvarande pH-värde 13 - 14.

Även egna undersökningar (Sandin, 1995) har visat på en dålig alkalibeständighet för vissa preparat som applicerats kort tid efter murning. För ett visst preparat krävdes en härdningstid på några veckor medan ett annat preparat kunde appliceras efter något dygn.

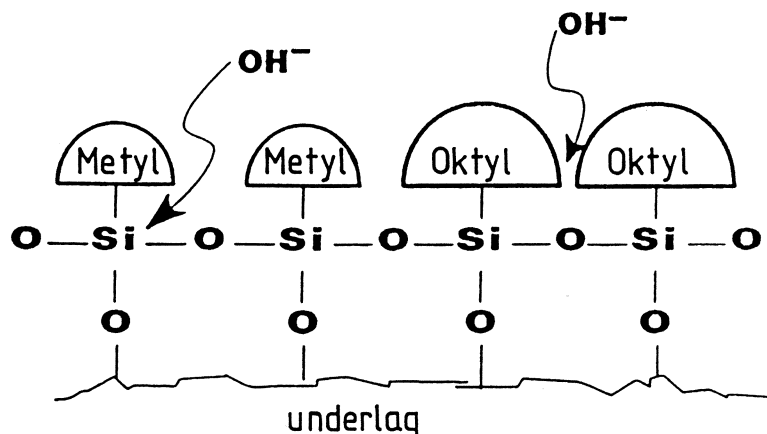
Broschyrer och annat informationsmaterial för olika vattenavvisande preparat ger i allmänhet dålig vägledning när det gäller alkalikänsligheten. Vid en genomgång av skriftligt informationsmaterial för ett 10-tal olika preparat fanns inga uppgifter om alkalibeständigheten för hälften av preparaten. För den andra hälften uppgavs att preparaten var "alkalibeständiga". Det senare kan förleda

användarna till att applicera på helt färsk mur- eller putsbruk, vilket måste anses vara tveksamt av flera skäl. I endast ett fall uppgavs för ett "alkalibeständigt" preparat att bruk ska härda 3 - 4 dygn innan applicering får ske.

Förklaringen till varför olika preparat har olika alkalibeständighet varierar. I olika laboratorieundersökningar som redovisas i litteraturen kommer man till olika slutsatser. Enligt vissa undersökningar är silikontypen avgörande, silikonharts anses då ha dålig alkalibeständighet medan silan anses ha god alkalibeständighet. Enligt andra undersökningar är alkylgruppens längd avgörande. En kort alkylgrupp, till exempel metyl, anses ha dålig alkalibeständighet medan en lång alkylgrupp, till exempel oktyl, anses ha god beständighet.

Orsaken till att man kommer till olika slutsatser är troligen att man samtidigt varierar både silikontyp och alkylgrupp. Den idag dominerande uppfattningen är att det främst är alkylgruppens storlek som är avgörande.

En "kemisk" förklaring till den varierande alkalibeständigheten beskrivs av McGettigan (1992). Enligt denna förklaring är det hydroxidjonerna i porvattnet som angriper och bryter ner kisel-syrebindingarna mellan silan/siloxanmolekylerna och underlaget. Orsaken till att olika preparat har olika beständighet uppges främst vara alkylgruppens storlek och form. Stora alkylgrupper hindrar helt enkelt hydroxidjonerna från att nå kiselatomen. Situationen illustreras i FIGUR 2:1.



FIGUR 2:1. "Kemisk" förklaring till varierande alkalibeständighet. Stora alkylgrupper blockerar de känsliga kiselatomerna från hydroxidjonerna.

Enligt denna förklaring har preparat med raka metylalkylgrupper sämst alkalibeständighet. Bäst beständighet har preparat med förgrenade iso-oktyl eller isobutylgrupper. Även raka n-oktyl och n-butylgrupper har god alkalibeständighet, även om den är något sämre än hos de förgrenade iso-grupperna.

McGettigans förklaring avser förhållandet då hydroxidjonerna tillförs i efterhand, det vill säga när preparaten har reagerat kemiskt och bundits till underlaget. Principerna torde dock vara desamma när ett preparat appliceras på ett underlag som från början innehåller mycket hydroxidjoner, till exempel färskt murbruk. Sannolikt går nedbrytningen snabbare i detta fall, eftersom kiselatomerna bör vara mer lättillgängliga för hydroxidjonerna innan bindningen till underlaget fullbordats.

3 TRADITIONELLA PROVNINGSMETODER

Vanligen använda provningsmetoder är av jämförande karaktär. Detta innebär att man inte får några generella siffror och att man endast kan jämföra olika preparat kvalitativt. För kvalitetskontroll och liknande är sådana metoder normalt tillfredsställande. För att bedöma användbarheten av en viss produkt i en viss situation är däremot sådana metoder inte användbara.

De traditionella metoderna utnyttjar två principiellt olika underlagsvarianter:

1. Vålhardad torr betong/murbruk eller mursten
2. Färsk betong/murbruk (en natts härdning).

Provningsen görs sedan under ett antal olika betingelser. En av de största tillverkarna (Wacker) använder följande tre olika betingelser:

Metod A

1. De impregnerade proverna lagras 8 dygn i rumsklimat.
2. Proverna lagras härefter i vatten i 2 dygn.
3. Proverna lagras härefter i luft i 8 dygn.
4. Proverna lagras härefter i vatten i 8 dygn.

Metod B

1. De impregnerade proverna lagras 8 dygn i rumsklimat.
2. Proverna lagras härefter i 0.1n KOH (0.56%) i 2 dygn.
3. Proverna lagras härefter i luft i 8 dygn.
4. Proverna lagras härefter i vatten i 8 dygn.

Metod C

1. De impregnerade proverna lagras 8 dygn i rumsklimat.
2. Proverna lagras härefter i 10%-ig KOH i 2 - 4 veckor.

Mot denna provningsmetod finns flera invändningar. När det gäller underlagen använder man endast två extrema provkroppsvarianter. Antingen har man helt torra och vålhärdade prover eller blöta och helt färska. När det gäller provningens genomförande får vissa prover genomgå härdning innan de utsätts för alkalipåverkan medan andra utsätts för alkali direkt. Det finns ingen gradvis förändring av betingelserna.

Provningsmetoderna kan medföra flera misstolkningar av resultaten. På ett helt torrt underlag kan till exempel avdunstning av preparatet medföra tveksamheter. På färska prover kan å andra sidan en nedbrytning ske direkt. Denna nedbrytning är omöjlig att särskilja från nedbrytning av alkalipåverkan i efterhand.

Provningsmetoderna medger att olika preparat kan jämföras kvalitativt. En översättning till praktiska betingelser är dock omöjlig. Enligt tidigare avsnitt kan metoderna även förorsaka tolkningsvårigheter vid utvärderingen.

4 MODIFIERAD PROVNINGSMETOD

4.1 Allmänt

Enligt föregående avsnitt finns vissa invändningar mot de traditionella provningsmetoderna. Detta gäller främst översättningen till praktiska förhållanden. I fasadsammanhang är den allt överskuggande frågan: "Hur länge måste man vänta efter murning eller putsning innan man kan applicera ett vattenavvisande preparat?"

Vid utvecklingen av den modifierade provningsmetoden har denna fråga varit central. Den modifierade metoden innebär i korthet att provkroppens ålder, härdningsklimat och fuktillstånd vid appliceringen av preparatet varieras systematiskt.

För att begränsa antalet provkroppar och variabler har endast ett underlag och två olika preparat använts.

Den modifierade provningsmetoden beskrivs i detalj i det följande.

4.2 Material

4.2.1 Underlag

För att minimera antalet variabler valdes endast ett enda underlag, standardbruket KC 50/50/650. Petriskålar med invändig höjd 13 mm och diameter 87 mm fylldes med bruk och skakades för komprimering. Efter några minuter drogs ytan av med rätkäpp.

Direkt efter tillverkningen placerades proverna i klimatrum med temperaturen +20°C och relativ fuktighet 60 respektive 90%.

4.2.2 Vattenavvisande preparat

För att studera så extrema preparat som möjligt valdes ett preparat som uppges ha "god alkalibeständighet" och ett preparat som enligt muntlig uppgift från leverantören "inte ska användas på alkaliska underlag". Båda preparaten har samma tillverkare.

Preparatet med "god alkalibeständighet" är en lacknaftabaserad blandning av silan och siloxan med okänd alkylgrupp. Preparatet med "dålig alkalibeständighet" är en vattenbaserad silikonat med okänd alkylgrupp. Båda produkterna levereras användningsfärdiga.

4.3 Underlagens härdning innan applicering

Ett av huvudsyftena med provningen var att studera inverkan av underlagets "härdningsgrad". Olika "härdningsgrad" skapades genom att dels härda pro-

verna i två olika klimat innan appliceringen och dels att applicera efter olika härdningstid.

Härdningsklimaten innan appliceringen valdes så att relativt vanliga praktiska förhållanden efterliknades, nämligen 60 respektive 90% RF och +20°C.

Härdningstiden innan appliceringen valdes så att "rimliga ytterligheter" skulle inkluderas. Härdningstiderna var 10 tim, 1 dygn, 2 dygn, 3 dygn, 4 dygn, 5 dygn, 8 dygn, 15 dygn och 30 dygn.

4.4 Fukttillstånd vid applicering

För att studera inverkan av ett plötsligt slagregn innan appliceringen användes underlag med tre olika "fukttillstånd". Förutom grundvarianten utan något fukttillskott utsattes vissa underlag för fukttillskott 1 timma respektive 1 dygn innan appliceringen.

Fukttillförseln skedde genom att pensla proverna med vatten så att de "nästan blev vattenmättade". De prover som fick sitt fukttillskott 1 timma innan appliceringen fick under tiden mellan fukttillförsel och applicering stå fritt och torka i respektive klimat. De prover som uppfuktades 1 dygn innan appliceringen lagrades i plastpåsar under 23 timmar varefter de fick stå fritt och torka under 1 timma innan appliceringen.

Några exakta fukttillstånd har inte mätts.

4.5 Applicering och härdning efter applicering

De vattenavvisande preparaten applicerades medelst "flödig pensling" i respektive klimatrum. Med "flödig" avses att ytan penslades så länge att den förblev "blöt" under cirka 10 sekunder.

Efter appliceringen fick provkropparna stå fritt i klimatrummen fram till provning. Detta innebär i tid att proverna lagrades 3 - 5 månader mellan applicering och provning.

4.6 Litrering av prover

Alla prover har littererats med koden

X:A:Y:Z

där X = härdningsklimat, 60 eller 90% RF och 20°C

A = preparat, S uppges ha dålig och H god alkalibeständighet

Y = härdningstid innan applicering

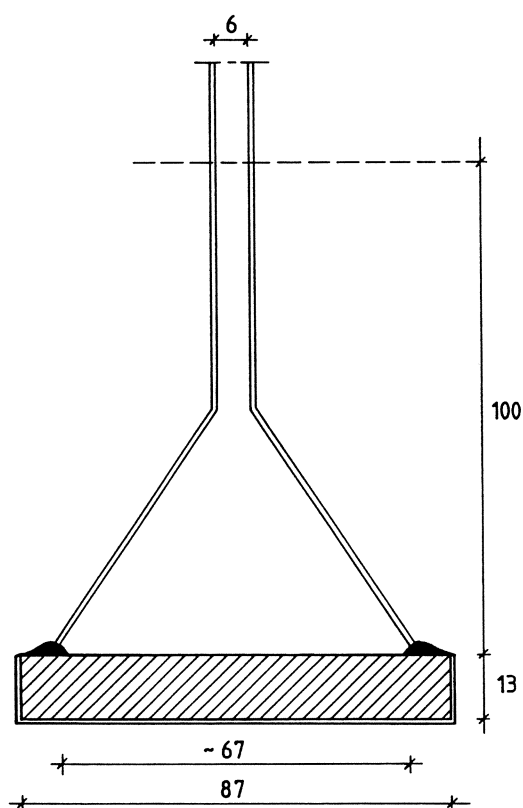
Z = tid mellan extra vattentillskott och applicering

4.7 Provning

Grundprincipen för provningen var att mäta vattenupptagningen som funktion av tiden när den behandlade ytan utsattes för ett vattenövertryck på 100 mm vattenpelare (cirka 1000 Pa).

Proverna togs direkt från respektive klimatrum. En glastratt med öppningsdiametern 73 mm monterades med fogmassa på den behandlade ytan enligt FIGUR 4:1. När fogmassan härdat (efter ett dygn) fylldes tratten snabbt (mindre än 30 sekunder) med vatten till 100 mm höjd. Omedelbart efter vattenpåfyllningen vägdes proverna. Efterhand som vattennivån sjönk påfylldes tratten med åtföljande vägning. Tidsintervallen mellan påfyllningarna valdes med utgångspunkt från den uppsugna vattenmängden. Normalt påfylldes vatten när nivån sjunkit 10 mm eller mindre. I vissa fall sjönk dock vattennivån mer (upp till 20 mm) mellan påfyllningarna. Detta saknar dock betydelse för aktuella mätningar.

Flödet in i provkropparna är inte helt 1-dimensionellt. Relativt stora randeffekter kan finnas. Den aktuella provningen skall enbart ses som en jämförande provning och därför saknar dessa randeffekter betydelse och har inte beaktats vid utvärderingen. Skall metoden utvecklas till en "standardmetod" bör däremot randeffekterna minimeras.



FIGUR 4:1. Försöksarrangemang.

5 RESULTAT

Samtliga resultat redovisas i BILAGA i form av diagram där den absorberade vattenmängden (kg/m^2) anges som funktion av tiden.

Efter provningen uppmättes även hur djupt in i proven det fanns någon vattenavvisande effekt. Härvid delades proverna i 1/4-delar och brottytorna doppades i vatten. Den icke vattenavvisande delen blir härvid blöt och mörk. Den vattenavvisande zonen förblir däremot torr och ljus. Det i BILAGA angivna djupet på den vattenavvisande zonen varierade i vissa fall kraftigt. Vidare kan det förekomma ännu större variationer i de delar av proverna som inte analyserades.

I många fall uppträdde en våt fläck på undersidan relativt tidigt under provningen. Detta indikerar att det kan finnas lokala partier där det inte finns någon vattenavvisande effekt. Detta framkom även vid undersökningen av djupet på den vattenavvisande zonen. Ett djup på 0 -1 mm visar till exempel att på vissa delar var den vattenavvisande effekten obefintlig även om ytan uppvisade en vattenavvisande effekt.

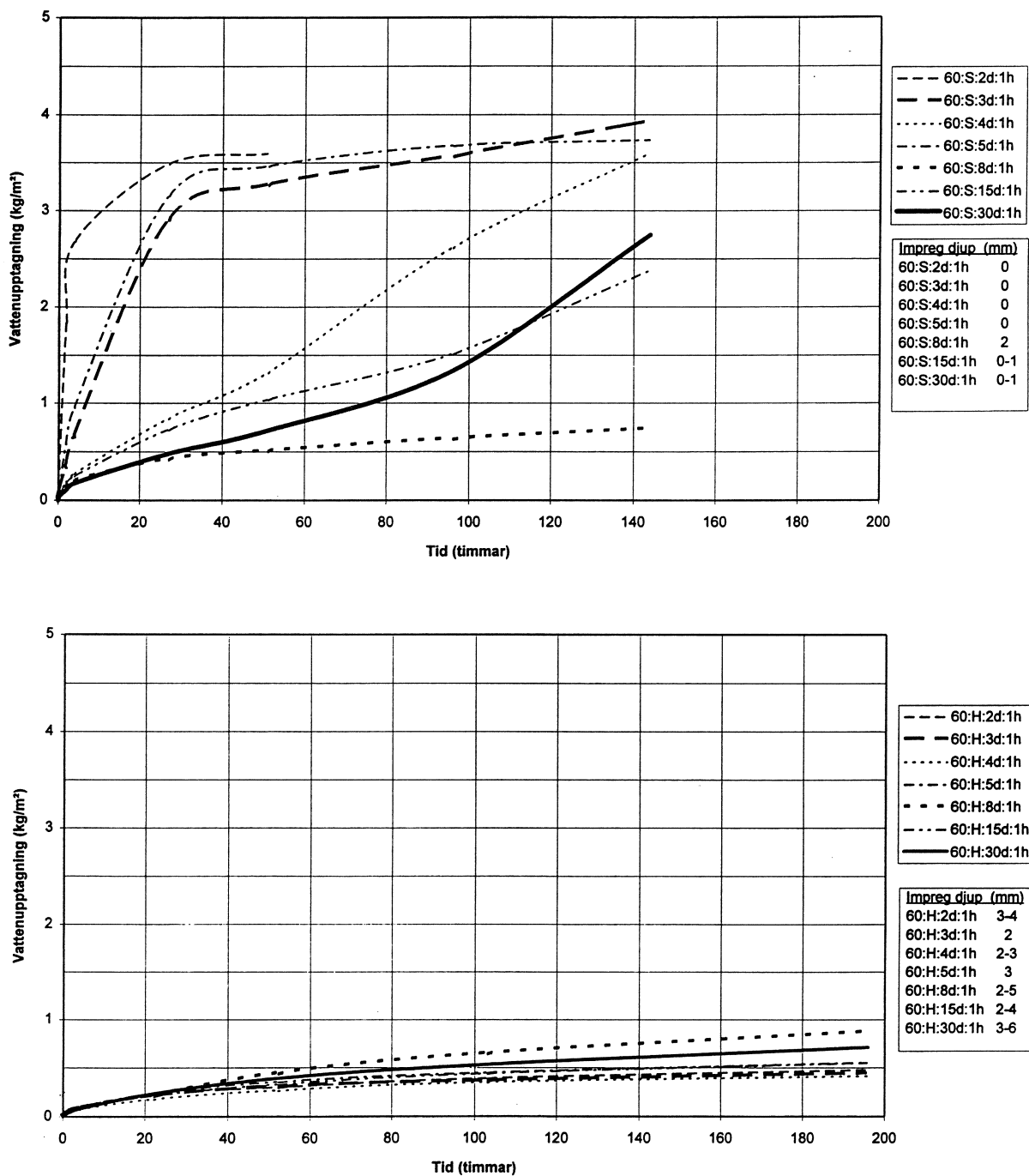
Som framgår av resultaten finns en väsentlig skillnad mellan de två preparaten. Preparatet H applicerat på mer än ett dygn gamla prover har alltid fungerat bra. Preparatet S har däremot i vissa fall inte ens fungerat på välhårdade (30 dygn) prover.

Resultaten diskuteras i nästa kapitel. Det ska dock redan här påpekas att all fuktupptagning inte beror på kapillärsugning. En viss del beror på ren diffusion genom den vattenavvisande zonen. Storleken på denna diffusion är ungefär densamma som den uppmätta fuktupptagningen i alla H-prover utom i proven som applicerades efter 10 timmars härdningstid.

6 DISKUSSION OCH SLUTSATSER

6.1 Allmänt

För att underlätta diskussionen i det följande hänvisas främst till de två resultatdiagrammen i FIGUR 6:1. Dessa diagram kan i många avseenden anses vara generella för de två preparaten S och H.



FIGUR 6:1. Exempel på resultat. Diagrammen är i många avseenden generella för de två preparaten.

Vid bedömningen av resultaten ska man vara medveten om att endast en provkropp använts för varje kurva i diagrammen. Enstaka avvikande kurvor måste därför accepteras och någon direkt orsak till avvikelsen har inte analyserats.

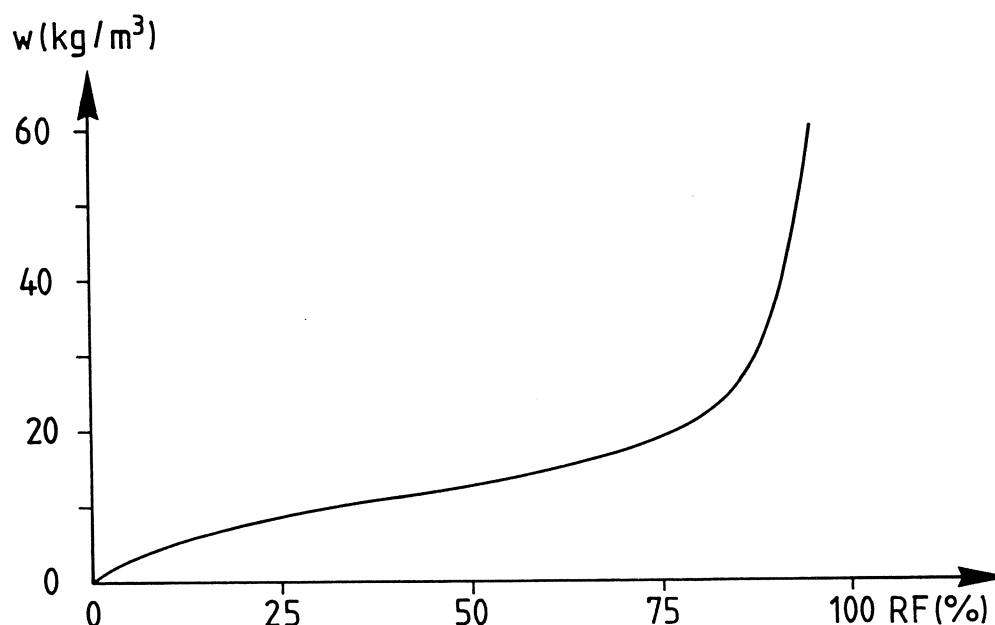
Vidare har de verkliga fukttillstånden vid appliceringen och de applicerade mängderna inte mätts. Smärre variationer kan alltså ha förekommit. Stor uppmärksamhet har dock lagts vid att alla prover skall vara "verklighetsanknutna". Fukttillståndet vid appliceringen är antingen "naturligt" eller "förhöjt". Den applicerade mängden preparat kan anses motsvara den i verkligheten använda "riklig applicering".

På grund av ovanstående "osäkerheter" ska enstaka kurvor inte jämföras. Tack vare det stora antalet prover kan dock generella jämförelser göras.

6.2 Diffusion genom den impregnerade zonen

Som nämnts tidigare sker det ett visst fuktutbyte i proverna även om den yttre delen av provet är helt vattenavvisande. Detta är helt naturligt eftersom den vattenavvisande impregneringen inte medför att ytan blir "tät" utan fortfarande tillåter vattenånga att transporteras genom materialet. I grunden är detta en förutsättning för hela filosofin med vattenavvisande impregneringar.

Med känd ånggenomsläpplighet och jämviktsfuktkurva kan fuktupptagningen på grund av diffusion lätt beräknas. I det följande beräkningarna antas ånggenomsläppligheten till $\delta = 2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ och jämviktsfuktkurvan enligt FIGUR 6:2.



FIGUR 6:2. Jämviktsfuktkurva för underlagen.

Beräkningarna görs stegvis i RF-intervallen

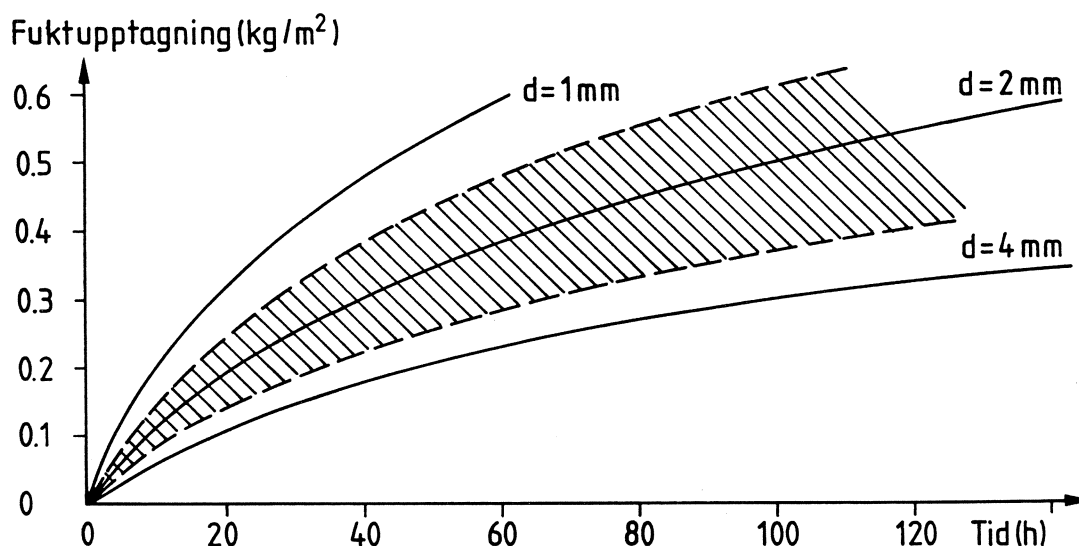
60 → 80%

80 → 90%

90 → 95%

95 → 98%

Under varje beräkningssteg används ett medelvärde av ovanstående RF-nivåer för att beräkna tiden för att öka fuktillståndet från $G(\text{RF1})$ till $G(\text{RF2})$. Genom successiva summeringar erhålls ett samband mellan upptagen vattenmängd och tid enligt FIGUR 6:3. Beräkningarna har gjorts med förutsättningarna att djupet på den vattenavvisande zonen är 1, 2 och 4 mm. I figuren är även kurvskaran enligt H-proverna i FIGUR 6:1 inritad.



FIGUR 6:3. Beräknad fuktupptagning på grund av diffusion vid olika impregneringsdjup (heldragna linjer) och mätt fuktupptagning hos H-prover enligt FIGUR 6:1 (streckat).

Som synes är överensstämmelsen mellan de beräknade värdena och de uppmätta värdena för H-proverna mycket god. Det råder ingen tvekan om att den begränsade fuktupptagningen i H-proverna beror på renodlad diffusion genom den vattenavvisande zonen närmast ytan. Motsvarande fuktupptagning ska egentligen subtraheras från samtliga uppmätta kurvor om enbart den vattenavvisande effekten hos impregneringarna ska studeras.

När impregneringsdjupet är mindre än 1 mm är blir en beräkning enligt ovan tveksam, eftersom lokala vattengenomslag kan ge väsentligt större inverkan än den renodlade diffusionen. Betraktar man till exempel S-kurvan vid 15 och 30 dygn så verkar den renodlade diffusionen dominera i början, upp till 80 timmar. Härefter sker någon form av vattengenomslag och andra mekanismer tar över.

Det enda prov med S-preparat som överensstämmer med H-proverna är "8-dygnsprovet". Detta är också det enda preparat som har ett någorlunda djup på den vattenavvisande zonen (2 mm).

6.3 Djupet på den vattenavvisande zonen

Djupet på den vattenavvisande zonen varierade mycket kraftigt, från 0 till 7 mm. S-preparatet har generellt väsentligt mindre djup på den vattenavvisande zonen än H-preparatet. För S-preparatet är djupet 0 - 2 mm medan för H-preparatet djupet i allmänhet är 2 - 4 mm.

Den applicerade mängden bedömdes i samtliga fall vara av samma storleksordning och eventuella variationer i applicerad mängd kan inte förklara den stora skillnaden i djupet på den vattenavvisande zonen. Den enda rimliga förklaringen är att det skett en nedbrytning av preparatet när zondjupet är i storleksordningen 0 - 1 mm. Vid små djup på den vattenavvisande zonen konstaterades att efter någon minuts vattenbelastning blev även de delar som från början var vattenavvisande blöta. Detta tyder på att den vattenavvisande impregneringen har dålig effektivitet. Den kan möjligen klara en kortvarig vattenbelastning, men efter någon minut släpper den igenom vattnet.

Med utgångspunkt från ovanstående kan konstateras att S-preparatet i allmänhet blivit kraftigt nedbrutet och förlorat sin vattenavvisande effekt. Detta stämmer väl med den uppmätta fuktupptagningen.

De flesta S-proverna, även en del som var 15 - 30 dygn vid appliceringen, uppvisar en stor vattenupptagning. I FIGUR 6:1 är endast 60:S:8d:1h acceptabel av S-proverna. Av H-proverna uppvisar däremot endast provet som applicerats efter 10 timmar en kraftig vattenupptagning.

På många av S-proverna var "den effektivt vattenavvisande zonen" endast någon tiondels millimeter. I sådana fall kan mycket väl "slumpen" avgöra om det sker något vattengenomslag. Dels kan det finnas partier med obefintlig vattenavvisande effekt och dels kan det finnas defekter som är djupare än den "effektiva zonen".

Sammanfattningsvis kan man konstatera att om den "effektiva zonen" ligger i intervallet 0 - 1 mm sker i allmänhet en avsevärd vatteninträngning. Vid djup större än 2 mm är risken för vatteninträngning i stort sett obefintlig. Det måste här betonas att "den vattenavvisande zonen" kan vara mer eller mindre effektiv. I vissa fall har prover uppvisat obetydlig vattenupptagning de första dygnen för att sedan plötsligt börja absorbera vatten. Detta kan bero på någon form av nedbrytning vid de höga fukttillstånd som råder. En annan möjlighet är att kapillärtransporten börjar först när fukttillståndet blivit tillräckligt högt.

Även om ytan vid en snabb vattenbegjutning förefaller vara vattenavvisande kan vatten mycket väl sugas in vid långvarig fuktbelastning.

6.4 Inverkan av preparat

Generellt har alla H-prover en mycket god vattenavvisande effekt om underlagen härdat under minst 1 dygn. Med hänsyn till att härdningsbetingelserna i praktiken kan vara sämre än de som använts vid provningarna bör en säkerhetsmarginal användas i praktiken. 2 dygns härdning torde dock vara tillräcklig för normala situationer.

S-proverna har generellt en mycket dålig effektivitet. Även på prover som fått hårda 30 dygn kan effekten vara mycket tveksam. Proverna uppvisar dock stor spridning som är omöjlig att förklara. Prover som applicerats inom en veckas härdning har obetydlig vattenavvisande effekt, nedbrytningen torde vara nästan total. S-preparatet måste anses vara helt olämpligt att använda i samband med puts- och murbruk.

6.5 Inverkan av härdningsklimat och fuktillstånd

De olika härdningsklimaten innan applicering har ingen signifikant inverkan på den vattenavvisande effekten. En härdning i ännu fuktigare eller torrare miljö kan dock mycket väl ha betydelse. Sådana miljöer kan nämligen medföra att karbonatiseringen helt avstannar.

Fuktillståndet vid appliceringen har ingen betydelse för H-preparatet. För S-preparatet kan en viss inverkan skönjas. Spridningen och "osäkerheten" tycks öka vid applicering på fuktiga underlag. Något generellt samband finns dock inte. Möjligen kan detta bero på att fuktillstånden inte är exakt desamma i alla prover.

6.6 Begränsningar i utförd provning

Syftet med aktuell provning var i huvudsak att utarbeta riktlinjer för en ny provningsmetod med avseende på alkalikänsligheten och studera inverkan av väsentliga praktiska faktorer. För att hålla arbetsinsatsen på en rimlig nivå valdes att avstå från vissa mätningar. Detta gäller främst karbonatisering och exakt fuktinnehåll vid appliceringen samt mängden preparat som applicerades. Vidare användes endast en provkropp av varje sort.

Vid utvärderingen är det främst ovissheten om den applicerade mängden preparat som skapar en viss osäkerhet. I efterhand är det lätt att konstatera denna brist. Man kan samtidigt konstatera att merarbetet med att bestämma denna mängd hade varit försumbart i sammanhanget.

Vid en eventuell vidareutveckling av metoden bör ovanstående beaktas samtidigt som andra variabler kan begränsas, till exempel härdningsklimat och fuktillstånd vid appliceringen.

7 DISKUSSION OM STANDARDPROVNING

Allmänt

En provningsmetod för standardprovning av många preparat måste vara så enkel och snabb som möjligt för att minimera kostnaden. Den använda metoden är en god grund för att utarbeta en standardmetod, till exempel i form av en Nordtestmetod. Denna standardmetod kan med fördel inkludera flera parametrar än alkalikänslighet, till exempel inträngningsdjup vid olika fuktillstånd.

Principiell provningsmetod

Principiellt kan provningsmetoden vara identisk med den i denna undersökning använda metoden.

Applicering av preparaten

Applicering ska ske enligt tillverkarnas anvisningar. Den applicerade mängden ska anges.

Underlag

Ett underlag torde vara tillräckligt vid en generell provning. Med hänsyn till att olika cementsorter kan ge olika resultat måste denna specificeras. I aktuell provning har ett fabriksblandat torrbruk KC 50/50/650 använts. Ett bättre alternativ kan vara ett bruk av KC 35/65/550 med ett högalkaliskt cement.

Vid varje tidpunkt bör mätning göras på 3 provkroppar.

Härdningsklimat innan applicering

I aktuell provning har härdning skett i 60 och 90% RF och 20°C. I en standardprovning torde det vara tillräckligt med ett klimat, till exempel 90% RF och 20°C.

Härddningstid innan applicering

Antalet tider kan reduceras jämfört med tiderna i nu genomförd provning. Ett rimligt val av tider är 1, 3, 7, 14 och 30 dygn.

Fuktillstånd vid applicering

För att begränsa antalet provkroppar måste denna variabel begränsas kraftigt. Förslagsvis sker appliceringen efter 1 dygn utan fuktillskott medan applicering vid andra tider sker efter ett väldefinierat fuktillskott 1 timma innan applicering.

ring. Detta fukttillskott skall definieras i detalj. Förslagsvis skall så mycket vatten tillföras att det motsvarar 70% av kapillärmättnad.

Övrigt

För att få "referensvärden" bör provning även göras på ett väldefinierat material som inte är alkaliskt, till exempel tegel.

Kommentarer

Ovanstående innebär att en provningsomgång omfattar 15 provkroppar, vilket är en rimlig storleksordning.

En ytterligare specifikation av provningsmetoden samt fastställande av "krav" görs lämpligen efter en identisk provning vid olika laboratorier, till exempel i form av ett Nordtest-projekt.

REFERENSER

Krii, S, 1996, *Vattenavvisande fasadimpregnering - inträngningsdjup i tegelsten, kalksandsten och murbruk*. Byggnadsmaterial, Lunds Tekniska Högskola. Rapport TVBM-5031. Lund.

McGettigan, E, 1992, *Silicon-Based Weatherproofing Materials*. Concrete International, Vol 14, Nr 6.

Roth, M, 1982, *Wie lange sind Siliconimprägnierungen haltbar?* Das Deutsche Malerblatt 10/1982.

Rödler, K-M, 1977, *Bautenschutz durch hydrophobierende Imprägnierung mit Silanen*. Chemische Rundschau 22/77.

Sandin, K, 1993a, *Vattenavvisande fasadimpregnering - Fullskaleförsök i Harphult*. Byggnadsmaterial, Lunds Tekniska Högskola. Rapport TVBM-7052. Lund

Sandin, K, 1993b, *Vattenavvisande fasadimpregnering - Fullskaleförsök i Lerberget*. Byggnadsmaterial, Lunds Tekniska Högskola. Rapport TVBM-7053. Lund.

Sandin, K, 1994, *Vattenavvisande fasadimpregnering*. Byggeforskningsrådet. T15:1994. Stockholm.

Sandin, K, 1995, *Vattenavvisande fasadimpregnering - Laboratorieundersökningar 1992-94*. Byggnadsmaterial, Lunds Tekniska Högskola. Rapport TVBM-3065. Lund.

Sandin, K, 1996, *Vattenavvisande fasadimpregnering - Inverkan av sprickor*. Byggnadsmaterial, Lunds Tekniska Högskola. Rapport TVBM-3073. Lund.

Weber, H, 1980, *Fassadenschutz*. Expert-Verlag GmbH. Grafenau.

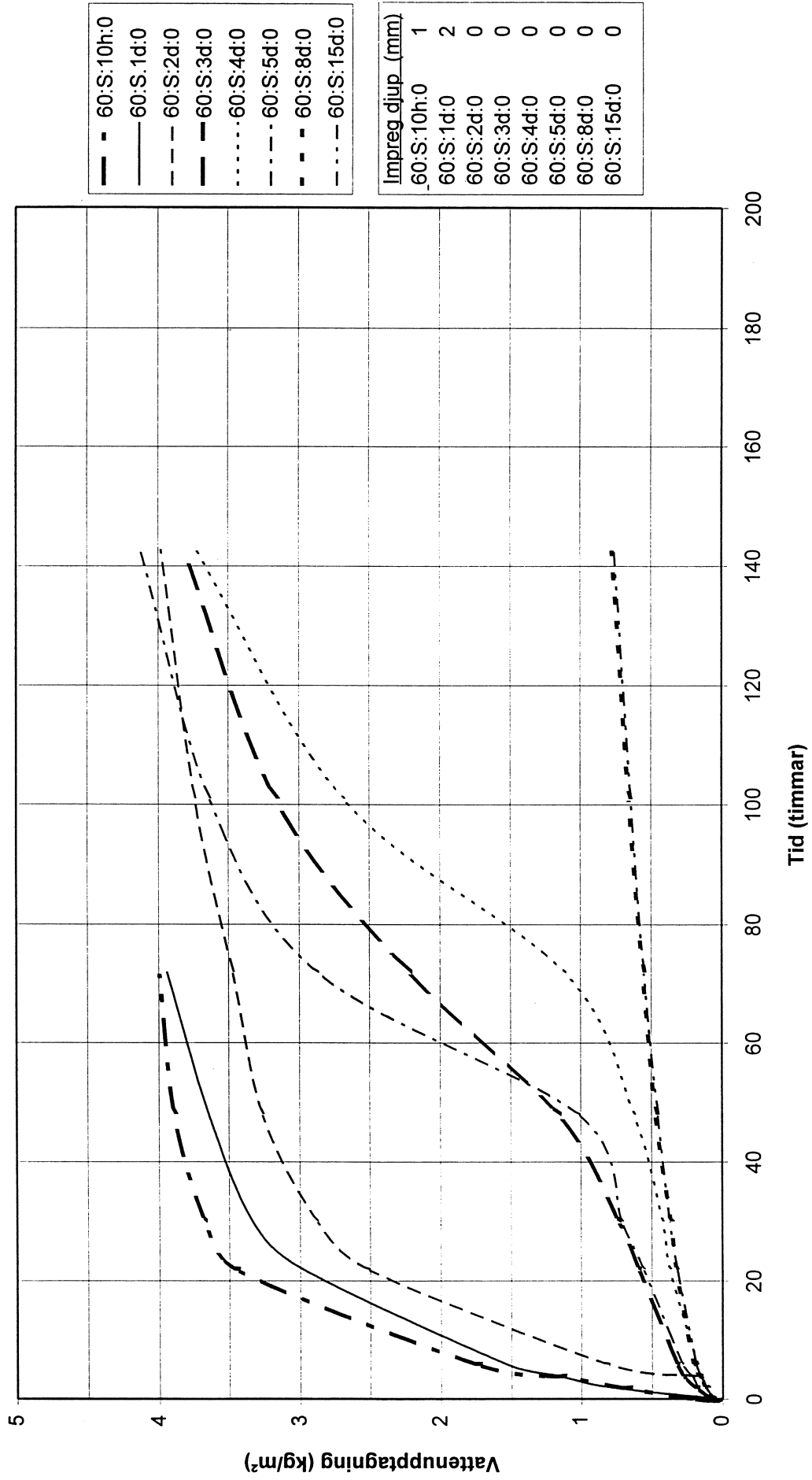
Wolter, H, 1989, *Eigenschaften und Anwendungsgebiete von siliciumorganischen Verbindungen bei der Hydrophobierung und verfestigung von mineralischen Baustoffen*. Bautenschutz und Bausanierung Nr 1-1989. Rudolf Müller. Köln.

BILAGA

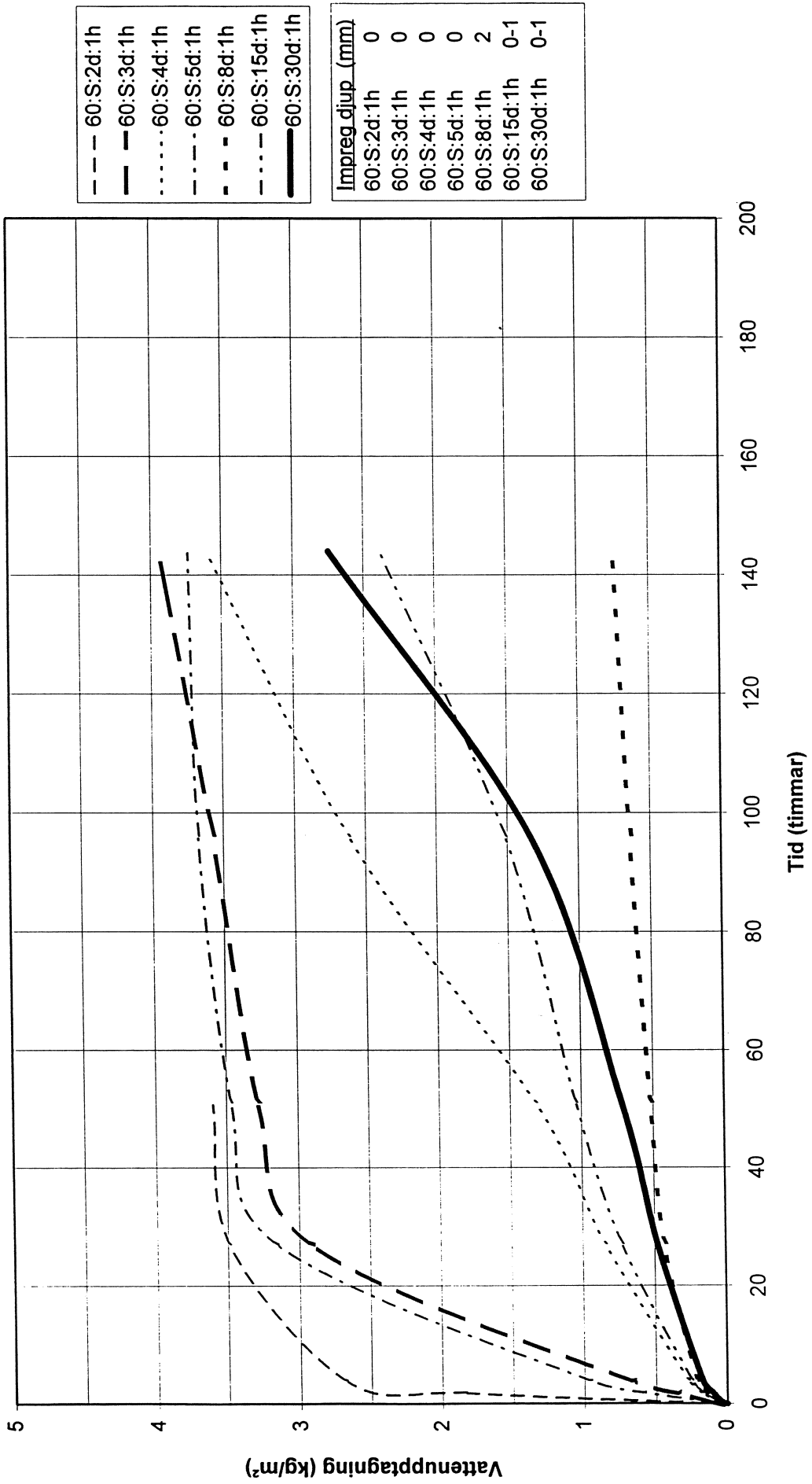
I denna bilaga redovisas samtliga resultat på vattenupptagning och djup på den vattenavvisande zonen. Litrering av prover enligt avsnitt 4.6.

Varje kurva baserar sig på en enda provkropp. Enstaka kurvor som avviker från mönstret förekommer. Orsaken till dessa avvikelser har inte analyserats.

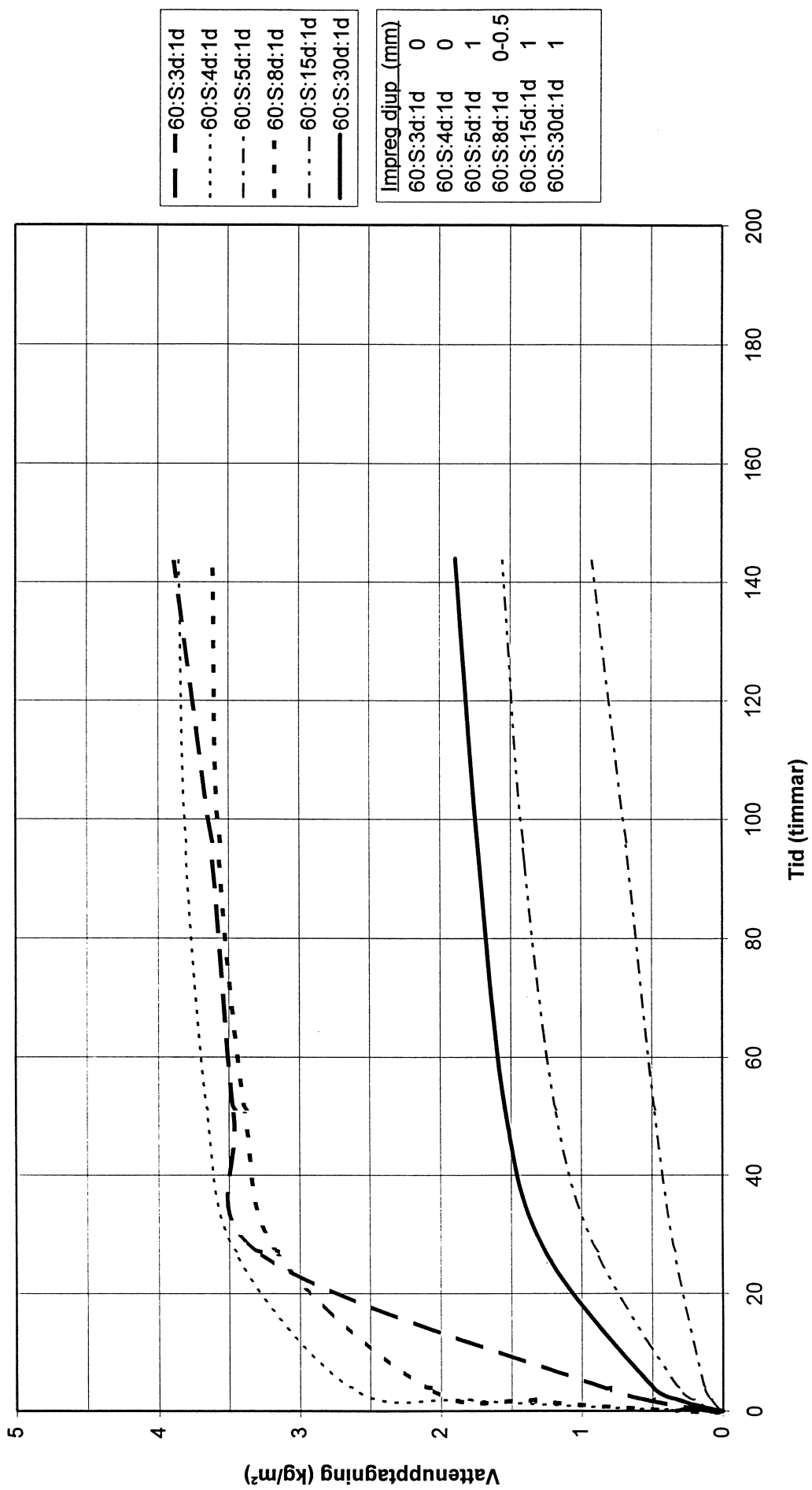
TRATTFÖRSÖK



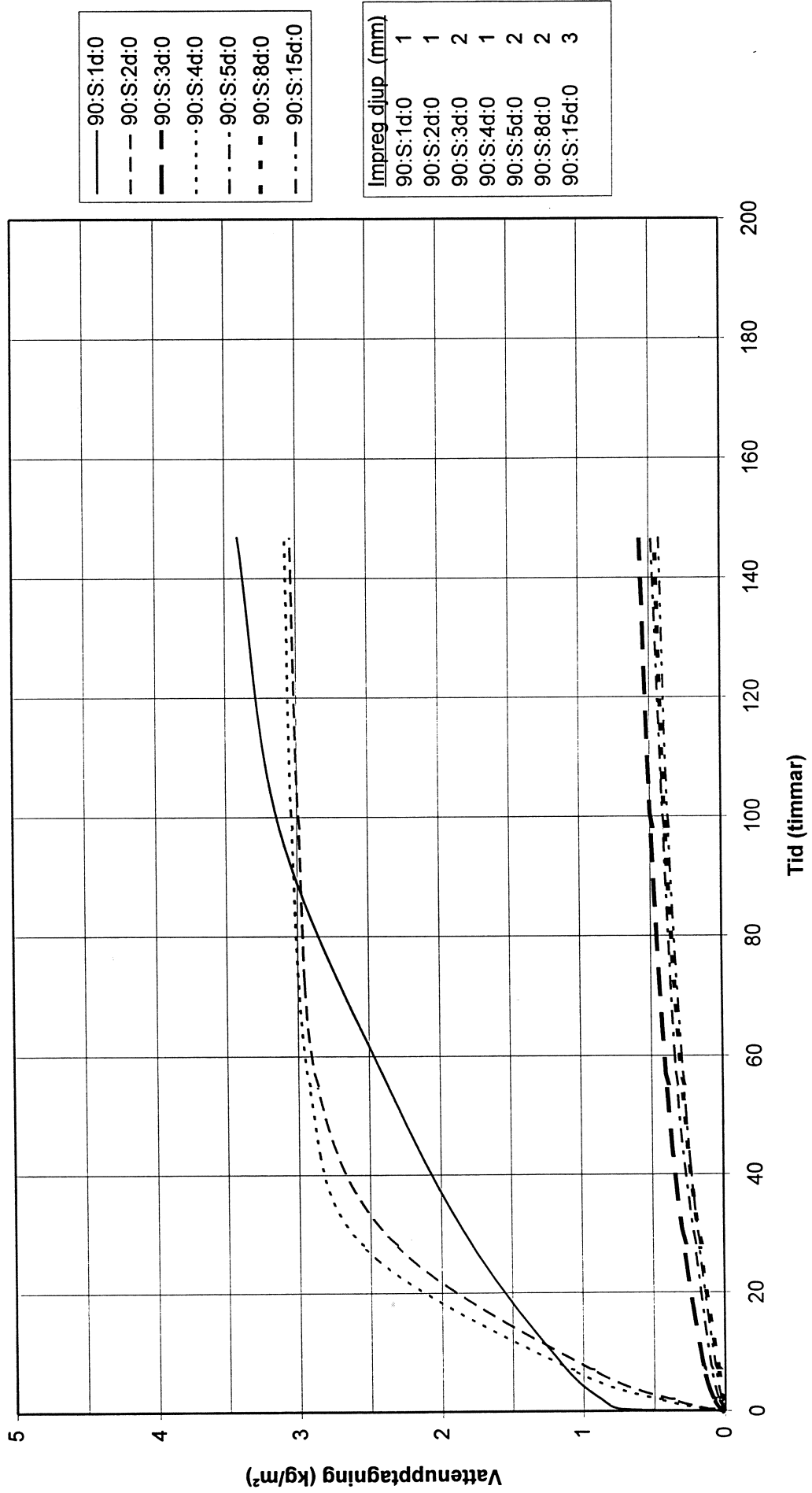
TRATTFÖRSÖK



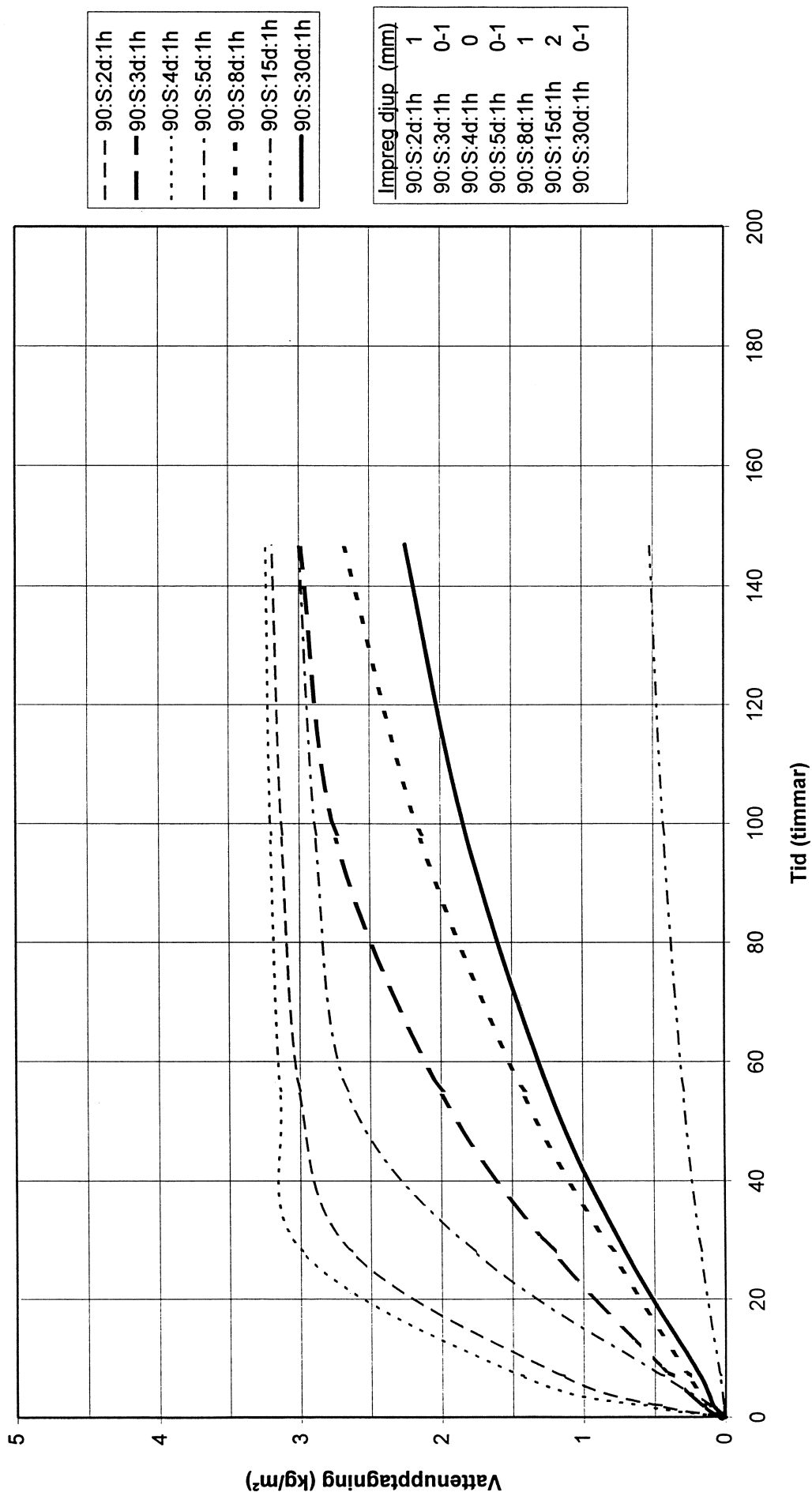
TRATTFÖRSÖK



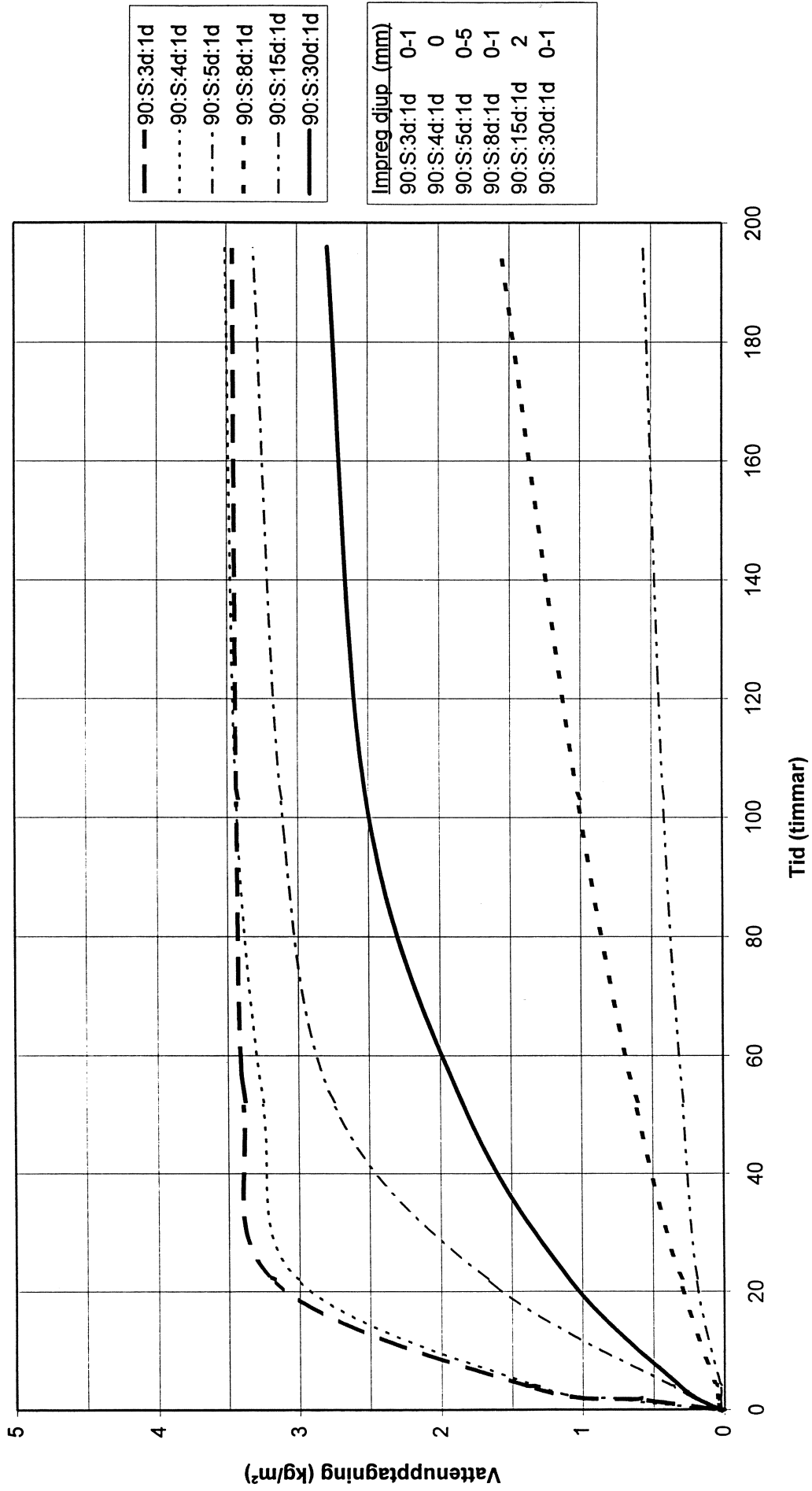
TRATTFÖRSÖK



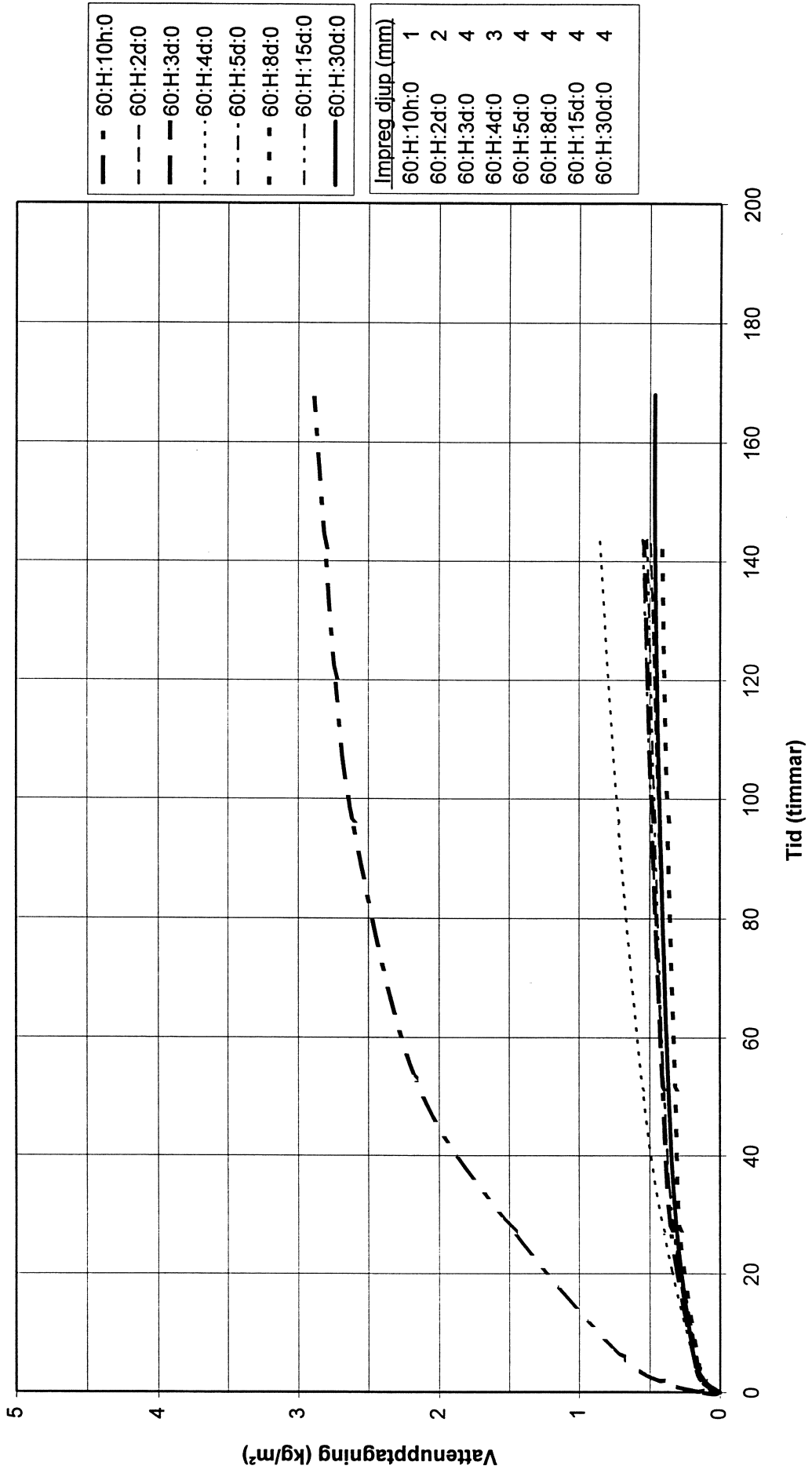
TRATTFÖRSÖK



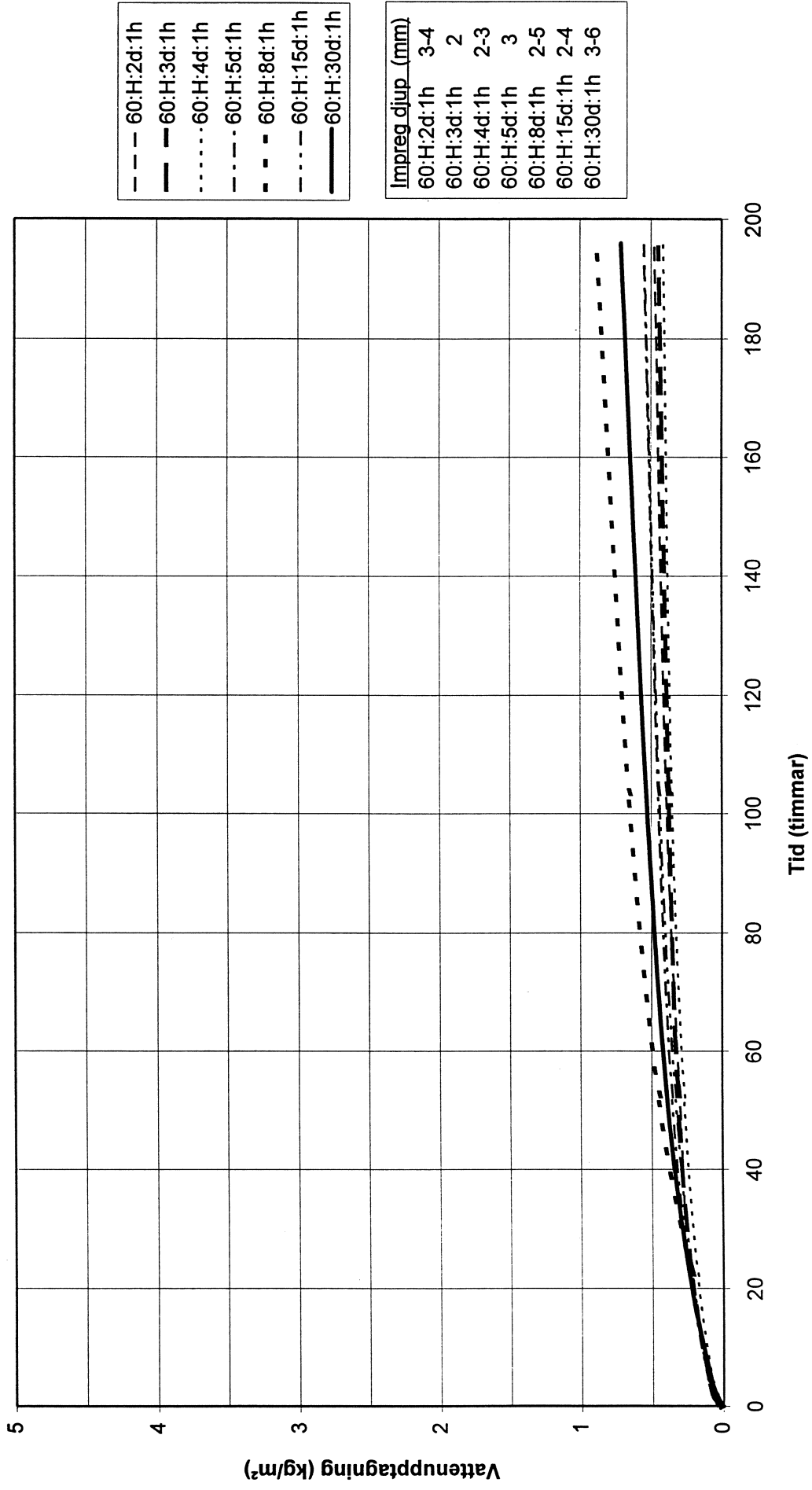
TRATTFÖRSÖK



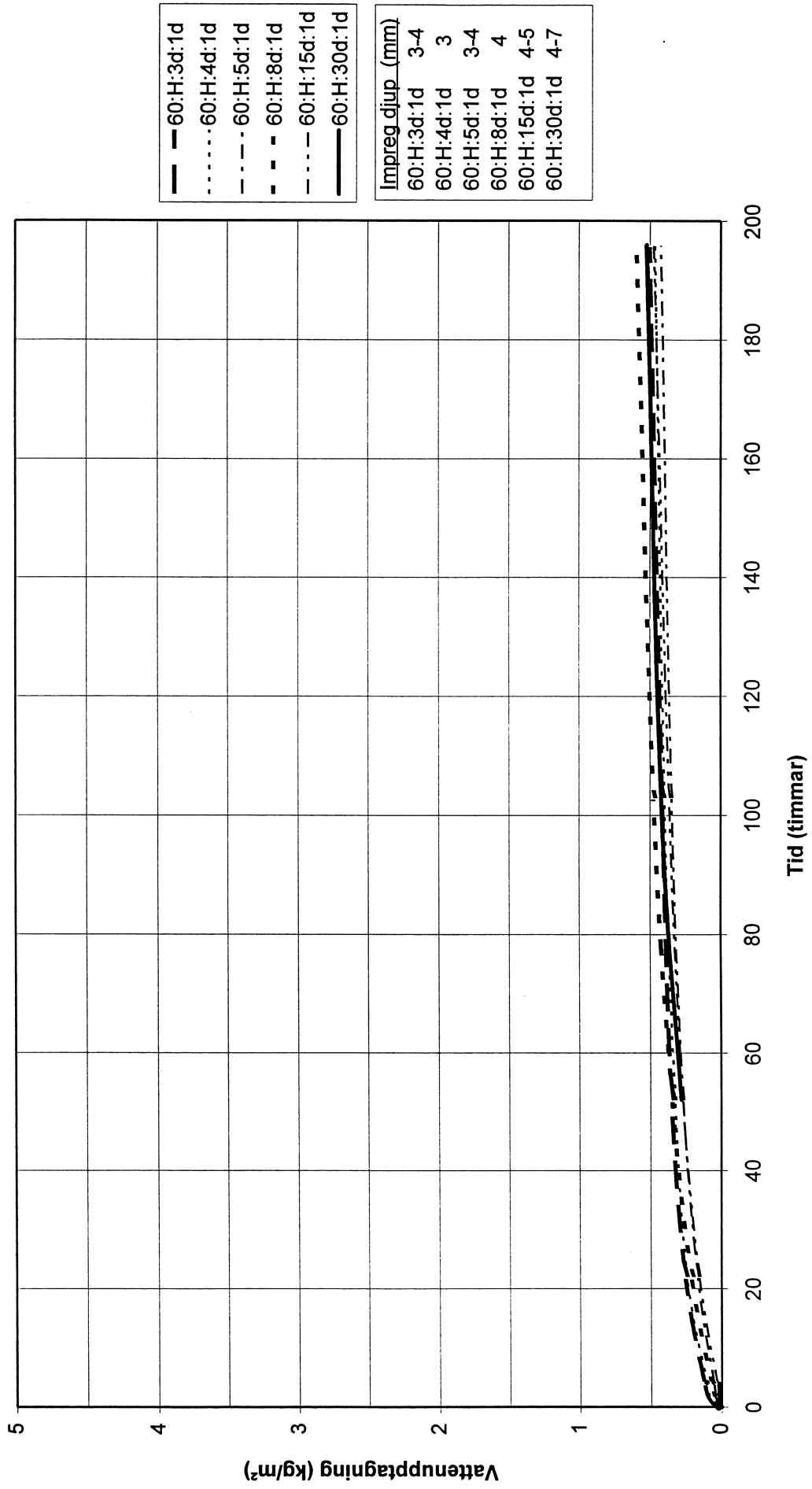
TRATTFÖRSÖK



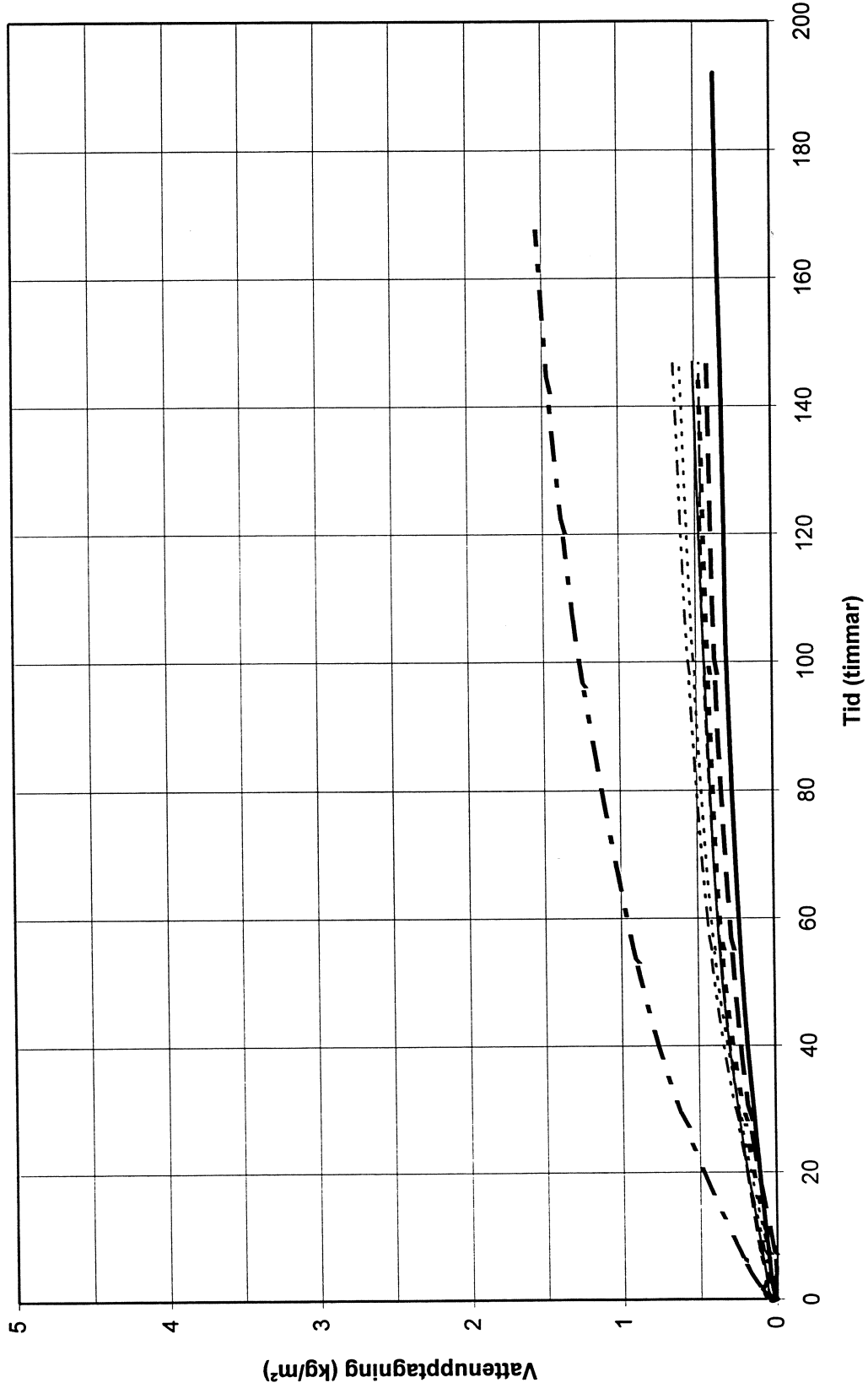
TRATTFÖRSÖK



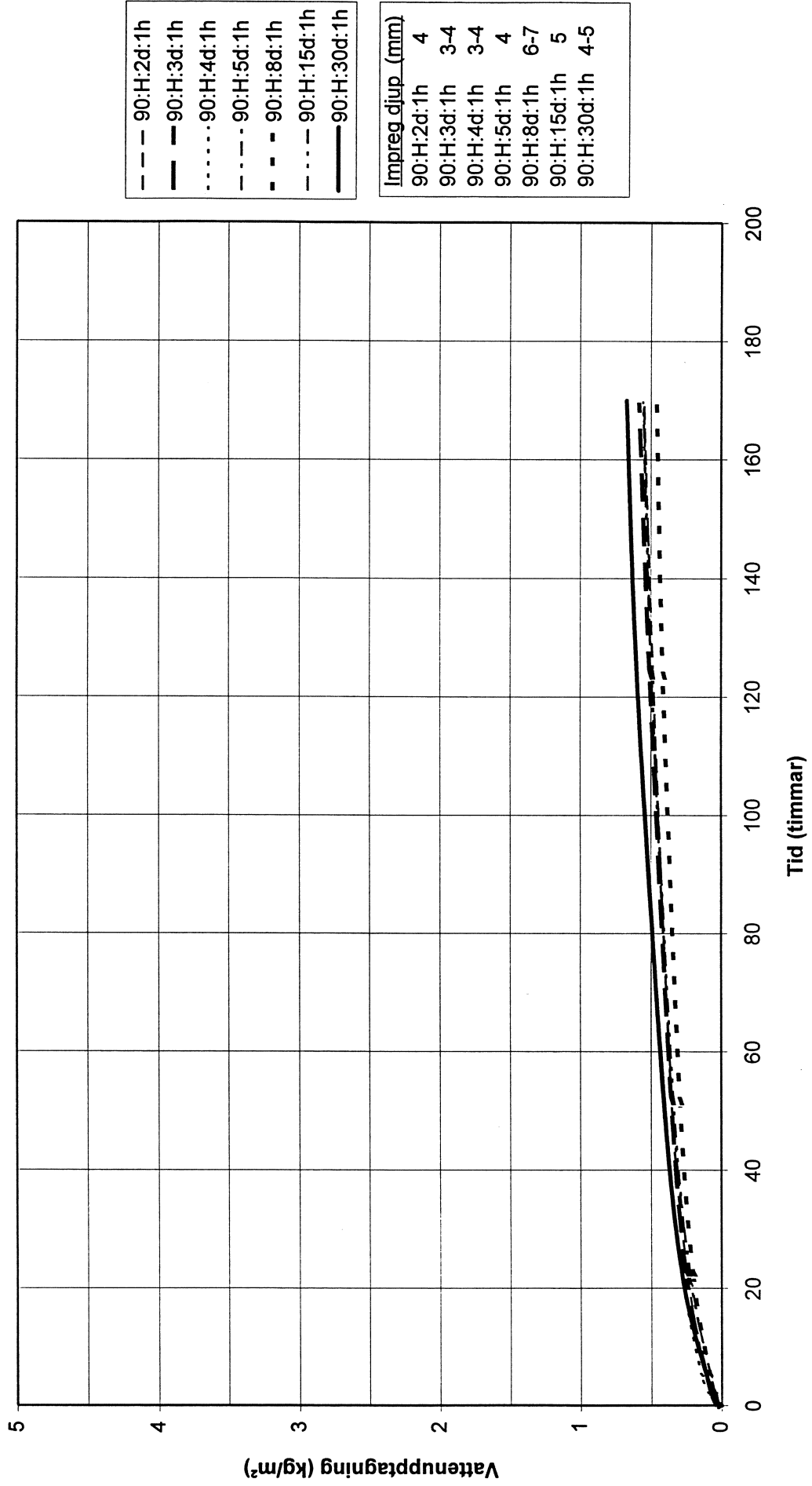
TRATTFÖRSÖK



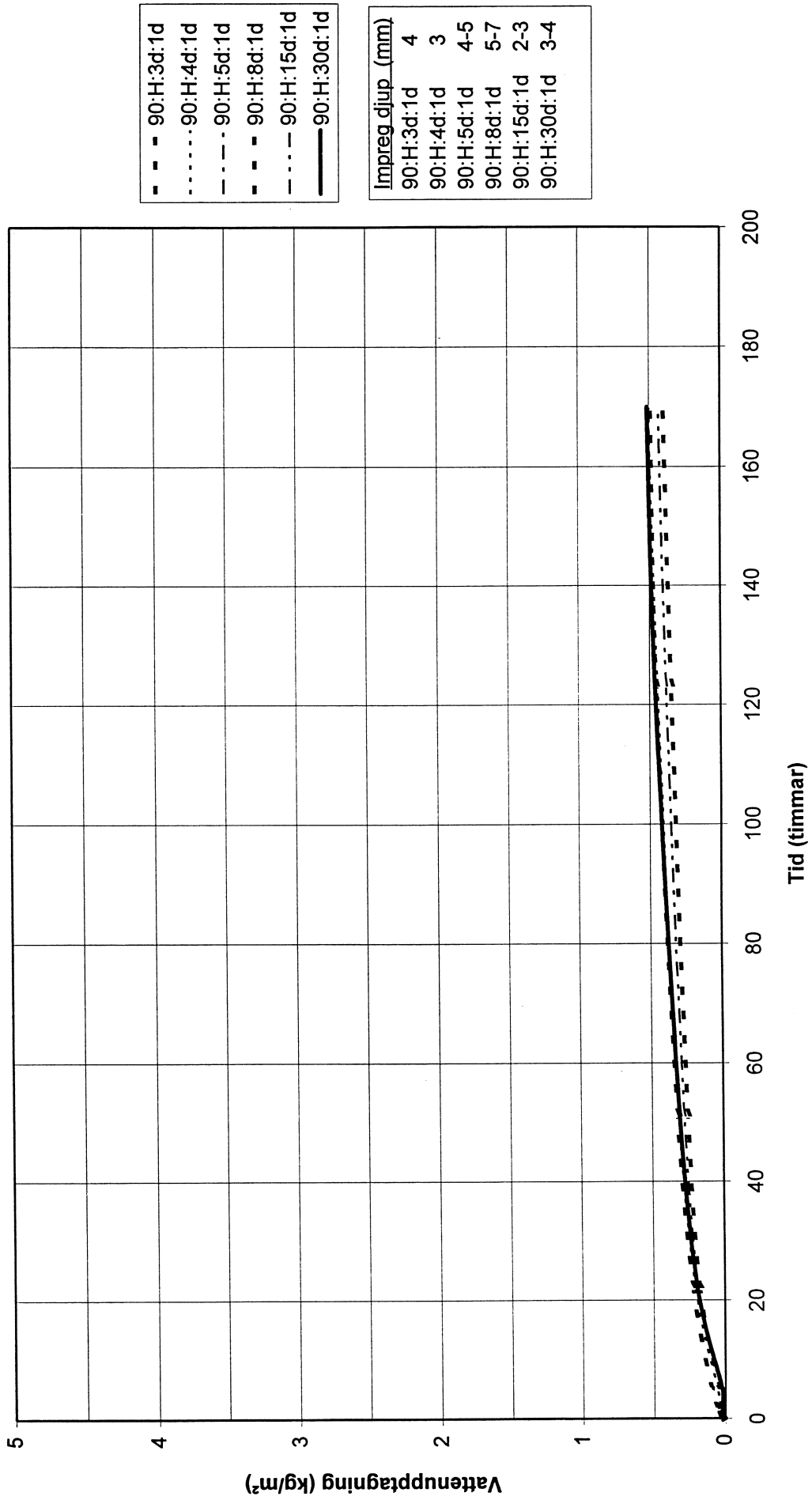
TRATTFÖRSÖK

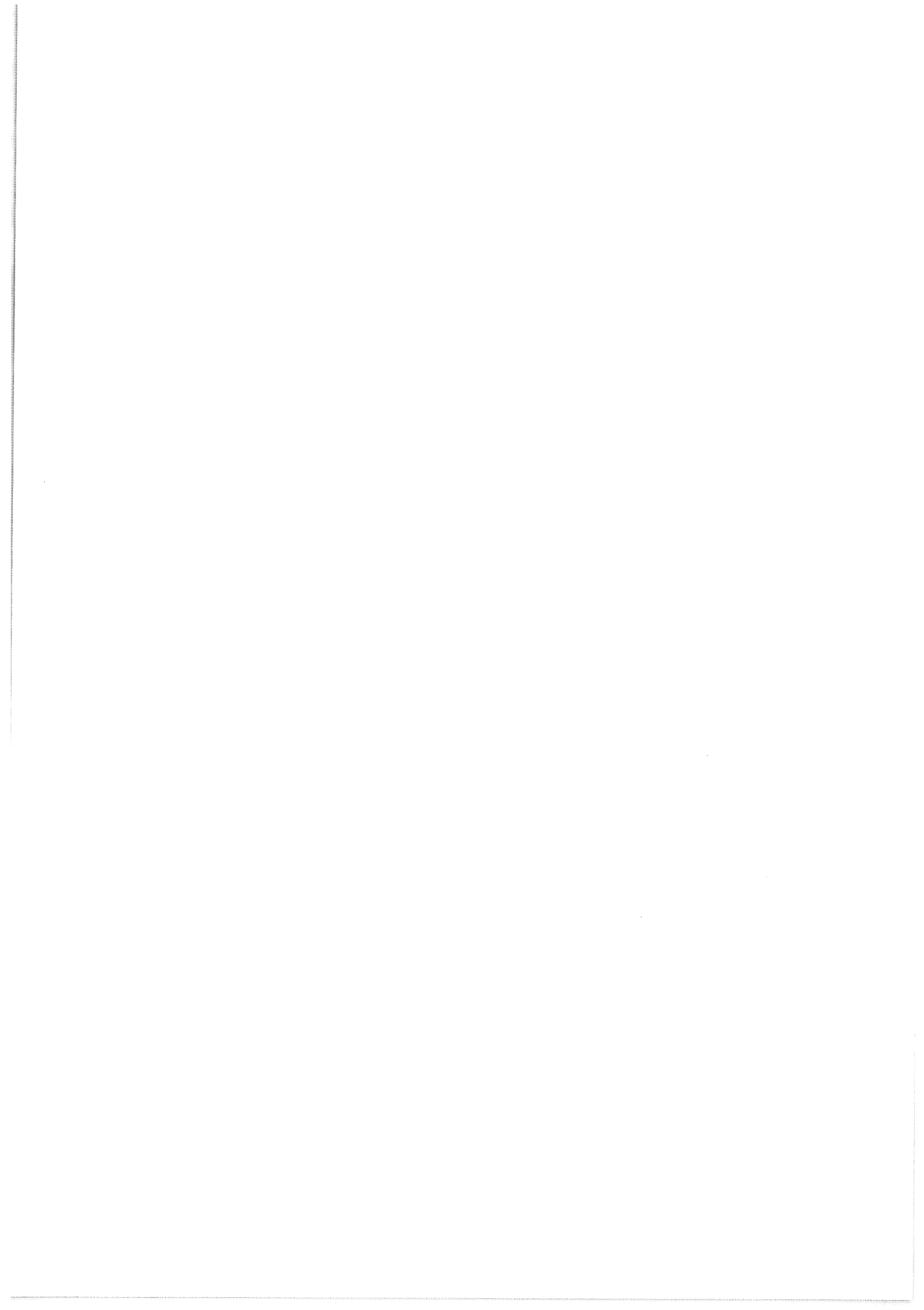


TRATTFÖRSÖK



TRATTFÖRSÖK

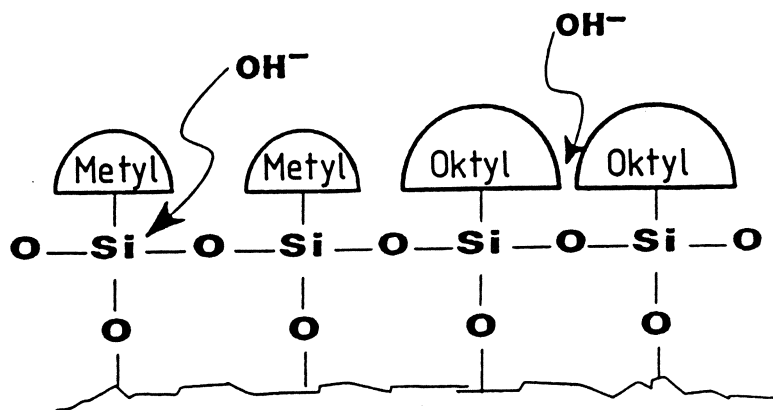






VATTENAVVISANDE FASADIMPREGNERING

Alkalikänslighet



Kenneth Sandin





VATTENAVVISANDE FASADIMPREGNERING

Alkalikänslighet

Kenneth Sandin

ISRN: LUTVDG/TVBM--97/3074--SE(1-45)

ISSN: 0348-7911 TVBM

Lunds Tekniska Högskola
Byggnadsmaterial
Box 118

221 00 LUND

Tel: 046-2227415
Fax: 046-2224427

FÖRORD

Vattenavvisande fasadimpregnering togs upp som ett eget forskningsområde i verksamhetsplanen för fuktgruppen vid Lunds Tekniska Högskola under anslagsperioden 90/91 - 92/93. Projektet har hela tiden finansierats av SBUF och genomförts i samarbete med SKANSKA och PUKAB.

Projektet uppdelades i tre separata delar, nämligen

- sammanställning av grundläggande principer
- laboratorieprovningar
- fullskaleförsök

De grundläggande principerna redovisas i (Sandin, 1994). Två fullskaleförsök redovisas i (Sandin, 1993a och b). Inledande laboratorieprovningar redovisas i (Sandin, 1995). En omfattande studie av preparatens inträngningsdjup i olika material redovisas i (Krii, 1996). En detaljstudie av inverkan av sprickor redovisas i (Sandin, 1996).

I föreliggande rapport redovisas en studie av alkalikänsligheten hos vattenavvisande preparat.

Lund i december 1996

Kenneth Sandin

INNEHÅLL

FÖRORD	3
INNEHÅLL	5
SAMMANFATTNING	7
1 INLEDNING	9
2 ALLMÄNT OM ALKALIKÄNSLIGHET	11
3 TRADITIONELLA PROVNINGSMETODER	15
4 MODIFIERAD PROVNINGSMETOD	17
4.1 Allmänt	17
4.2 Material	17
4.2.1 Underlag	
4.2.2 Vattenavvisande preparat	
4.3 Underlagens härdning innan applicering	17
4.4 Fukttillstånd vid applicering	18
4.5 Applicering och härdning efter applicering	18
4.6 Littreering av prover	18
4.7 Provning	19
5 RESULTAT	21
6 DISKUSSION OCH SLUTSATSER	23
6.1 Allmänt	23
6.2 Diffusion genom den impregnerade zonen	24
6.3 Djupet på den vattenavvisande zonen	26
6.4 Inverkan av preparat	27
6.5 Inverkan av härdningsklimat och fukttillstånd	27
6.6 Begränsningar i utförd provning	27
7 DISKUSSION OM STANDARDPROVNING	29
REFERENSER	31
BILAGA	33

SAMMANFATTNING

Vattenavvisande fasadimpregneringar har många fördelar. Ett problem kan dock vara bristande alkalibeständighet. Om man till exempel behandlar ett murverk med alkaliska fogar finns risk för att behandlingen bryts ned på fogarna medan murstenarna blir vattenavvisande. Om detta sker kommer murverkets fuktbalans att försämrast kraftigt.

I aktuell undersökning har en ny provningsmetod utarbetats för att prova alkalikänsligheten hos vattenavvisande preparat. Metoden innebär i korthet att preparaten appliceras på bruksprover som härdat olika lång tid.

Av två provade preparat uppvisade det ena en mycket god alkalibeständighet. Preparatet hade god vattenavvisande effekt på prover som endast var 1 dygn gamla. Det andra preparatet hade däremot mycket dålig alkalibeständighet. Effekten av detta preparat var dålig även på prover som härdat 1 månad innan appliceringen.

Härtningsklimat och fukttillstånd vid appliceringen hade ingen signifikant inverkan på preparatens effekt.

Provningsmetoden föreslås bli en standardmetod efter vissa kompletterande undersökningar.

1 INLEDNING

Nedbrytning av vissa ytbehandlingar på grund av hög alkalitet är ett generellt problem. Det vanligaste exemplet torde vara oljefärg på färsk betong eller puts. Problemet kan lösas på två principiellt olika sätt. Antingen får man välja ytbehandlingar som tål den höga alkaliteten eller får man vänta tills alkaliteten sjunkit tillräckligt mycket. I praktiken gäller ofta ett mellanting. Man använder normalt ytbehandlingar som tål en relativt hög alkalitet, dock inte den extremt höga alkaliteten i färsk betong. Förutom att använda ytbehandlingar som tål hög alkalitet väntar man en viss tid innan applicering sker.

Vattenavvisande impregneringar är inget undantag från ovanstående. En speciell situation i detta avseende är till exempel omfogning av murverk med efterföljande impregnering. Murstenarna har låg alkalitet och medför inga problem med avseende på alkalipåverkan. Murfogarna kan däremot ha en hög alkalitet. Använder man i detta fall ett vattenavvisande preparat med dålig alkalibeständighet kan fogens vattenavvisande förmåga försvinna medan murstenen fortfarande är vattenavvisande. Detta medför i princip att vattenupptagningen vid slagregn är densamma som för en obehandlad fasad. Uttorkningsförmågan har dock reducerats väsentligt på grund av att murstenarnas yttersta skikt inte tillåter kapillärtransport fram till ytan. Resultatet av detta blir att impregneringen får motsatt verkan mot den avsedda, det vill säga murverket blir blötare efter impregneringen.

I praktiken råder en stor osäkerhet om hur länge man måste vänta innan man kan applicera en vattenavvisande impregnering på ett nymurat murverk eller på en ny puts. Ofta används en veckas väntetid som en tumregel. Med tanke på att olika preparat är olika känsliga för alkalipåverkan är denna tumregel alltför osäker som en generell regel.

För att studera effektiviteten hos en vattenavvisande impregnering som appliceras på underlag med olika alkalitet har en laboratorieundersökning genomförts med två olika preparat från samma leverantör. Det ena preparatet uppgavs vara "alkalibeständigt och kan appliceras 3-4 dagar efter murning". För det andra preparatet anges i den skriftliga produktinformationen ingenting om alkalibeständigheten. Enligt muntlig information från leverantören är dock alkalibeständigheten "dålig".

Syftet med laboratorieundersökningen var främst att

- Utveckla en enkel provningsmetod för att bestämma erforderlig härdningstid av ett färskt murbruk innan ett vattenavvisande preparat kan appliceras.
- Få en uppfattning om skillnaden mellan två extremt olika preparat.
- Studera inverkan av olika härdningsklimat innan applicering av det vattenavvisande preparatet.
- Studera inverkan av fuktillståndet vid appliceringen av det vattenavvisande preparatet.

2 ALLMÄNT OM ALKALIKÄNSLIGHET

Färskt puts- och murbruk har alltid en mycket hög alkalitet. Efterhand som bruket härdar sjunker alkaliteten. Viss alkalitet kommer dock alltid att återstå även i gamla bruk.

Alkaliteten hos murstenar varierar kraftigt. Cementbaserade murstenar kan ha en hög alkalitet medan tegel är neutralt.

I TABELL 2:1 redovisas storleksordningen på alkaliteten hos de vanligaste materialen i samband med murverk.

TABELL 2:1. Alkalitet hos vanliga murverksmaterial.

Material	Ålder	pH
Betong	färsk	12.5 - 14
Betong	gammal	9 - 10
KC-bruk	färskt	12 - 13
KC-bruk	gammalt	9 - 10
Kalksandsten		8 - 10
Lättbetong		8 - 9
Tegel		neutralt

Alkalikänsligheten hos olika vattenavvisande preparat varierar kraftigt. En del preparat har i praktiken visat sig ha en mycket dålig alkalibeständighet. Även tidigare laboratorieundersökningar har påvisat dålig alkalibeständighet hos vissa preparat (Rödder 1977, Roth 1982 och Wolter 1989). Några generella siffror på tillåten alkalitet eller erforderlig härdningstid hos murbruk innan preparaten kan appliceras redovisas i allmänhet inte. Weber (1980) redovisar dock några exempel på tillåten alkalitet för olika preparat. För en metylpolysiloxan anges att den är beständig upp till ett pH-värde 9 - 10. För en polysiloxan med längre alkylgrupp är motsvarande pH-värde 13 - 14.

Även egna undersökningar (Sandin, 1995) har visat på en dålig alkalibeständighet för vissa preparat som applicerats kort tid efter murning. För ett visst preparat krävdes en härdningstid på några veckor medan ett annat preparat kunde appliceras efter något dygn.

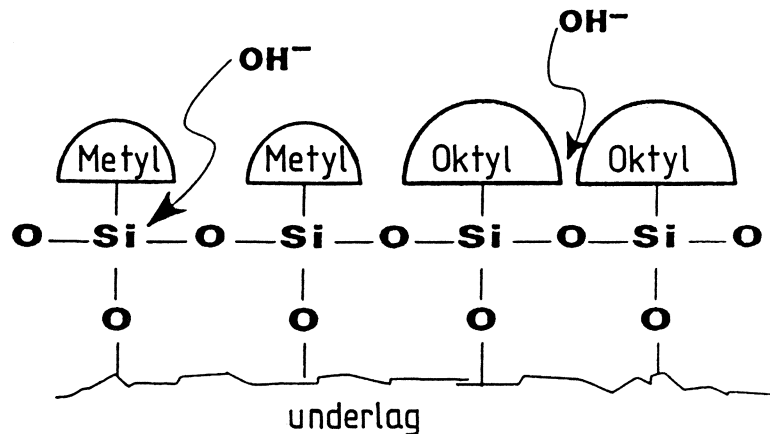
Broschyrer och annat informationsmaterial för olika vattenavvisande preparat ger i allmänhet dålig vägledning när det gäller alkalikänsligheten. Vid en genomgång av skriftligt informationsmaterial för ett 10-tal olika preparat fanns inga uppgifter om alkalibeständigheten för hälften av preparaten. För den andra hälften uppgavs att preparaten var "alkalibeständiga". Det senare kan förleda

användarna till att applicera på helt färska mur- eller putsbruk, vilket måste anses vara tveksamt av flera skäl. I endast ett fall uppgavs för ett "alkalibeständigt" preparat att bruk ska härda 3 - 4 dygn innan applicering får ske.

Förklaringen till varför olika preparat har olika alkalibeständighet varierar. I olika laboratorieundersökningar som redovisas i litteraturen kommer man till olika slutsatser. Enligt vissa undersökningar är silikontypen avgörande, silikonharts anses då ha dålig alkalibeständighet medan silan anses ha god alkalibeständighet. Enligt andra undersökningar är alkylgruppens längd avgörande. En kort alkylgrupp, till exempel metyl, anses ha dålig alkalibeständighet medan en lång alkylgrupp, till exempel oktyl, anses ha god beständighet.

Orsaken till att man kommer till olika slutsatser är troligen att man samtidigt varierar både silikontyp och alkylgrupp. Den idag dominerande uppfattningen är att det främst är alkylgruppens storlek som är avgörande.

En "kemisk" förklaring till den varierande alkalibeständigheten beskrivs av McGettigan (1992). Enligt denna förklaring är det hydroxidjonerna i porvattnet som angriper och bryter ner kisel-syrebindningarna mellan silan/siloxanmolekylerna och underlaget. Orsaken till att olika preparat har olika beständighet uppges främst vara alkylgruppens storlek och form. Stora alkylgrupper hindrar helt enkelt hydroxidjonerna från att nå kiselatomen. Situationen illustreras i FIGUR 2:1.



FIGUR 2:1. "Kemisk" förklaring till varierande alkalibeständighet. Stora alkylgrupper blockerar de känsliga kiselatomerna från hydroxidjonerna.

Enligt denna förklaring har preparat med raka metylalkylgrupper sämst alkalibeständighet. Bäst beständighet har preparat med förgrenade iso-oktyl eller iso-butylgrupper. Även raka n-oktyl och n-butylgrupper har god alkalibeständighet, även om den är något sämre än hos de förgrenade iso-grupperna.

McGettigans förklaring avser förhållandet då hydroxidjonerna tillförs i efterhand, det vill säga när preparaten har reagerat kemiskt och bundits till underlaget. Principerna torde dock vara desamma när ett preparat appliceras på ett underlag som från början innehåller mycket hydroxidjoner, till exempel färskt murbruk. Sannolikt går nedbrytningen snabbare i detta fall, eftersom kiselatomerna bör vara mer lättillgängliga för hydroxidjonerna innan bindningen till underlaget fullbordats.

3 TRADITIONELLA PROVNINGSMETODER

Vanligen använda provningsmetoder är av jämförande karaktär. Detta innebär att man inte får några generella siffror och att man endast kan jämföra olika preparat kvalitativt. För kvalitetskontroll och liknande är sådana metoder normalt tillfredsställande. För att bedöma användbarheten av en viss produkt i en viss situation är däremot sådana metoder inte användbara.

De traditionella metoderna utnyttjar två principiellt olika underlagsvarianter:

1. Vålhardad torr betong/murbruk eller mursten
2. Färsk betong/murbruk (en natts härdning).

Provningsen görs sedan under ett antal olika betingelser. En av de största tillverkarna (Wacker) använder följande tre olika betingelser:

Metod A

1. De impregnerade proverna lagras 8 dygn i rumsklimat.
2. Proverna lagras härefter i vatten i 2 dygn.
3. Proverna lagras härefter i luft i 8 dygn.
4. Proverna lagras härefter i vatten i 8 dygn.

Metod B

1. De impregnerade proverna lagras 8 dygn i rumsklimat.
2. Proverna lagras härefter i 0.1n KOH (0.56%) i 2 dygn.
3. Proverna lagras härefter i luft i 8 dygn.
4. Proverna lagras härefter i vatten i 8 dygn.

Metod C

1. De impregnerade proverna lagras 8 dygn i rumsklimat.
2. Proverna lagras härefter i 10%-ig KOH i 2 - 4 veckor.

Mot denna provningsmetod finns flera invändningar. När det gäller underlagen använder man endast två extrema provkroppsv varianter. Antingen har man helt torra och vålhärdade prover eller blöta och helt färska. När det gäller provningens genomförande får vissa prover genomgå härdning innan de utsätts för alkalipåverkan medan andra utsätts för alkali direkt. Det finns ingen gradvis förändring av betingelserna.

Provningsmetoderna kan medföra flera missstolkningar av resultaten. På ett helt torrt underlag kan till exempel avdunstning av preparatet medföra tveksamheter. På färska prover kan å andra sidan en nedbrytning ske direkt. Denna nedbrytning är omöjlig att särskilja från nedbrytning av alkalipåverkan i efterhand.

Provningsmetoderna medger att olika preparat kan jämföras kvalitativt. En översättning till praktiska betingelser är dock omöjlig. Enligt tidigare avsnitt kan metoderna även förorsaka tolkningssvårigheter vid utvärderingen.

4 MODIFIERAD PROVNINGSMETOD

4.1 Allmänt

Enligt föregående avsnitt finns vissa invändningar mot de traditionella provningsmetoderna. Detta gäller främst översättningen till praktiska förhållanden. I fasadsammanhang är den allt överskuggande frågan: "Hur länge måste man vänta efter murning eller putsning innan man kan applicera ett vattenavvisande preparat?"

Vid utvecklingen av den modifierade provningsmetoden har denna fråga varit central. Den modifierade metoden innebär i korthet att provkroppens ålder, härdningsklimat och fukttillstånd vid appliceringen av preparatet varieras systematiskt.

För att begränsa antalet provkroppar och variabler har endast ett underlag och två olika preparat använts.

Den modifierade provningsmetoden beskrivs i detalj i det följande.

4.2 Material

4.2.1 Underlag

För att minimera antalet variabler valdes endast ett enda underlag, standardbruket KC 50/50/650. Petriskålar med invändig höjd 13 mm och diameter 87 mm fylldes med bruk och skakades för komprimering. Efter några minuter drogs ytan av med rätkäpp.

Direkt efter tillverkningen placerades proverna i klimatrum med temperaturen +20°C och relativ fuktighet 60 respektive 90%.

4.2.2 Vattenavvisande preparat

För att studera så extrema preparat som möjligt valdes ett preparat som uppges ha "god alkalibeständighet" och ett preparat som enligt muntlig uppgift från leverantören "inte ska användas på alkaliska underlag". Båda preparaten har samma tillverkare.

Preparatet med "god alkalibeständighet" är en lacknaftabaserad blandning av silan och siloxan med okänd alkylgrupp. Preparatet med "dålig alkalibeständighet" är en vattenbaserad silikonat med okänd alkylgrupp. Båda produkterna levereras användningsfärdiga.

4.3 Underlagens härdning innan applicering

Ett av huvudsyftena med provningen var att studera inverkan av underlagets "härdningsgrad". Olika "härdningsgrad" skapades genom att dels härda pro-

verna i två olika klimat innan appliceringen och dels att applicera efter olika härdningstid.

Härdningsklimaten innan appliceringen valdes så att relativt vanliga praktiska förhållanden efterliknades, nämligen 60 respektive 90% RF och +20°C.

Härdningstiden innan appliceringen valdes så att "rimliga ytterligheter" skulle inkluderas. Härdningstiderna var 10 tim, 1 dygn, 2 dygn, 3 dygn, 4 dygn, 5 dygn, 8 dygn, 15 dygn och 30 dygn.

4.4 Fukttillstånd vid applicering

För att studera inverkan av ett plötsligt slagregn innan appliceringen användes underlag med tre olika "fukttillstånd". Förutom grundvarianten utan något fukttillskott utsattes vissa underlag för fukttillskott 1 timma respektive 1 dygn innan appliceringen.

Fukttillförseln skedde genom att pensla proverna med vatten så att de "nästan blev vattenmättade". De prover som fick sitt fukttillskott 1 timma innan appliceringen fick under tiden mellan fukttillförsel och applicering stå fritt och torka i respektive klimat. De prover som uppfuktades 1 dygn innan appliceringen lagrades i plastpåsar under 23 timmar varefter de fick stå fritt och torka under 1 timma innan appliceringen.

Några exakta fukttillstånd har inte mätts.

4.5 Applicering och härdning efter applicering

De vattenavvisande preparaten applicerades medelst "flödlig pensling" i respektive klimatrums. Med "flödlig" avses att ytan penslades så länge att den förblev "blöt" under cirka 10 sekunder.

Efter appliceringen fick provkropparna stå fritt i klimatrumsen fram till provning. Detta innebär i tid att proverna lagrades 3 - 5 månader mellan applicering och provning.

4.6 Litrering av prover

Alla prover har littererats med koden

X:A:Y:Z

där X = härdningsklimat, 60 eller 90% RF och 20°C

A = preparat, S uppges ha dålig och H god alkalibeständighet

Y = härdningstid innan applicering

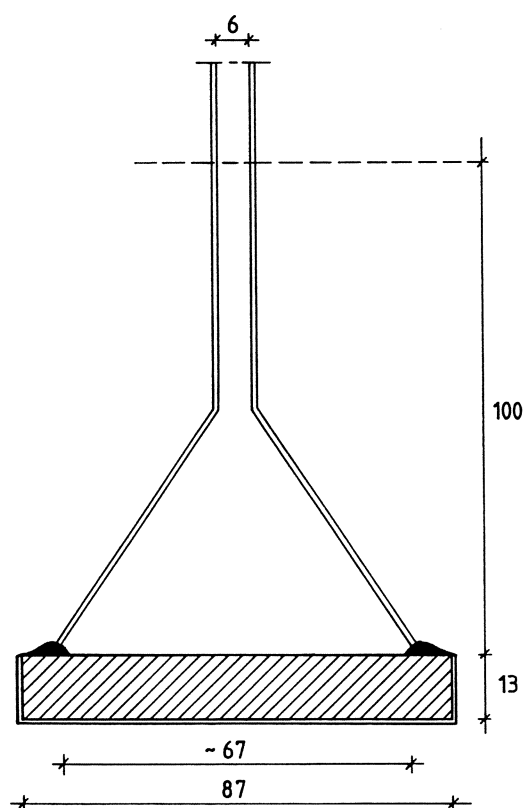
Z = tid mellan extra vattentillskott och applicering

4.7 Provning

Grundprincipen för provningen var att mäta vattenupptagningen som funktion av tiden när den behandlade ytan utsattes för ett vattenövertryck på 100 mm vattenpelare (cirka 1000 Pa).

Proverna togs direkt från respektive klimatrum. En glastratt med öppningsdiametern 73 mm monterades med fogmassa på den behandlade ytan enligt FIGUR 4:1. När fogmassan härdat (efter ett dygn) fylldes tratten snabbt (mindre än 30 sekunder) med vatten till 100 mm höjd. Omedelbart efter vattenpåfyllningen vägdes proverna. Efterhand som vattennivån sjönk påfylldes tratten med åtföljande vägning. Tidsintervallen mellan påfyllningarna valdes med utgångspunkt från den uppsugna vattenmängden. Normalt påfylldes vatten när nivån sjunkit 10 mm eller mindre. I vissa fall sjönk dock vattennivån mer (upp till 20 mm) mellan påfyllningarna. Detta saknar dock betydelse för aktuella mätningar.

Flödet in i provkropparna är inte helt 1-dimensionellt. Relativt stora randeffekter kan finnas. Den aktuella provningen skall enbart ses som en jämförande provning och därför saknar dessa randeffekter betydelse och har inte beaktats vid utvärderingen. Skall metoden utvecklas till en "standardmetod" bör däremot randeffekterna minimeras.



FIGUR 4:1. Försöksarrangemang.

5 RESULTAT

Samtliga resultat redovisas i BILAGA i form av diagram där den absorberade vattenmängden (kg/m^2) anges som funktion av tiden.

Efter provningen uppmättes även hur djupt in i proven det fanns någon vattenavvisande effekt. Härvid delades proverna i 1/4-delar och brottytorna doppades i vatten. Den icke vattenavvisande delen blir härvid blöt och mörk. Den vattenavvisande zonen förblir däremot torr och ljus. Det i BILAGA angivna djupet på den vattenavvisande zonen varierade i vissa fall kraftigt. Vidare kan det förekomma ännu större variationer i de delar av proverna som inte analyserades.

I många fall uppträdde en våt fläck på undersidan relativt tidigt under provningen. Detta indikerar att det kan finnas lokala partier där det inte finns någon vattenavvisande effekt. Detta framkom även vid undersökningen av djupet på den vattenavvisande zonen. Ett djup på 0 -1 mm visar till exempel att på vissa delar var den vattenavvisande effekten obefintlig även om ytan uppvisade en vattenavvisande effekt.

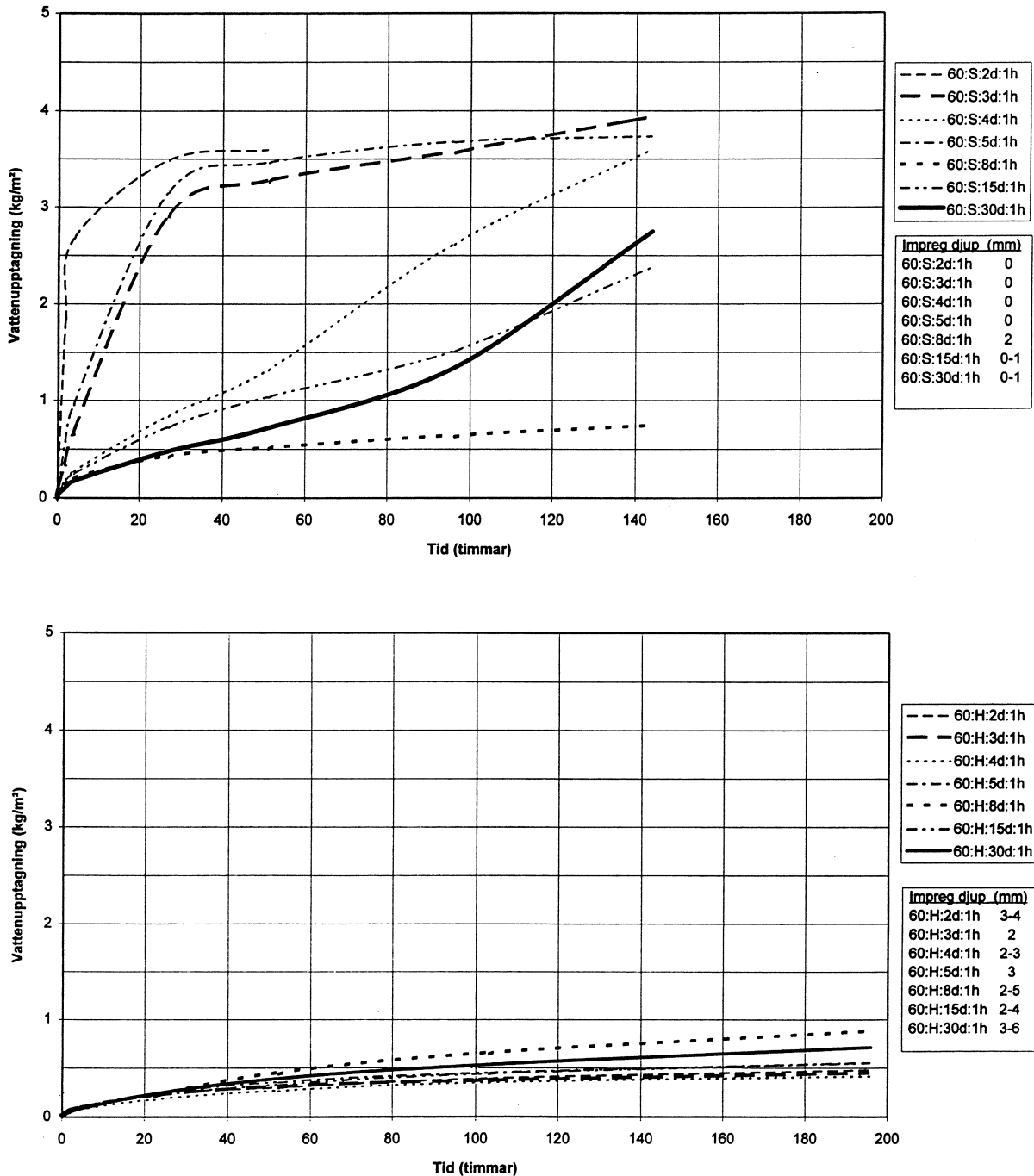
Som framgår av resultaten finns en väsentlig skillnad mellan de två preparaten. Preparatet H applicerat på mer än ett dygn gamla prover har alltid fungerat bra. Preparatet S har däremot i vissa fall inte ens fungerat på välhärdade (30 dygn) prover.

Resultaten diskuteras i nästa kapitel. Det ska dock redan här påpekas att all fuktupptagning inte beror på kapillärsugning. En viss del beror på ren diffusion genom den vattenavvisande zonen. Storleken på denna diffusion är ungefär densamma som den uppmätta fuktupptagningen i alla H-prover utom i proven som applicerades efter 10 timmars härdningstid.

6 DISKUSSION OCH SLUTSATSER

6.1 Allmänt

För att underlätta diskussionen i det följande hänvisas främst till de två resultatdiagrammen i FIGUR 6:1. Dessa diagram kan i många avseenden anses vara generella för de två preparaten S och H.



FIGUR 6:1. Exempel på resultat. Diagrammen är i många avseenden generella för de två preparaten.

Vid bedömningen av resultaten ska man vara medveten om att endast en provkropp använts för varje kurva i diagrammen. Enstaka avvikande kurvor måste därför accepteras och någon direkt orsak till avvikelsen har inte analyserats.

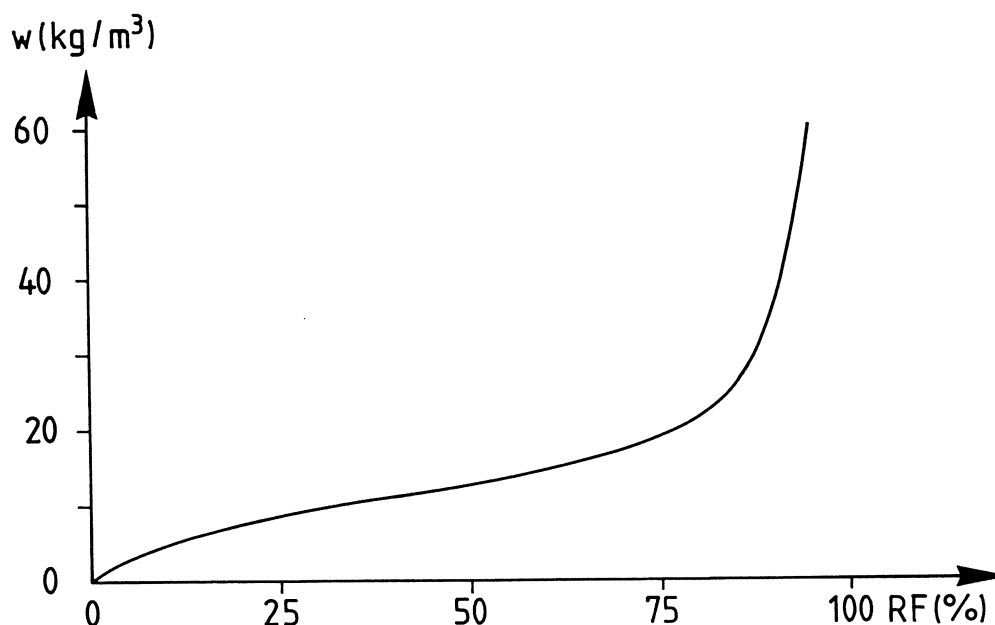
Vidare har de verkliga fukttillstånden vid appliceringen och de applicerade mängderna inte mätts. Smärre variationer kan alltså ha förekommit. Stor uppmärksamhet har dock lagts vid att alla prover skall vara "verklighetsanknutna". Fukttillståndet vid appliceringen är antingen "naturligt" eller "förhöjt". Den applicerade mängden preparat kan anses motsvara den i verkligheten använda "rikliga applicering".

På grund av ovanstående "osäkerheter" ska enstaka kurvor inte jämföras. Tack vare det stora antalet prover kan dock generella jämförelser göras.

6.2 Diffusion genom den impregnerade zonen

Som nämnts tidigare sker det ett visst fuktutbyte i proverna även om den yttre delen av provet är helt vattenavvisande. Detta är helt naturligt eftersom den vattenavvisande impregneringen inte medför att ytan blir "tät" utan fortfarande tillåter vattenånga att transporteras genom materialet. I grunden är detta en förutsättning för hela filosofin med vattenavvisande impregneringar.

Med känd ånggenomsläpplighet och jämviktsfuktkurva kan fuktupptagningen på grund av diffusion lätt beräknas. I det följande beräkningarna antas ånggenomsläppligheten till $\delta = 2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ och jämviktsfuktkurvan enligt FIGUR 6:2.



FIGUR 6:2. Jämviktsfuktkurva för underlagen.

Beräkningarna görs stegvis i RF-intervallen

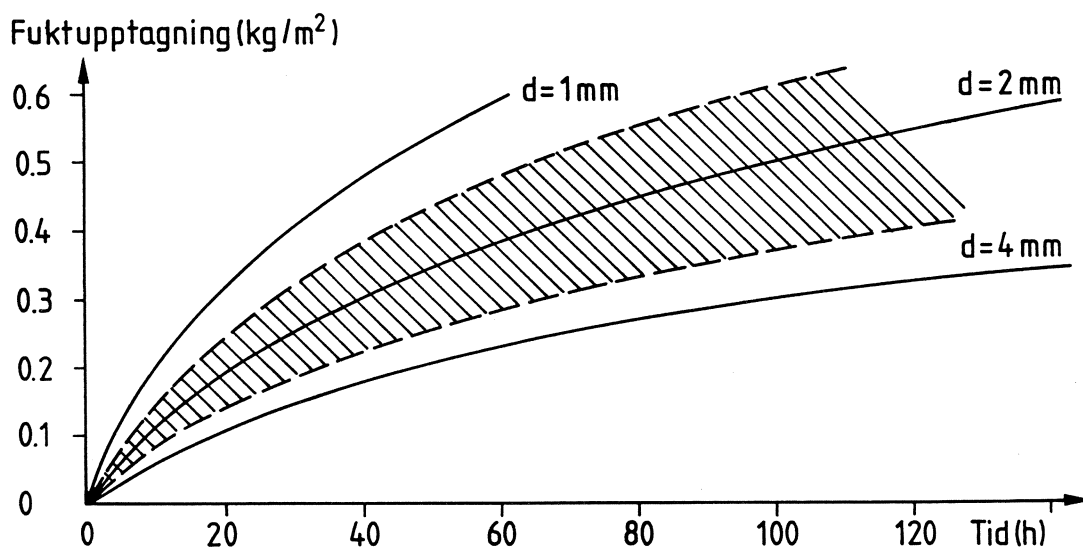
60 → 80%

80 → 90%

90 → 95%

95 → 98%

Under varje beräkningssteg används ett medelvärde av ovanstående RF-nivåer för att beräkna tiden för att öka fuktillståndet från $G(\text{RF1})$ till $G(\text{RF2})$. Genom successiva summeringar erhålls ett samband mellan upptagen vattenmängd och tid enligt FIGUR 6:3. Beräkningarna har gjorts med förutsättningarna att djupet på den vattenavvisande zonen är 1, 2 och 4 mm. I figuren är även kurvskaran enligt H-proverna i FIGUR 6:1 inritad.



FIGUR 6:3. Beräknad fuktupptagning på grund av diffusion vid olika impregneringsdjup (heldragna linjer) och mätt fuktupptagning hos H-prover enligt FIGUR 6:1 (streckat).

Som synes är överensstämmelsen mellan de beräknade värdena och de uppmätta värdena för H-proverna mycket god. Det råder ingen tvekan om att den begränsade fuktupptagningen i H-proverna beror på renodlad diffusion genom den vattenavvisande zonen närmast ytan. Motsvarande fuktupptagning ska egentligen subtraheras från samtliga uppmätta kurvor om enbart den vattenavvisande effekten hos impregneringarna ska studeras.

När impregneringsdjupet är mindre än 1 mm är blir en beräkning enligt ovan tveksam, eftersom lokala vattengenomslag kan ge väsentligt större inverkan än den renodlade diffusionen. Betraktar man till exempel S-kurvan vid 15 och 30 dygn så verkar den renodlade diffusionen dominera i början, upp till 80 timmar. Härefter sker någon form av vattengenomslag och andra mekanismer tar över.

Det enda prov med S-preparat som överensstämmer med H-proverna är "8-dygnsprovet". Detta är också det enda preparat som har ett någorlunda djup på den vattenavvisande zonen (2 mm).

6.3 Djupet på den vattenavvisande zonen

Djupet på den vattenavvisande zonen varierade mycket kraftigt, från 0 till 7 mm. S-preparatet har generellt väsentligt mindre djup på den vattenavvisande zonen än H-preparatet. För S-preparatet är djupet 0 - 2 mm medan för H-preparatet djupet i allmänhet är 2 - 4 mm.

Den applicerade mängden bedömdes i samtliga fall vara av samma storleksordning och eventuella variationer i applicerad mängd kan inte förklara den stora skillnaden i djupet på den vattenavvisande zonen. Den enda rimliga förklaringen är att det skett en nedbrytning av preparatet när zondjupet är i storleksordningen 0 - 1 mm. Vid små djup på den vattenavvisande zonen konstaterades att efter någon minuts vattenbelastning blev även de delar som från början var vattenavvisande blöta. Detta tyder på att den vattenavvisande impregneringen har dålig effektivitet. Den kan möjligen klara en kortvarig vattenbelastning, men efter någon minut släpper den igenom vattnet.

Med utgångspunkt från ovanstående kan konstateras att S-preparatet i allmänhet blivit kraftigt nedbrutet och förlorat sin vattenavvisande effekt. Detta stämmer väl med den uppmätta fuktupptagningen.

De flesta S-proverna, även en del som var 15 - 30 dygn vid appliceringen, uppvisar en stor vattenupptagning. I FIGUR 6:1 är endast 60:S:8d:1h acceptabel av S-proverna. Av H-proverna uppvisar däremot endast provet som applicerats efter 10 timmar en kraftig vattenupptagning.

På många av S-proverna var "den effektivt vattenavvisande zonen" endast någon tiondels millimeter. I sådana fall kan mycket väl "slumpen" avgöra om det sker något vattengenomslag. Dels kan det finnas partier med obefintlig vattenavvisande effekt och dels kan det finnas defekter som är djupare än den "effektiva zonen".

Sammanfattningsvis kan man konstatera att om den "effektiva zonen" ligger i intervallet 0 - 1 mm sker i allmänhet en avsevärd vatteninträngning. Vid djup större än 2 mm är risken för vatteninträngning i stort sett obefintlig. Det måste här betonas att "den vattenavvisande zonen" kan vara mer eller mindre effektiv. I vissa fall har prover uppvisat obetydlig vattenupptagning de första dyggen för att sedan plötsligt börja absorbera vatten. Detta kan bero på någon form av nedbrytning vid de höga fukttillstånd som råder. En annan möjlighet är att kapillärtransporten börjar först när fukttillståndet blivit tillräckligt högt.

Även om ytan vid en snabb vattenbegjutning förefaller vara vattenavvisande kan vatten mycket väl sugas in vid långvarig fuktbelastning.

6.4 Inverkan av preparat

Generellt har alla H-prover en mycket god vattenavvisande effekt om underlagen härdat under minst 1 dygn. Med hänsyn till att härdningsbetingelserna i praktiken kan vara sämre än de som använts vid provningarna bör en säkerhetsmarginal användas i praktiken. 2 dygns härdning torde dock vara tillräcklig för normala situationer.

S-proverna har generellt en mycket dålig effektivitet. Även på prover som fått härda 30 dygn kan effekten vara mycket tveksam. Proverna uppvisar dock stor spridning som är omöjlig att förklara. Prover som applicerats inom en veckas härdning har obetydlig vattenavvisande effekt, nedbrytningen torde vara nästan total. S-preparatet måste anses vara helt olämpligt att använda i samband med puts- och murbruk.

6.5 Inverkan av härdningsklimat och fuktillstånd

De olika härdningsklimaten innan applicering har ingen signifikant inverkan på den vattenavvisande effekten. En härdning i ännu fuktigare eller torrare miljö kan dock mycket väl ha betydelse. Sådana miljöer kan nämligen medföra att karbonatiseringen helt avstannar.

Fuktillståndet vid appliceringen har ingen betydelse för H-preparatet. För S-preparatet kan en viss inverkan skönjas. Spridningen och "osäkerheten" tycks öka vid applicering på fuktiga underlag. Något generellt samband finns dock inte. Möjligen kan detta bero på att fuktillstånden inte är exakt desamma i alla prover.

6.6 Begränsningar i utförd provning

Syftet med aktuell provning var i huvudsak att utarbeta riktlinjer för en ny provningsmetod med avseende på alkalikänsligheten och studera inverkan av väsentliga praktiska faktorer. För att hålla arbetsinsatsen på en rimlig nivå valdes att avstå från vissa mätningar. Detta gäller främst karbonatisering och exakt fuktinnehåll vid appliceringen samt mängden preparat som applicerades. Vidare användes endast en provkropp av varje sort.

Vid utvärderingen är det främst ovissheten om den applicerade mängden preparat som skapar en viss osäkerhet. I efterhand är det lätt att konstatera denna brist. Man kan samtidigt konstatera att merarbetet med att bestämma denna mängd hade varit försumbart i sammanhanget.

Vid en eventuell vidareutveckling av metoden bör ovanstående beaktas samtidigt som andra variabler kan begränsas, till exempel härdningsklimat och fuktillstånd vid appliceringen.

7 DISKUSSION OM STANDARDPROVNING

Allmänt

En provningsmetod för standardprovning av många preparat måste vara så enkel och snabb som möjligt för att minimera kostnaden. Den använda metoden är en god grund för att utarbeta en standardmetod, till exempel i form av en Nordtestmetod. Denna standardmetod kan med fördel inkludera flera parametrar än alkalikänslighet, till exempel inträngningsdjup vid olika fukttillstånd.

Principiell provningsmetod

Principiellt kan provningsmetoden vara identisk med den i denna undersökning använda metoden.

Applicering av preparaten

Applicering ska ske enligt tillverkarnas anvisningar. Den applicerade mängden ska anges.

Underlag

Ett underlag torde vara tillräckligt vid en generell provning. Med hänsyn till att olika cementsorter kan ge olika resultat måste denna specificeras. I aktuell provning har ett fabriksblandat torrbruk KC 50/50/650 använts. Ett bättre alternativ kan vara ett bruk av KC 35/65/550 med ett högalkaliskt cement.

Vid varje tidpunkt bör mätning göras på 3 provkroppar.

Härdningsklimat innan applicering

I aktuell provning har härdning skett i 60 och 90% RF och 20°C. I en standardprovning torde det vara tillräckligt med ett klimat, till exempel 90% RF och 20°C.

Härdningstid innan applicering

Antalet tider kan reduceras jämfört med tiderna i nu genomförd provning. Ett rimligt val av tider är 1, 3, 7, 14 och 30 dygn.

Fukttillstånd vid applicering

För att begränsa antalet provkroppar måste denna variabel begränsas kraftigt. Förslagsvis sker appliceringen efter 1 dygn utan fukttillskott medan applicering vid andra tider sker efter ett väldefinierat fukttillskott 1 timma innan applice-

ring. Detta fukttillskott skall definieras i detalj. Förslagsvis skall så mycket vatten tillföras att det motsvarar 70% av kapillärmättnad.

Övrigt

För att få "referensvärden" bör provning även göras på ett väldefinierat material som inte är alkaliskt, till exempel tegel.

Kommentarer

Ovanstående innebär att en provningsomgång omfattar 15 provkroppar, vilket är en rimlig storleksordning.

En ytterligare specifikation av provningsmetoden samt fastställande av "krav" görs lämpligen efter en identisk provning vid olika laboratorier, till exempel i form av ett Nordtest-projekt.

REFERENSER

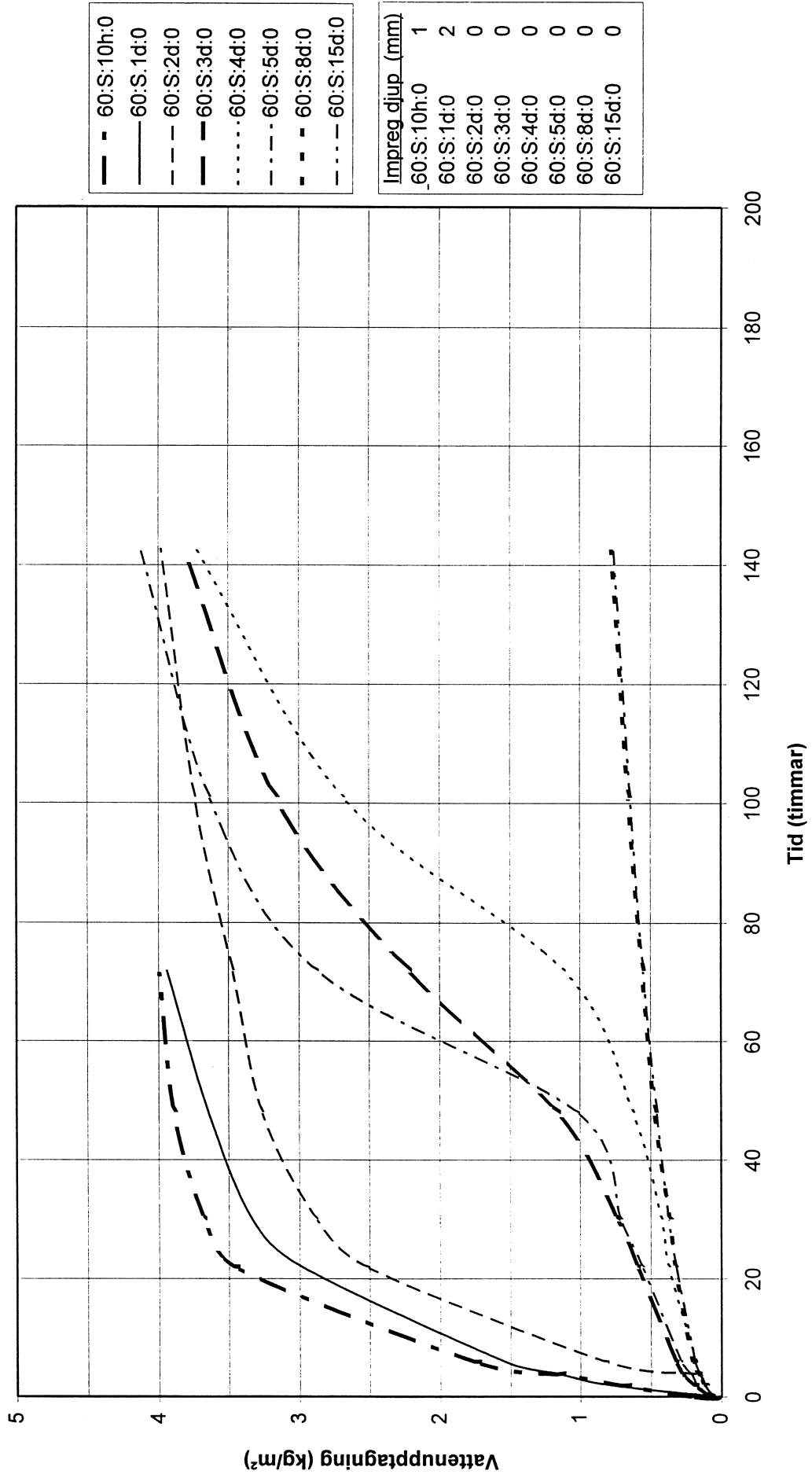
- Krii, S, 1996, *Vattenavvisande fasadimpregnering - inträngningsdjup i tegelsten, kalksandsten och murbruk*. Byggnadsmaterial, Lunds Tekniska Högskola. Rapport TVBM-5031. Lund.
- McGettigan, E, 1992, *Silicon-Based Weatherproofing Materials*. Concrete International, Vol 14, Nr 6.
- Roth, M, 1982, *Wie lange sind Siliconimprägnierungen haltbar?* Das Deutsche Malerblatt 10/1982.
- Rödder, K-M, 1977, *Bautenschutz durch hydrophobierende Imprägnierung mit Silanen*. Chemische Rundschau 22/77.
- Sandin, K, 1993a, *Vattenavvisande fasadimpregnering - Fullskaleförsök i Harphult*. Byggnadsmaterial, Lunds Tekniska Högskola. Rapport TVBM-7052. Lund
- Sandin, K, 1993b, *Vattenavvisande fasadimpregnering - Fullskaleförsök i Lerberget*. Byggnadsmaterial, Lunds Tekniska Högskola. Rapport TVBM-7053. Lund.
- Sandin, K, 1994, *Vattenavvisande fasadimpregnering*. Byggeforskningsrådet. T15:1994. Stockholm.
- Sandin, K, 1995, *Vattenavvisande fasadimpregnering - Laboratorieundersökningar 1992-94*. Byggnadsmaterial, Lunds Tekniska Högskola. Rapport TVBM-3065. Lund.
- Sandin, K, 1996, *Vattenavvisande fasadimpregnering - Inverkan av sprickor*. Byggnadsmaterial, Lunds Tekniska Högskola. Rapport TVBM-3073. Lund.
- Weber, H, 1980, *Fassadenschutz*. Expert-Verlag GmbH. Grafenau.
- Wolter, H, 1989, *Eigenschaften und Anwendungsgebiete von siliciumorganischen Verbindungen bei der Hydrophobierung und verfestigung von mineralischen Baustoffen*. Bautenschutz und Bausanierung Nr 1-1989. Rudolf Müller. Köln.

BILAGA

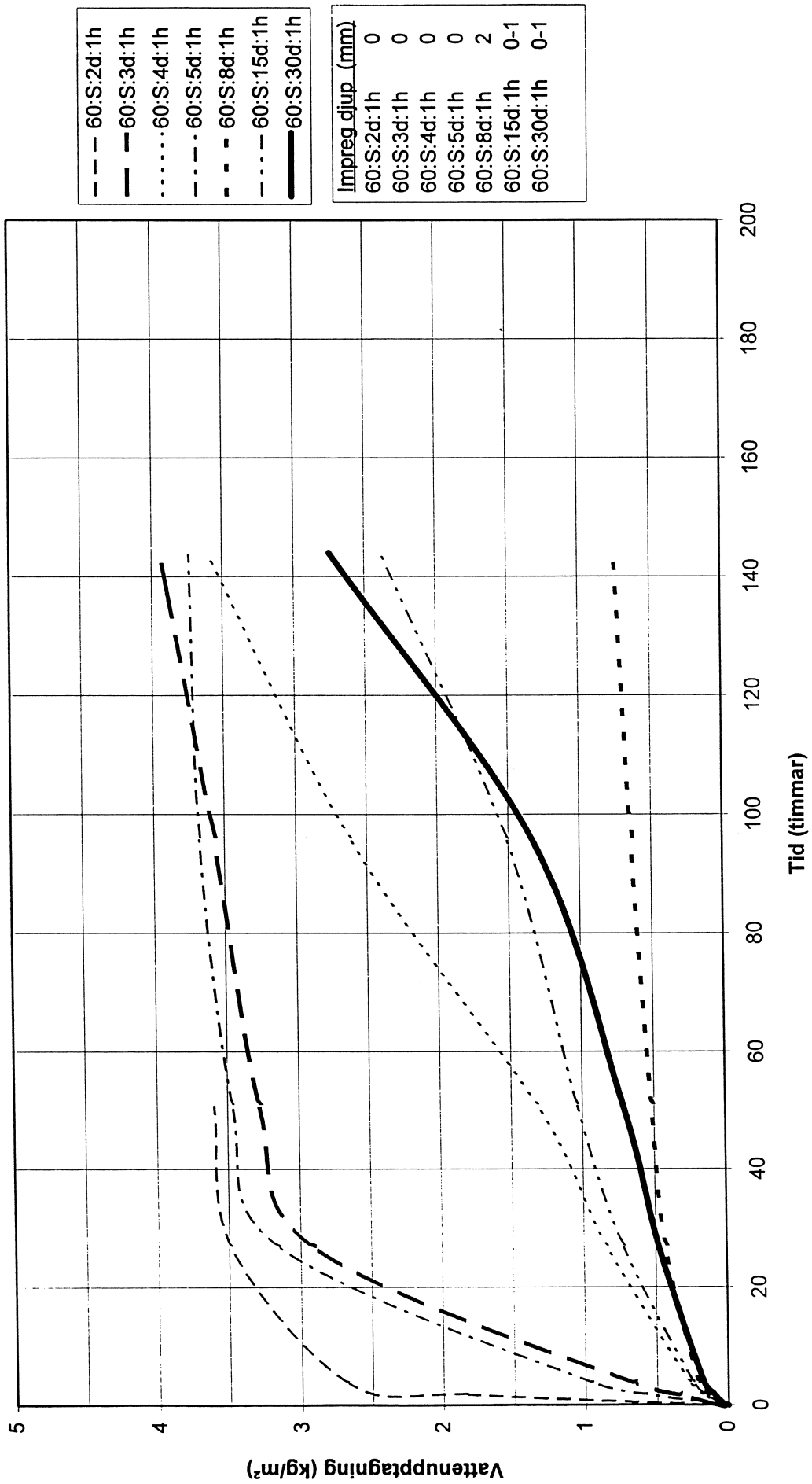
I denna bilaga redovisas samtliga resultat på vattenupptagning och djup på den vattenavvisande zonen. Litrering av prover enligt avsnitt 4.6.

Varje kurva baserar sig på en enda provkropp. Enstaka kurvor som avviker från mönstret förekommer. Orsaken till dessa avvikelser har inte analyserats.

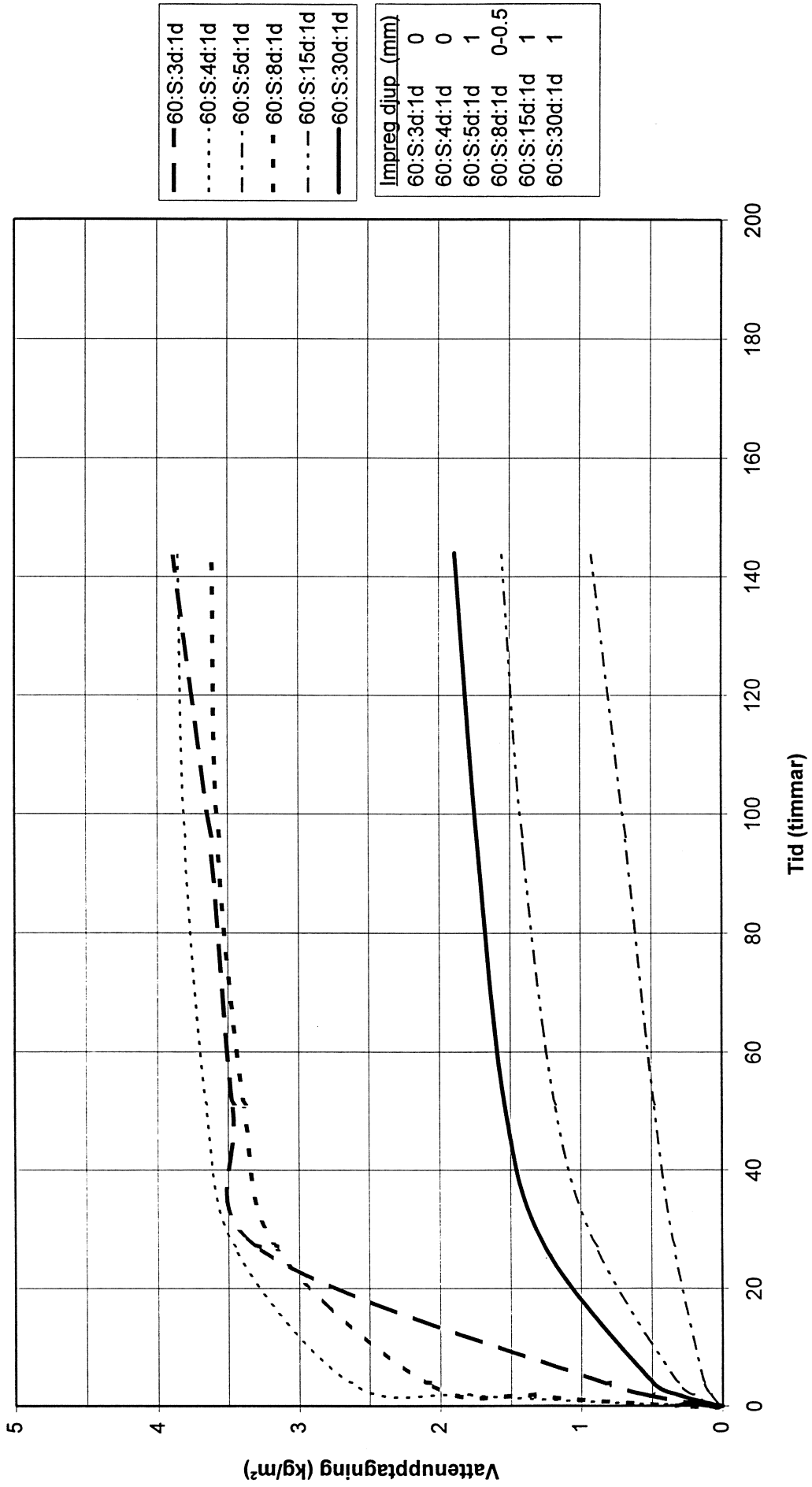
TRATTFÖRSÖK



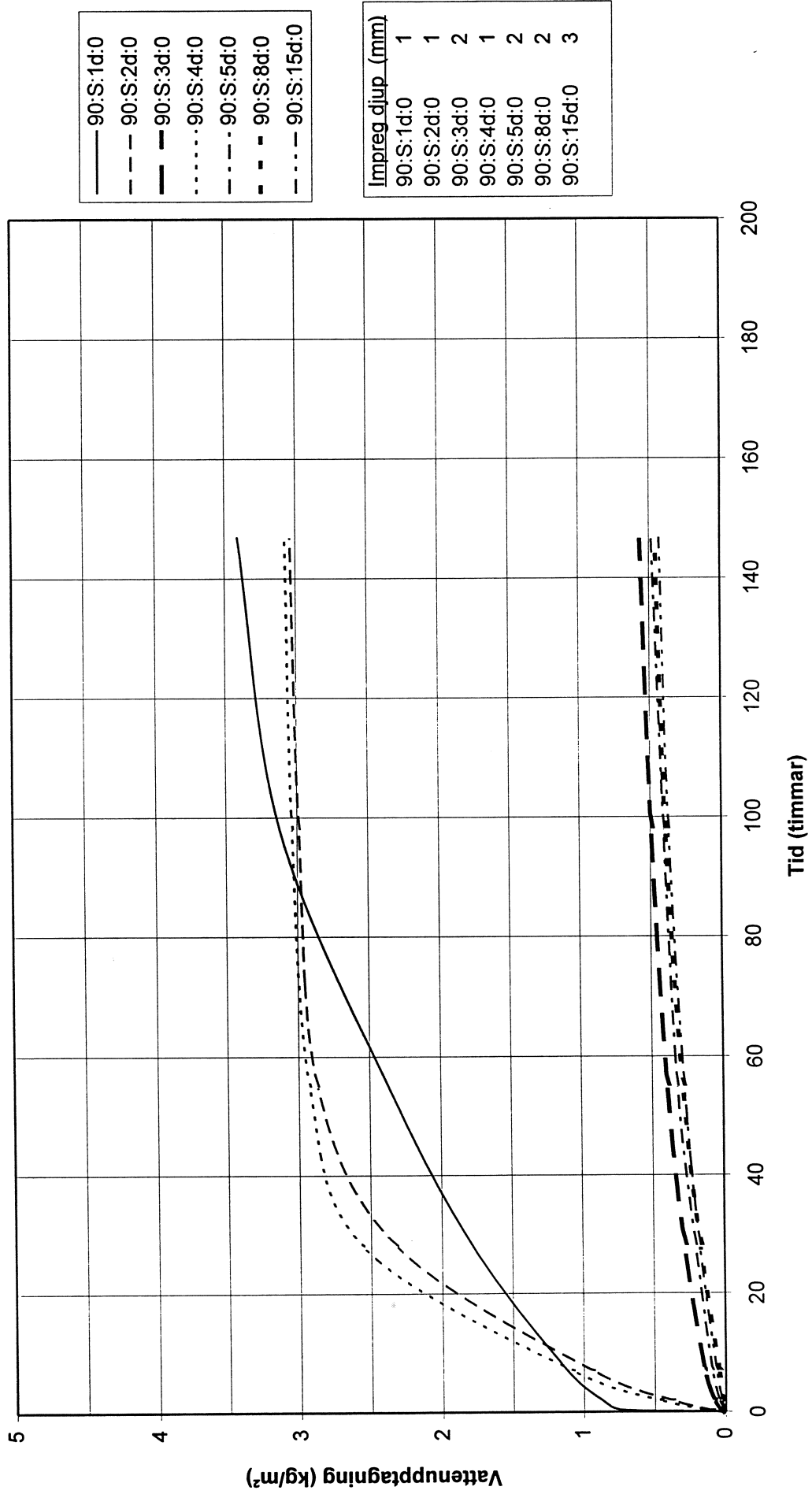
TRATTFÖRSÖK



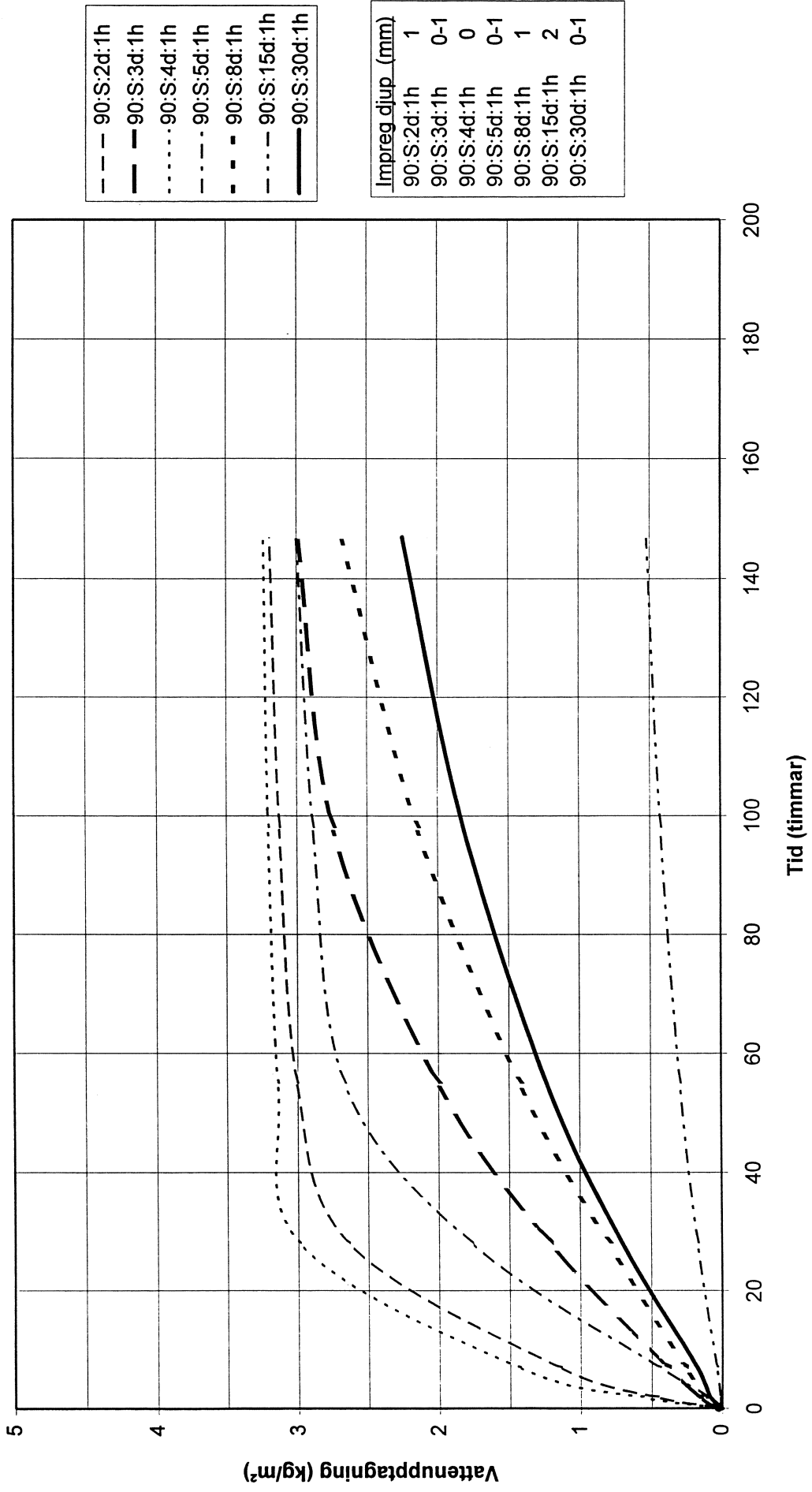
TRATTFÖRSÖK



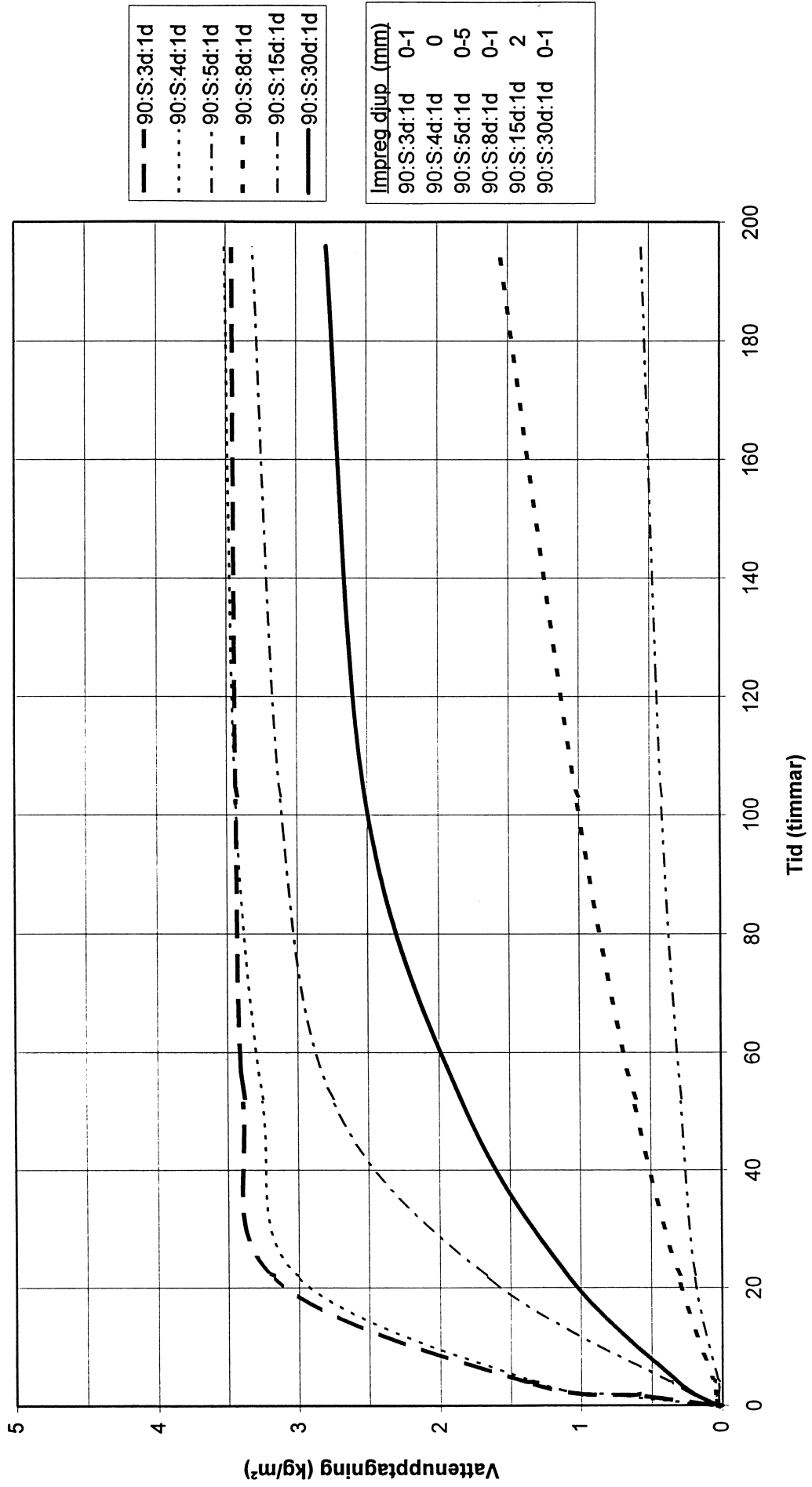
TRATTFÖRSÖK



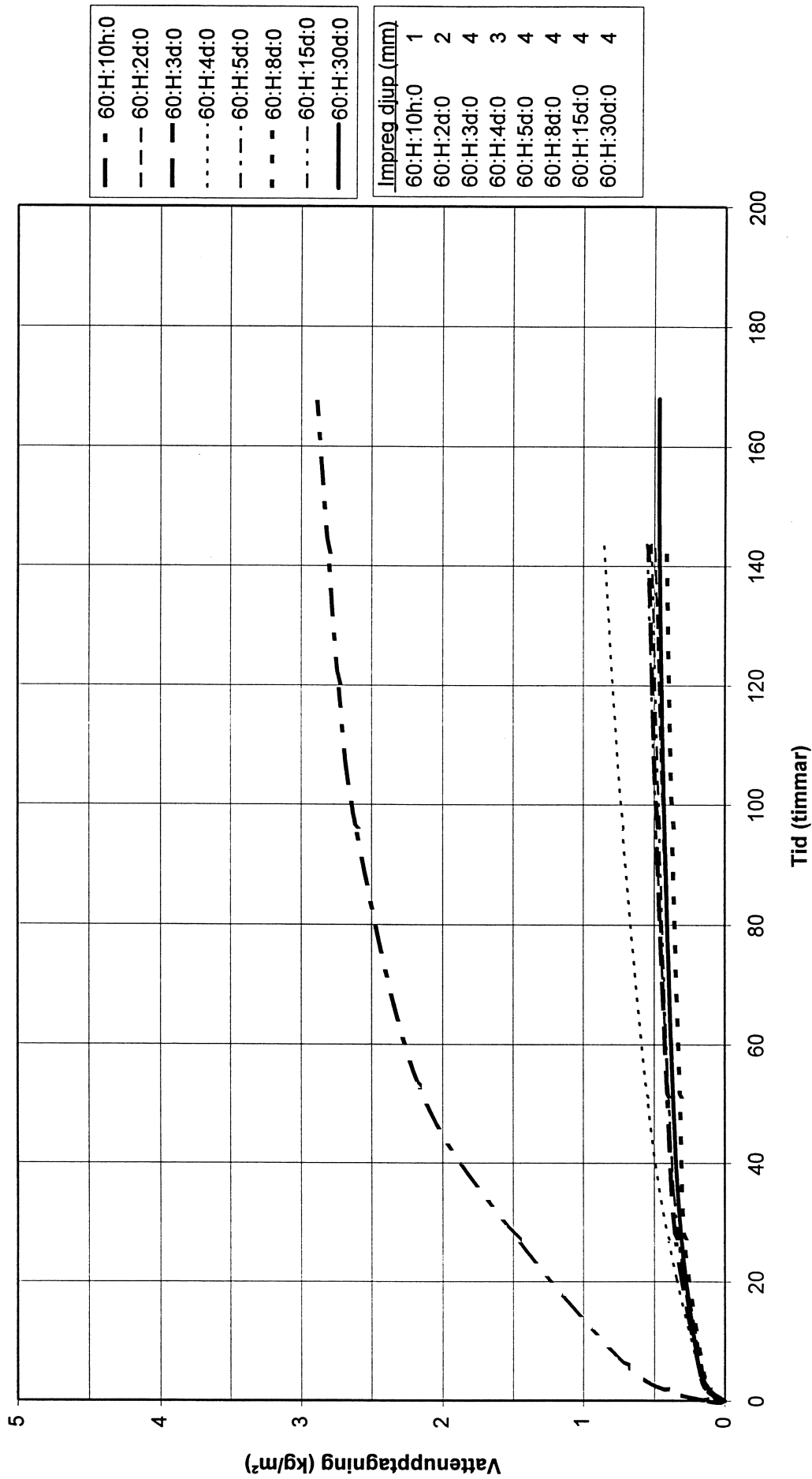
TRATTFÖRSÖK



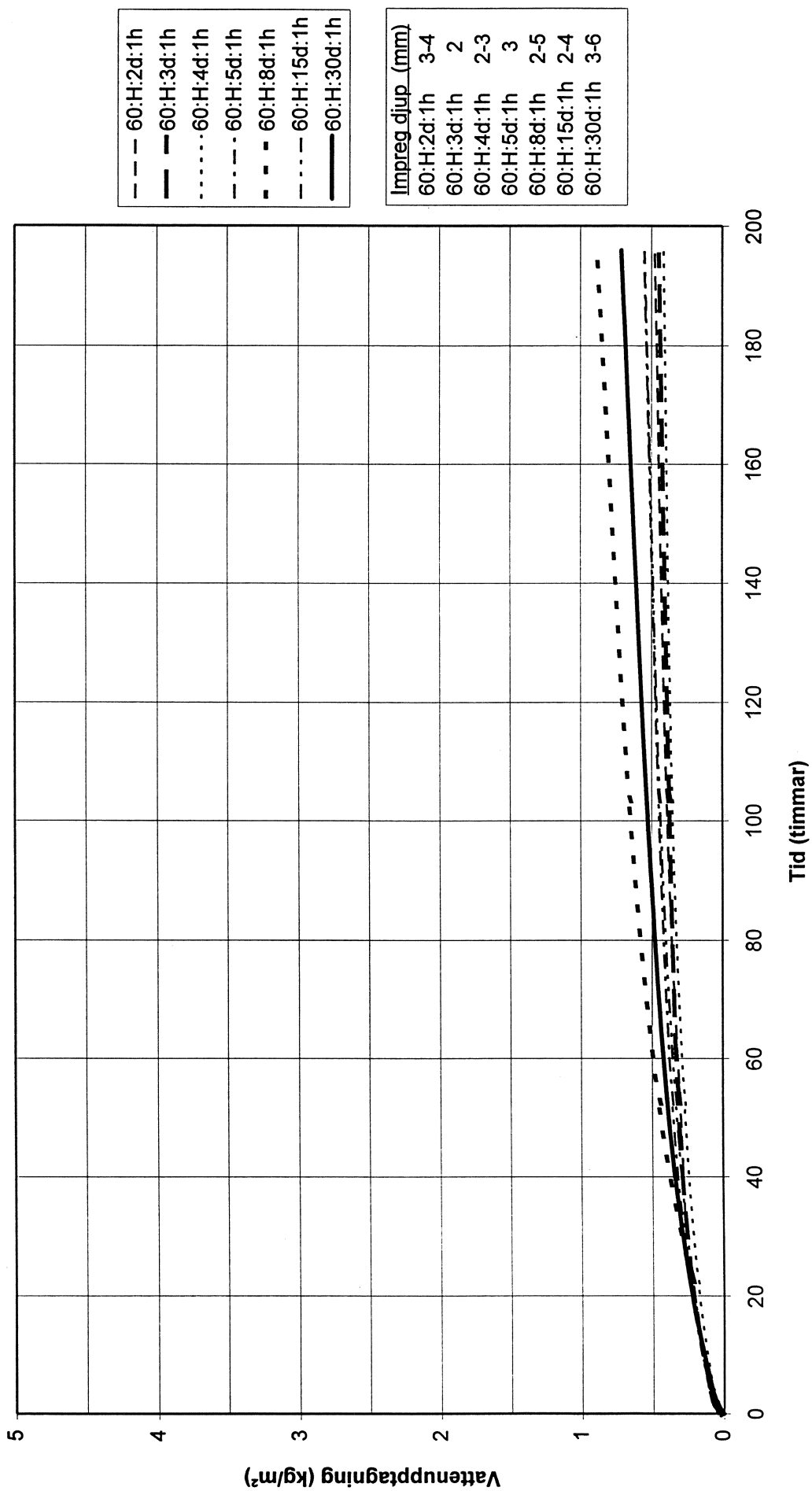
TRATTFÖRSÖK



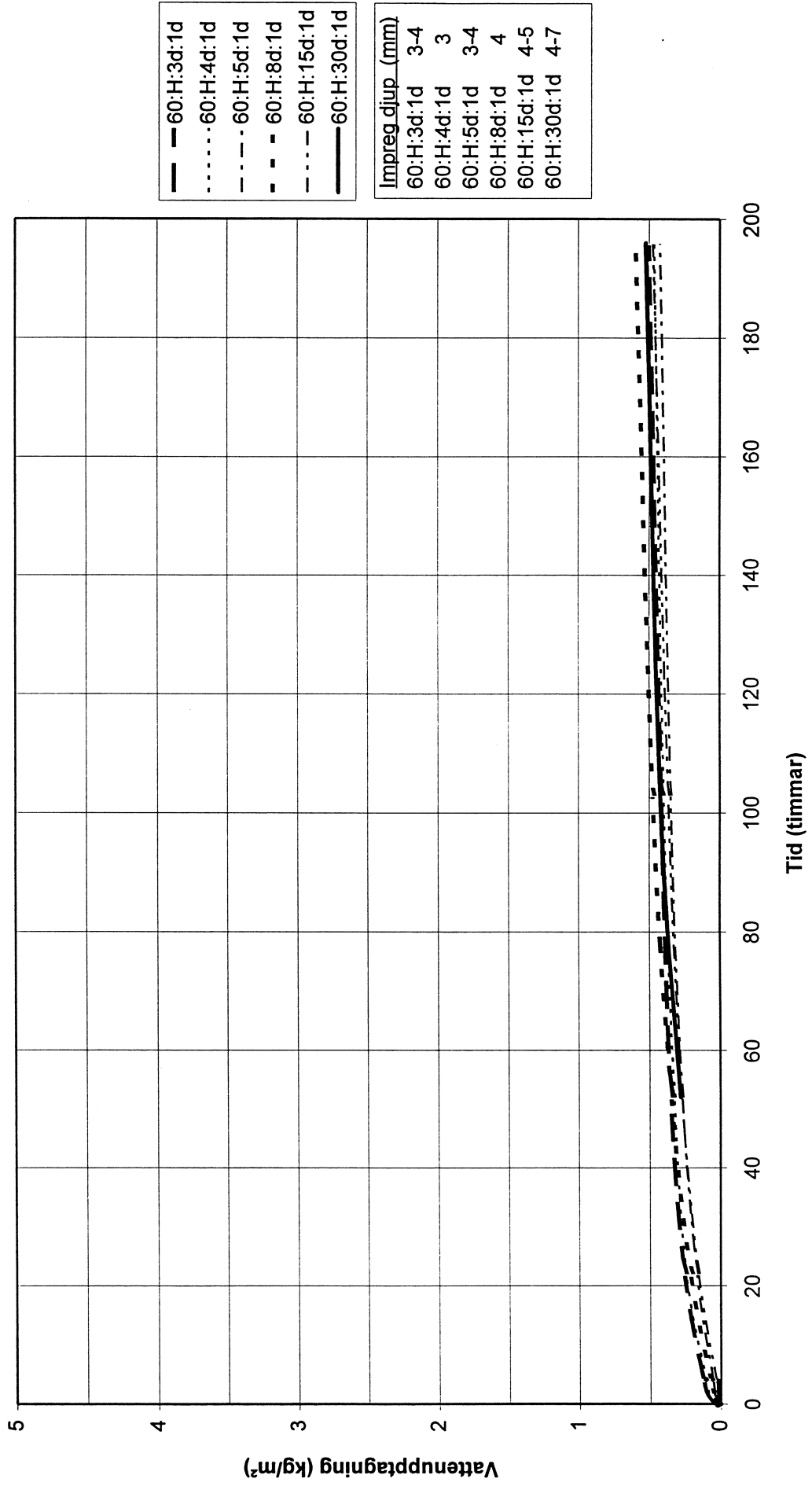
TRATTFÖRSÖK



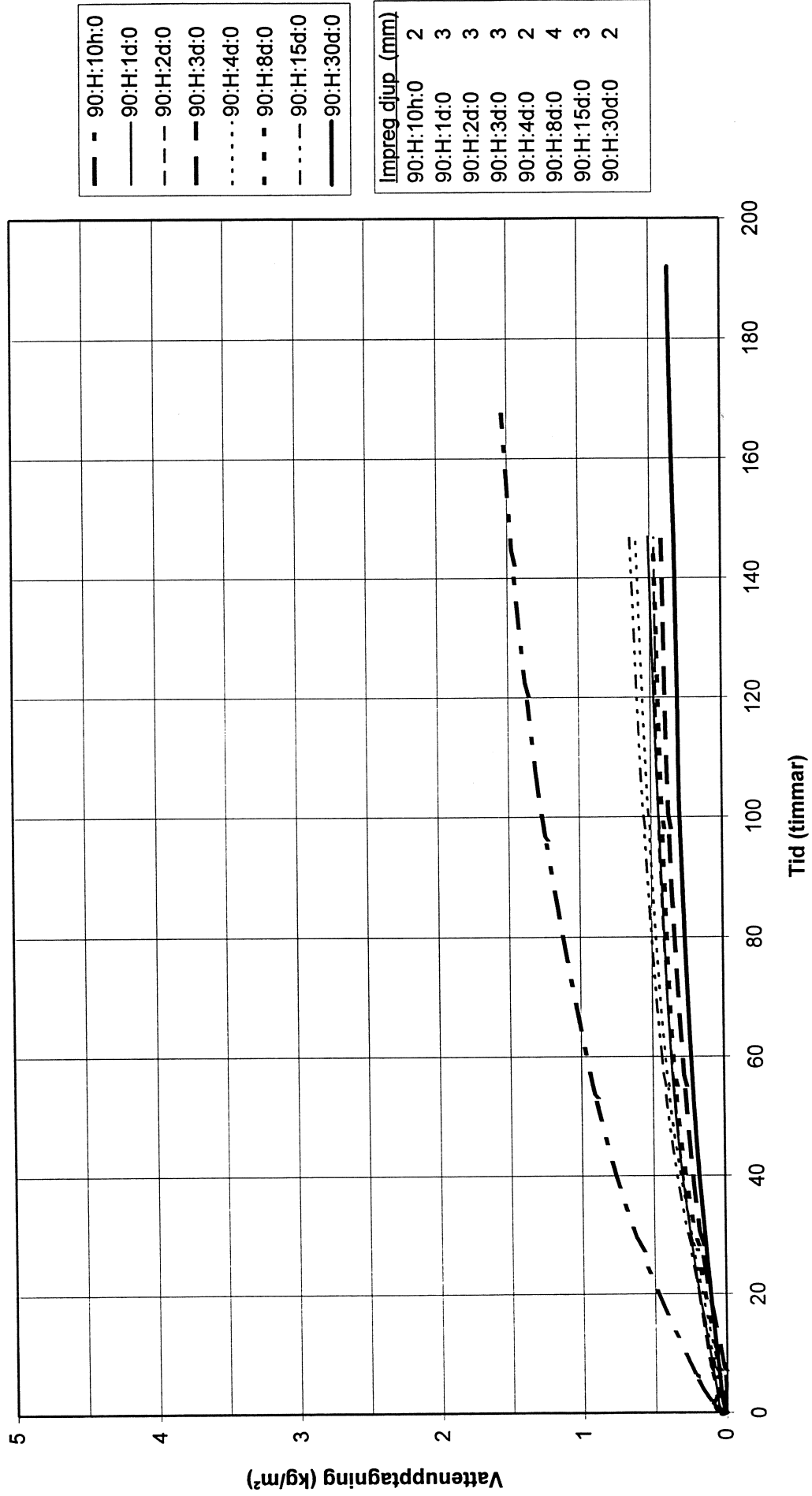
TRATTFÖRSÖK



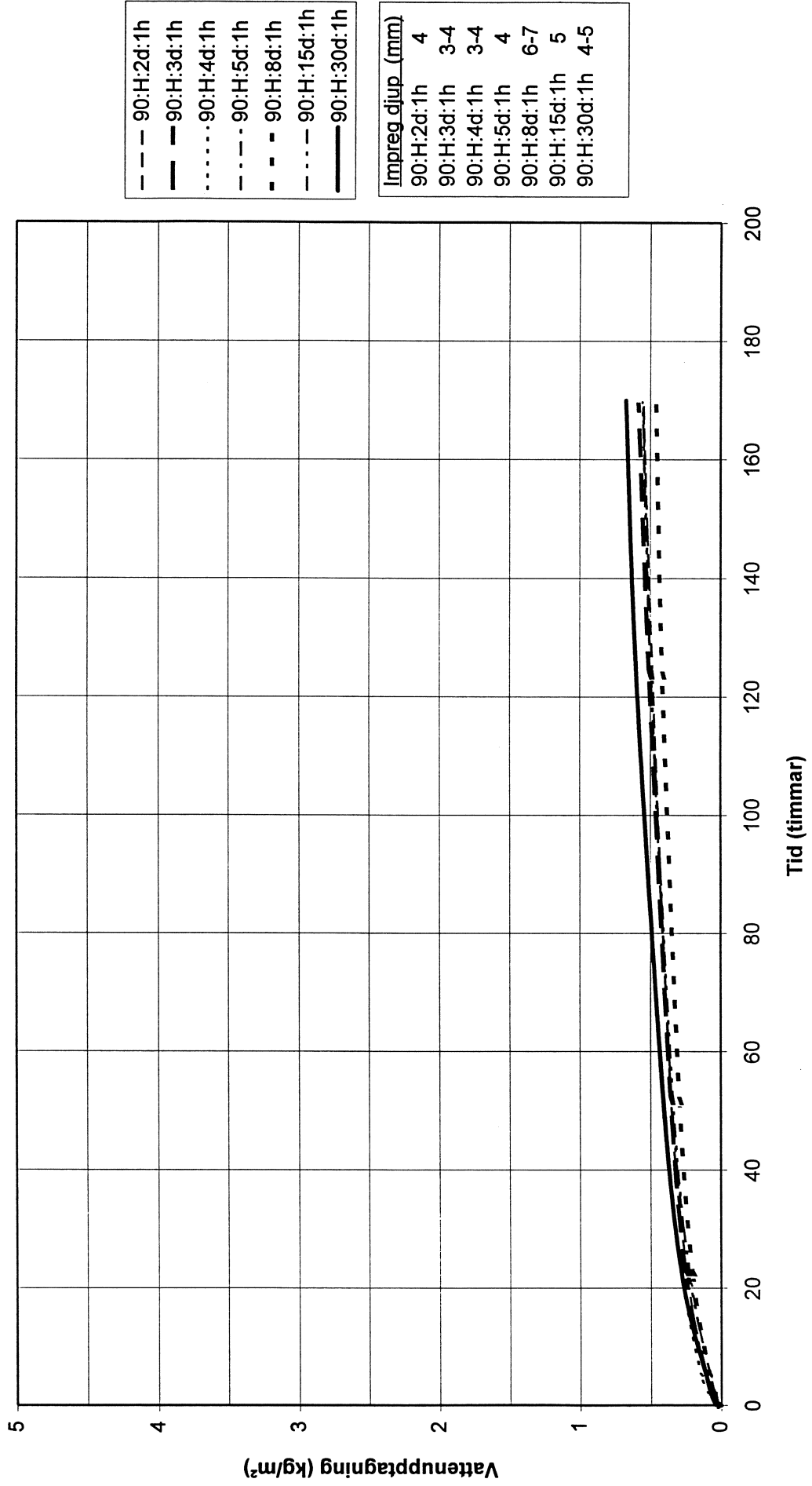
TRATTFÖRSÖK



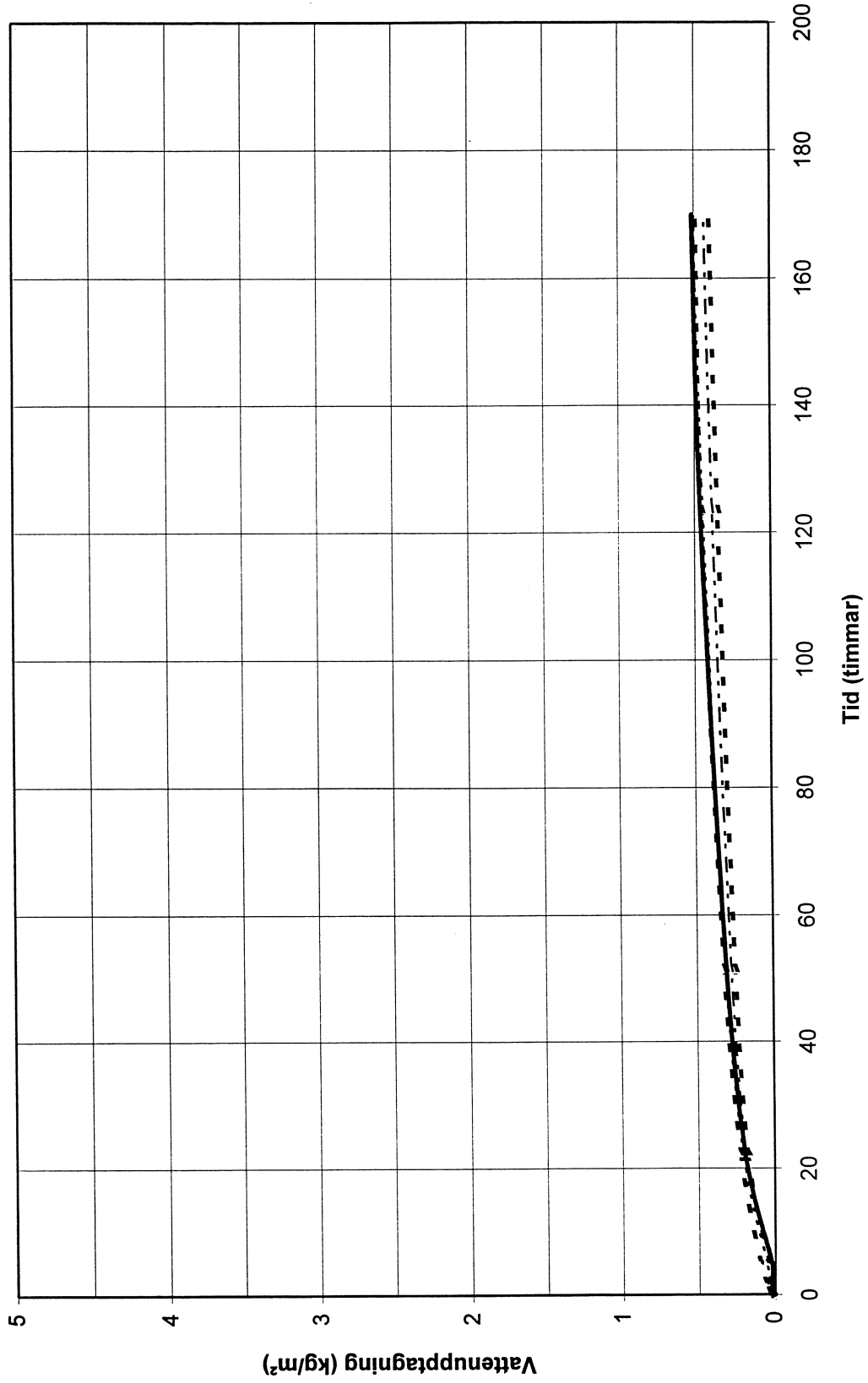
TRATTFÖRSÖK



TRATTFÖRSÖK



TRATTFÖRSÖK



- - -	90:H:3d:1d
.....	90:H:4d:1d
- . - .	90:H:5d:1d
- - -	90:H:8d:1d
- . . .	90:H:15d:1d
————	90:H:30d:1d

Impreg djup (mm)	
90:H:3d:1d	4
90:H:4d:1d	3
90:H:5d:1d	4-5
90:H:8d:1d	5-7
90:H:15d:1d	2-3
90:H:30d:1d	3-4

