



ISSN 0437 - 8165

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

**GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN**

Geologi

Geoteknik med grundläggning

Vattenbyggnad

Vattenförsörjnings - och avloppsteknik

---

**Termisk registrering -  
en metod att kartera markvattenhalt**

**Slutrapport**

**Lars O. Ericsson**

**Stig Hård**



ISSN 0437 - 8165

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

**GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN**

Geologi

Geoteknik med grundläggning

Vattenbyggnad

Vattenförsörjnings - och avloppsteknik

---

**Termisk registrering -  
en metod att kartera markvattenhalt**

**Slutrapport**

Adress:

Geohydrologiska forskningsgruppen  
Chalmers Tekniska Högskola  
412 96 GÖTEBORG  
Tel 031-810100

**Lars O. Ericsson**

**Stig Hård**

## FÖRORD

Fjärranalysteknik är ett samlingsbegrepp för olika metoder att erhålla information om jordytan genom analys av elektromagnetisk strålning. Inom projektet "Termisk registrering - en metod att kartera markvattenhalt" har en termovisionskamera använts för att bedöma möjligheterna att utnyttja denna utrustning som ett hjälpmedel i planeringsprocessen, där hänsyn tas till de geohydrologiska förutsättningarna.

Arbetet har genomförts inom ramen för Geohydrologiska forskningsgruppens verksamhet vid Chalmers tekniska högskola.

Arbetet har omfattat litteraturstudier, ett inledande försök i fält, klimatkammarförsök samt diskussioner med forskare inom ämnesområdet.

Anslag har erhållits från Statens råd för byggnadsforskning, BFR-projekt 780257-8.

Göteborg i juni 1981

L O Ericsson

Stig Hård

INNEHÅLL		SID
	FÖRORD	
	INNEHALLSFÖRTECKNING	
1	MALSÄTTNING	1
2	GENOMFÖRDA UNDERSÖKNINGAR	2
2.1	Inledande fältförsök	2
2.2	Litteraturstudier	2
2.3	Klimatkammarförsök	2
3	FJÄRRANALYTEKNIK	4
3.1	Insamling av data	4
3.2	Bearbetning och presentation av data	6
3.3	Tolkning av registrerade data	8
4	SAMMANFATTNING	10
5	REFERENSER	11
6	BILAGA, UTSTÄNDNINGSLISTA RAPPORT	12

## 1 MALSÄTTNING

Vid det inledande fältförsöket, som genomfördes inom ramen för projektet "Markvattenstudier i urbana områden" var målsättningen att urskilja en bevattnad delyta inom en homogen gräsyta.

I ett senare skede ansöktes medel för att genomföra både klimatkammarförsök under kontrollerade förhållanden och kolonnförsök i fält samt registreringar på naturliga ytor i fält. Inför detta arbete var målsättningen:

- att genom termiska registreringar (termovisionskamera med spektralområdet 2 - 5,6  $\mu\text{m}$ ) skilja ut och avgränsa områden med olika vattenhalt.
- att ge underlag för en undersökningsmetod att lokalisera infiltrationsytor samt in- och utströmningsområden för grundvatten.

Efter diskussioner med representanter för BFR och Geohydrologiska forskningsgruppens referensgrupp beslöts att enbart genomföra klimatkammarförsöken. När dessa försök genomförts förelåg ett behov att föra ut undersökningsresultaten till forskare inom detta teknikområde.

Detta har gjorts genom att remittera försöksresultaten till ca 50 personer, som arbetar med fjärranalysteknik, se bilaga. Dessutom har personliga besök genomförts vid Statens Geotekniska Institut (SGI), Försvarets forskningsanstalt (FOA), Rymdbolaget samt Naturgeografiska institutionen vid Stockholms universitet.

Målsättningen med dessa försök har varit att diskutera undersökningsmetodiken (termovisionskamerans användbarhet), felkällor samt metodens praktiska användbarhet inom urban hydrologi.

Denna rapport avser att sammanfatta de resultat och slutsatser som framkommit inom projektet.

## 2 GENOMFÖRDA UNDERSÖKNINGAR

### 2.1 Inledande fältförsök

Ett fältförsök genomfördes inom en "homogen" gräsyta i Slottskogen i Göteborg. Med en termovisionskamera registrerades markytan från ca 9 m höjd. Inom försöksytan fanns en bevattnad delyta. Under försöksperioden, som varade ca 13 timmar, gjordes mark- och lufttemperaturmätningar samt vissa markfysikaliska bedömningar.

Resultatet av det genomförda försöket visar att den bevattnade delytan kan urskiljas både med hjälp av termovisionsregistreringen och konventionella temperaturmätningar. Det genomförda termovisionsförsöket redovisas i rapporten "Registrering av vattenhalten i markytan med hjälp av termovisionskamera", Ericsson, Hård 1978b, Publ B111, Geologiska institutionen, CTH, Göteborg.

### 2.2 Litteraturstudier

Ett stort antal litteraturreferenser har insamlats. Delar av detta material har bearbetats och ingår i de rapporter som publicerats, dels inom projektet "Termisk registrering", Ericsson och Hård, 1979, Meddelande nr 49, Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH, Göteborg, dels inom projektet "Markvattenförhållanden i urbana områden", Ericsson och Holmstrand, 1978, Byggforskningens Rapport R:4 1978. Dessutom har ett projektarbete genomförts där arbetet har inriktats mot att belysa de problem som kan uppkomma vid mätning av elektromagnetisk strålning från markytan med hjälp av termovisionskameran. Projektarbetet redovisas i rapporten "Termisk registrering, en metod att kartera markvattenhalt - sedd ur fysikalisk synvinkel", Oljelund M, 1980, Publ D47, Geologiska institutionen, CTH, Göteborg.

### 2.3 Klimatkammarförsök

Försöken utfördes i klimatkammare där såväl temperatur som luftfuktighet kunde varieras. Försöken uppdelades i två huvudtyper:

- försök med simulerad dygnsamplitud (5-8 tim) och konstant luftfuktighet
- försök med konstant temperatur och luftfuktighet

Vid försöken användes isolerade provbehållare, 265 ml resp 42 l, fyllda med ensgraderade jordarter. Behållare med olika jordarter, varierande vattenhalt eller olika högt stående grundvattenyta, med eller utan vattengenomströmning, registrerades med termovisionskameran. Dessutom uppmättes provbehållarnas vattenhalt före och efter försöken, lufttemperatur och jordarternas temperatur på olika nivåer både med termoelement och termometrar.

De genomförda klimatkammarförsöken har sammanfattningsvis visat att:

- o små temperaturskillnader kan mätas på jordarter med termovisionskameran
- o korrelationen mellan konventionella temperaturmätningar och beräkningar från isotermnivåer uppmätta med termovisionskameran är god
- o temperaturamplituden ökar vid låga vattenhalter intill ett visst värde, för att sedan minska med ytterligare ökande vattenhalt. Temperaturledningsförmågan för en jordart följer samma förlopp i relation till vattenhalten. Det är mycket sannolikt att temperaturamplituden respektive maximumtemperaturen är direkt proportionell mot temperaturledningsförmågan.
- o simulerade utströmningsområden har kunnat urskiljas även fast temperaturskillnaden mellan "grundvattnet" och omgivningen varit relativt liten (3-5°C).
- o termovisionskameran har detekterat temperaturskillnader som orsakas av vattenomsättning från minst 10 cm djup.
- o behållare med olika vattenhalt har kunnat skiljas från varandra genom variationer i yttemperatur. Korrelation till vattenhalt kan göras genom mätning av dygnsamplitud eller maximumtemperatur.
- o temperaturmätningar på marken är svåra att göra. En systematisk temperaturdifferens föreligger mellan termometrar och termoelement vid de genomförda klimatkammarförsöken. Termoelementens placering, dvs nivå under markytan och kornkontakt har stor betydelse vid temperaturmätningen. Eftersom referenstemperaturen uppmättes med termoelement eller termometer föreligger en viss osäkerhet vid utvärderingen av vilka temperaturer som termovisionsbilderna representerar.

- o temperaturfördelningen i klimatkammaren inte var jämn. Temperaturen varierade något både vertikalt och horisontellt, vilket kan ha betydelse vid jämförelse mellan de olika behållarna.

### 3 FJÄRRANALYTEKNIK

Fjärranalys är en teknik som möjliggör att insamla information om jordytan på avstånd. Olika typer av registreringsutrustningar har tagits fram för att täcka olika delar av det elektromagnetiska spektrat från kortvågig reflekterad strålning i den synliga delen av spektrat till den mer långvågiga emitterade strålningen utanför den synliga delen av spektrat. Exempel på olika typer av registreringstekniker är reflektionsmätningar inklusive konventionell foto-grafering, multispektrala scannersystem, som täcker både det synliga spektrat och delar av det termiska infraröda våglängdsområdet. Dessutom finns termografiutrustningar, som arbetar i det termiska infraröda området samt mikrovågsradiometri och radarteknik, vilka omfattar våglängder mellan 1 mm och 1 m i den långvågiga delen av spektrat.

Samtliga tekniker har utnyttjats för markvattenstudier. Förutsättningarna tycks dock vara bäst inom det termiska infraröda spektraområdet, främst beroende på en relativt god upplösning och tillgängliga registreringsutrustningar.

Arbetsgången för att erhålla information med hjälp av de olika registreringssystemen är likartad. Arbetet kan i princip indelas i tre delmoment.

- insamling av data, dvs registrering av elektromagnetisk strålning
- bearbetning och presentation av insamlade data
- tolkning av data

#### 3.1 Insamling av data

Insamling av data sker huvudsakligen med hjälp av sensorer i satelliter och flygplan. När det gäller praktiska markvattenstudier så finns det i Sverige tillgång till data från satelliter samt möjligheter att göra registreringar med IR-scanner och termovisionskameror.



### Satelliter

Rymdteknikens snabba utveckling har också medverkat till en snabb utveckling av fjärranalystekniken. Sedan mitten på 1960-talet har en mängd satelliter med fjärranalyssensorer sännts upp i rymden.

Satelliterna är både stationära och cirkulerande på höjder mellan 200 km och 26 000 km. Den teoretiska upplösningen varierar mellan ca 10 km och 10 cm.

Satelliterna är utrustade med både aktiva och passiva system för registrering. Exempel på passiva system är fotografi, TV, termografi, multispectral svepradiometri och passiv mikrovågsradiometri. För markvattenstudier är det främst de tre sistnämnda som är av intresse.

Registreringar inom det termiska området är möjliga från de flesta vädersatelliterna, t ex NIMBUS 1-5 och NOAA-2. Upplösningen är dock för dålig för praktiska markvattenstudier. Av jordresurssatelliterna LANDSAT 1-3 är LANDSAT 3 utrustad med en termisk sensor (10,4 - 12,5  $\mu\text{m}$ ) vilken dock för närvarande ej fungerar. Ytterligare en satellit med möjlighet att registrera termisk strålning är HCMM (Heat Capacity Mapping Mission) med spektralbanden 0,5-1,1 $\mu\text{m}$  och 10,3-12,5  $\mu\text{m}$ .

Under 1980-talet planeras flera satelliter med god upplösning och möjligheter till termiska registreringar. Exempel på några av dem är LANDSAT-D, MAPSAT (US Geological Survey) samt SPOT (European Space Agency). LANDSAT-D, som planeras till 1983, kommer att registrera termisk strålning inom våglängdsområdena 1,55 - 1,75, 2,08 - 2,35 samt 10,4 - 12,5  $\mu\text{m}$ .

### IR-Scanner

I Sverige används en IR-Scanner typ Daedalus DS 1210. Utrustningen ägs gemensamt av Lantmäteriverket och Rymdbolaget.

Utrustningen opererar inom spektralområdet 8 - 13  $\mu\text{m}$ . Instrumentet registrerar den emitterade strålningen i smala parallella svep vinkelrätt mot flygriktningen. Strålningen mäts inom en vinkel på 0,15 $^{\circ}$ , vilket motsvarar 2,5 m på 1000 m flyghöjd. Temperaturupplösningen är ca 0,2 $^{\circ}\text{C}$ . Avsökningen sker med hjälp av en roterande spegel, som vidarebefordrar den termiska strålningen till en IR-detektor.

### Termovisionskamera

Termovisionskameror finns i olika utföranden. De registrerar strålning inom 2-5  $\mu\text{m}$ -området eller 8-12  $\mu\text{m}$ -området. Temperaturupplösningen är 0,2<sup>0</sup>C vid en temperatur på 30<sup>0</sup>C. Kameran arbetar med en normallins på 20<sup>0</sup>, vilket ger en yttäckning av 350 x 350 m på 1000 m höjd. Upplösningen 0,2<sup>0</sup> (3,4 mrad) motsvarande 3,4 m på 1000 m höjd.

Den termiska informationen fångas upp av en detektor via roterande prismor och i form av en bild på en skärm. Via kamera och skärm finns det möjlighet att välja ut det temperaturomfång och registreringsintervall som man tror passar för den aktuella registreringen. Vidare kan man lägga på en isotermfunktion på valfri gråtonsnivå och på så sätt markera objekt med en viss strålningstemperatur. Man kan också ange relativa skillnader i strålningstemperatur mellan olika objekt genom att låta isotermfunktionen gå från lägsta till högsta temperaturnivå i den termiska bilden.

Till AGA-utrustningen hör också en färgmonitor där de olika gråtonerna kan återges i tio olika färgtonssteg. Genom detta förfarande underlättas tolkningen av den termiska bilden betydligt. Vidare finns numera en s k superviewer, som ger en samtidig bild av ett objekt från två olika våglängdsband, det synliga området, 0,4-0,7  $\mu\text{m}$  och IR-området. Fördelen med superviewern är dels att man underlättar orienteringen vid registreringen, dels att det blir lättare att orientera sig i det termiska bildmaterialet.

### 3.2 Bearbetning och presentation av data

#### Satellitbilder

I Sverige finns vid Esrange en mottagningsstation för satellitbilder. En bildbearbetning sker vid Rymdbolagets huvudkontor i Solna med ett avancerat datorsystem. Där finns en sofistikerad signal- och bildbehandlingsutrustning för automatisk bildframställning. Denna typ av utrustning har en TV-display, som möjliggör en direkt överföring av de elektriska signalerna till en t ex termisk bild. På så sätt kan man enkelt visualisera termiska data på TV-skärmen och välja ut de bilder som ger mest information. (Ljungberg, 1979).

Digitaliserade data kan därefter presenteras i tryckt kartform med hjälp av s k bläckstråleskrivare.

### Termisk bild från IR-scanner

Efter avslutad registrering bearbetas de elektriska signalerna och omvandlas till fotografiska bilder. Signalbearbetning och bildframställning sker vanligtvis på marken i laboratorium men kan även utföras i flygplanet i direkt anslutning till registreringen. Det termiska bildmaterialet kan antingen presenteras i analoga bilder med kontinuerlig gråskala, eller med gråtonsskalan indelad i diskreta intervall. (Ljungberg, 1979)

En bearbetning med signal- och bildbehandlingsutrustningen på Rymdbolaget (även kustbevakningen) kan också göras med avseende på registreringarna från IR-Scannern.

### Termisk bild från termovisionskamera

Våra försök genomfördes med termovisionsutrustningen AGA THV 750. Därefter har en utveckling av termovisionsutrustningens prestanda och möjligheter ägt rum.

Dokumentation av den termiska informationen från den äldre utrustningen, AGA TVH 750, görs genom att man fotograferar av bilden på bildskärmen med hjälp av en småbildskamera eller polaroidkamera. Den termiska registreringen ger här således inget utrymme för efterbearbetning.

Det nya systemet AGA Thermovision 780 har däremot fullständiga möjligheter till efterbearbetning av insamlade data. Förutom fotografisk registrering kan den termiska informationen spelas in, processas eller analyseras genom att man använder antingen analog eller digital teknik. 780-programmet omfattar från svart-vita system till fullskalig laborieutrustning, inkluderande digital omvandling av färgbilder och överföring av dessa till dator för analys. Från ett digitalt minne kan det nya 780-systemet spela upp utvalda bilder för visuellt studium. De bildalstrande komponenterna i systemet inkluderar IR-Scanner och monitor för antingen 2 - 5  $\mu$ -området, eller 8 - 12  $\mu$ -området. Dubbelscanner med tvillingmonitorer för samtidigt studium av kort- och långvågig IR kan också väljas. (Fotonyheterna, 1981)

### 3.3 Tolkning av registrerande data

Enligt vad som ovan redovisats är numera de praktiska svårigheterna och olägenheterna vid bearbetning med termovisionsutrustningen i det närmaste övervunna. Termovisionskamerans prestanda bör i princip vara helt jämförbar med IR-Scannerns. Den termiska teknikens användbarhet beror sedan på tolkningsmetodikens tillförlitlighet. Tolkningsproblemet, av vad den termiska registreringen fysikaliskt innebär, är gemensamt för samtliga tekniker som arbetar inom spektrats IR-område.

I Sverige har fjärranalysteknik liksom i flera andra länder fått en viss tillämpning i den fysiska planeringen. Den specifika tillämpningen av flygburen utrustning i våglängdsområdet 1,5 - 15  $\mu\text{m}$  är begränsad till vissa forsknings- och utvecklingsprojekt. I vårt land tillämpas eller prövas tekniken i bl a följande problemområden:

- o Hjälpmedel vid kommunal energiplanering, energiläckage för byggnader, ledningar etc.
- o Kartläggning av lokalklimat för bebyggelseplanering och odling.
- o Kartläggning av halkrisker på vägar.
- o Kartläggning och registrering av förorenings- och kylvattenutsläpp.
- o Jordartskänning (klassificering av morän) vid vegetationsstress beroende på vattenhaltsskillnader.
- o Geohydrologisk kartläggning och speciell markvattenkartering.

För att erhålla en generell tillämpning av termovisionskameran som registrerande instrument av markvattenhalt återstår flera frågeställningar, vilka enbart kan ges svar på genom grundforskningsinsatser. Nedan presenteras de faktorer och ämnesområden där grundforskningsbehovet och kravet på fördjupade studier bedöms vara störst:

- o Markens emission?

För att kunna göra temperaturberäkningar måste emissionen på den registrerande ytan vara känd. Emissionsvariationen är relativt liten för jordarter och skiljer sig inte alltför mycket från vegetationen. Emissionen varierar också beroende på jordartens

vattenhalt. Humusinnehållet i jordarten påverkar också emissionen. Om temperaturskillnaden är stor mellan registrerade föremål har emissionsfaktorn mindre betydelse.

Emissionen påverkas även av den registrerade ytans topografi. På en skrovlig yta kan det vara möjligt att en s k hålrumseffekt erhålls, vilket innebär att emissionen alltmer närmar sig den svarta kroppens.

o Vegetationens inverkan?

Vegetationens inverkan på markens termiska egenskaper bör belysas. Vegetationen i sig själv varierar också i temperatur med vattenhalten. (Detta fenomen studeras vid Naturgeografiska institutionen, Stockholms Universitet.) Ett annat problem är att vegetationen i vissa fall avskärmar från insyn.

o Mätning av dygnsamplitud eller emissionsmätning om natten?

Efter våra försök kvarstår vilken fysikalisk process som registreringen av markytetemperaturen egentligen representerar, dvs är det huvudsakligen ett avdunstningsförlopp som ger olika temperatur, beroende på vattenhalten eller är det en emissionsmätning av markytan? Beroendet av humiditeten bör därför klarläggas. Vid en mätning i dagsljus erhålles vidare störningar från reflekterad strålning.

o Energibalansen vid markytan

För att klarlägga den fysikaliska innebörden av temperaturförhållandena vid markytan bör fördjupade litteraturstudier bedrivas. Därvid skall jordarternas och jordmånens termiska egenskaper studeras. en energibalansmodell bör upprättas där vattenhaltsförändringar i mark och markytetemperaturens beroende av luftfuktigheten ingår. Dessa förlopp kan därefter studeras genom simulerade försök i klimatkammare.

#### 4 SAMMANFATTNING

De genomförda termovisionsförsöken har inte resulterat i en direkt användbar metod för kartering av markvattenhalt. De resultat som hittills har framkommit visar emellertid att det praktiskt borde vara möjligt att:

- o lokalisera utströmningsområden på naturmark
- o i vissa fall lokalisera utströmningsområden i vatten
- o urskilja vattenhaltsvariationer på homogena ytor
- o det torde också vara möjligt att lokalisera läckor på ledningssystem om temperaturskillnaden mellan utläckande vätska och omgivningen är tillräckligt stor. En förutsättning är dock att ej för stora termiska störningar finns nära läckagepunkten.

Litteraturstudier och personliga kontakter har visat att termovisionsregistreringar har utnyttjats för att lokalisera utflödande grundvatten i havet, lokalisering av sprickzoner genom registrering av varma källor samt för grundvattenprospektering i flodsediment inom semiarida områden.

De genomförda termovisionsförsöken har avslutningsvis också visat att en rad problem föreligger innan metoden till fullo kan utnyttjas, dessutom har inte alla frågeställningar kunnat belysas inom detta projekt.

## 5 REFERENSER

Fotonyheterna, 1981. Artikel i tidskrift nr 3, april 1981, årg 21.

Ljungberg, S-Å, 1979. Flygtermografi - ett hjälpmedel vid kommunal energiplanering. Meddelande 1979:24. Statens institut för byggnadsforskning, Gävle.

Ericsson, L O, Holmstrand O, 1978. Vattnets rörelse i den omättade zonen, mätmetoder. Litteraturgenomgång. Byggforskningen, Rapport R4:1978.

Ericsson, L O, Hård, S, 1978. Registrering av vattenhalten i markytan med hjälp av termovisionskamera. Publ B111 Geologiska institutionen, Chalmers tekniska högskola, Göteborgs Universitet.

Ericsson, L O, Hård, S, 1979. Termisk registrering en metod att kartera markvattenhalt - Termovisionsförsök i klimatkammare. Meddelande nr 49, Geohydrologiska forskningsgruppen, Chalmers tekniska högskola, Göteborg.

Oljelund, M, 1980. Termisk registrering, en metod att kartera markvattenhalt - sedd ur fysikalisk synvinkel, projektarbete i geofysik 5p. Publ D47, Geologiska institutionen, Chalmers tekniska högskola, Göteborgs Universitet.

Torsten Allvar KTH Inst för kulturteknik 100 44 STOCKHOLM	Jan de Geer SGU Box 670 751 28 UPPSALA	Hans Hauska VBB Box 5038 102 41 STOCKHOLM 5
Wolter Arnberg Stockholms Universitet Naturgeografiska inst. Box 6801 113 86 STOCKHOLM	Folke Eklund FOA Fack 104 50 STOCKHOLM	Bengt Hägglund FOA 283 Ursviken Fack 104 50 STOCKHOLM
Lars Asplund Lantmäteriverket Lantmäterigatan 2 801 12 GÄVLE	Sverre Eng Elektrisk mätteknik CTH 412 96 GÖTEBORG	Jan Hällgren SNV Fack 171 20 SOLNA
Anders Boberg Lantmäteriverket Lantmäterigatan 2 801 12 GÄVLE	Örjan Eriksson BYGGFORSKNINGSRÅDET St Göransgatan 66 112 33 STOCKHOLM	Margareta Ihse Stockholms Universitet Naturgeografiska inst. Box 6801 113 86 STOCKHOLM
Klas-Göran Borg Svenska Rymdaktiebolaget Tritonvägen 27 171 54 SOLNA	Erik Fagerlund FOA Fack 104 50 STOCKHOLM	Jan Ivarsson SMHI Fack 601 01 NORRKÖPING
Leif Carlsson SGU Box 670 751 28 UPPSALA	Mats Forsell Lantmäteriverket Lantmäterigatan 2 801 12 GÄVLE	Jan-Åke Jacobsson SGU Box 670 751 28 UPPSALA
Erik Danfors KTH Inst för kulturteknik 100 44 STOCKHOLM	Sven Fredén VTI Fack 581 01 LINKÖPING	Ulf Kihlblom VBB Box 5038 102 41 STOCKHOLM 5
Erik Daniels FOA Fack 104 50 STOCKHOLM	Gunnar Hallert Statens Vägverk Centralförvaltningen 781 87 BORLÄNGE	Bengt Kleman FOA Fack 104 50 STOCKHOLM



Åke Knutz  
Statens Vägverk  
Centralförvaltningen  
781 87 BORLÄNGE

Claes Pilo  
Svenska rymdaktiebolaget  
Tritonvägen 27  
171 54 SOLNA

Kåre Wallman  
AGA IRS INTERNATIONAL  
Torsvikssvängen 7 A  
181 34 LIDINGÖ

Rolf Larsson  
VIK AB  
Box 242  
791 26 FALUN

Bengt Rosén  
SGI  
Fack  
581 01 LINKÖPING

Leif Wastenson  
Stockholms Universitet  
Naturgeografiska inst.  
Box 6801  
113 86 STOCKHOLM

Ingvar Lindgren  
CTH  
Inst för Fysik  
412 96 GÖTEBORG

Sten Rudberg  
Göteborgs Universitet  
Inst. för naturgeografi  
Dicksonsgatan 4  
412 56 GÖTEBORG

Gunnar Wennerberg  
LM ERICSSON  
MI Divisionen  
431 20 MÖLNDAL

Sven Lindqvist  
Inst för naturgeografi  
Dicksonsgatan 4  
412 56 GÖTEBORG

Olle Stjerna  
AGA IRS INTERNATIONAL  
Torsvikssvängen 7 A  
181 34 LIDINGÖ

Bengt Lundén  
Stockholms Universitet  
Naturgeografiska inst.  
Box 6801  
113 86 STOCKHOLM

Sune Svanberg  
CTH  
Inst för FYSIK  
412 96 GÖTEBORG

Jan Mattson  
Naturgeografiska inst.  
Sölvegatan 13  
223 62 LUND

Kjell Svensson  
KTH  
Inst för kulturteknik  
100 44 STOCKHOLM

Gunilla Olsson  
Växtekologiska inst.  
Ö. Vallgatan 14  
223 61 LUND

Peter Ulriksen  
LTH  
Inst för vattenresurslära  
Avd för geologi  
Fack 725  
220 07 LUND

Hans Pallenius  
FOA  
Fack  
104 50 STOCKHOLM

Leif Viberg  
SGI  
Fack  
581 01 LINKÖPING

## GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN

CHALMERS TEKNISKA HOGSKOLA

Institutionerna för  
Geologi  
Geoteknik med grundläggning  
Vattenbyggnad  
Vattenförsörjnings- och avloppsteknik

## Meddelande:

- nr 1 Urbaniseringsprocessens inverkan på ytvattenavrinning och grundvattenbildning. Lägesrapporter (1972-07-01 - 1973-03-01). 1973. 100 sidor. (Utgången)
- nr 2 Leif Carlsson: Grundvattenavsänkning Del 1. Evaluering av akviferers geohydrologiska data med hjälp av provpumpningsdata. 1973. 67 sidor.
- nr 3 Leif Carlsson: Grundvattenavsänkning Del 2. Evaluering av lågpermeabla lagers hydrauliska diffusivitet med hjälp av provpumpningsdata. 1973. 17 sidor.
- nr 4 Viktor Arnell: Nederbördsräknare. En sammanställning av några olika mätartyper. 1973. 39 sidor. (Utgången)
- nr 5 Viktor Arnell: Intensitets-varaktighetskurvor för häftiga regn i Göteborg under 45-årsperioden 1926-1971. 1974. 68 sidor.
- nr 6 Urbaniseringsprocessens inverkan på ytvattenavrinning och grundvattenbildning. Lägesrapporter (1973-03-01 - 1974-02-01). 1974. 167 sidor.
- nr 7 Olov Holmstrand, Per O Wedel: Ingenjörsgelogiska kartor - litteraturstudier. 1974. 55 sidor. (Utgången)
- nr 8 Anders Sjöberg: Interim Report. Mathematical Models for Gradually Varied Unsteady Free Flow. Development and Discussion of Basic Equations. Preliminary Studies of Methods for Flood Routing in Storm Drains. 1974. 74 sidor. (Utgången).
- nr 9 Olov Holmstrand (red.): Seminarium om ingenjörsgelogiska kartor. 1974. 38 sidor. (Utgången).
- nr 10 Viktor Arnell, Börje Sjölander: Mätning av nederbördsintensiteter i Göteborgsregionen. Stationsbeskrivning. 1974. 53 sidor. (Utgången).
- nr 11 Per-Arne Malmquist, Gilbert Svensson: Dagvattnets beskaffenhet och egenskaper. Sammanställning av utförda dagvattenundersökningar i Stockholm och Göteborg 1969-1972. Engelsk sammanfattning. 1974. 46 sidor. (Utgången).
- nr 12 Viktor Arnell, Sven Lyngfelt: Interimrapport. Beräkningsmodell för simulering av dagvattenflöde inom bebyggda områden. Geohydrologiska forskningsgruppen i samarbete med VA-verket i Göteborg, meddelande nr 12, 1975. 50 sidor.
- nr 13 Viktor Arnell, Sven Lyngfelt: Nederbörds-avrinningsmätningar i Bergsjön, Göteborg 1973-1974. 1975. 92 sidor.
- nr 14 Per-Arne Malmquist, Gilbert Svensson: Delrapport. Dagvattnets sammansättning i Göteborg. Engelsk sammanfattning. 1975. 73 sidor.
- nr 15 Dagvatten. Uppsatser presenterade vid konferens om urban hydrologi i Sarpsborg 1975. 1976. 33 sidor. 15:-. Följande uppsatser ingår:  
Arnell V. Beräkningsmetod för analys av dagvattenflödet inom ett urbant område.  
Lyngfelt S. Nederbörds-avrinningsstudier i Bergsjön, Göteborg.  
Sjöberg A. CTH-ledningsnätmodell DAGVL-A.  
Svensson G. Dagvattnets sammansättning, inverkan av urbanisering. (Utgången).
- nr 16 Grundvatten. Uppsatser presenterade vid konferens om urban hydrologi i Sarpsborg 1975. 1976. 43 sidor. 15:-. Följande uppsatser ingår:  
Andréasson L, Cederwall K. Rubbningar av grundvattenbalansen i urbana områden.  
Carlsson L. Djupinfiltration i slutna akviferer.  
Torstensson B-A. Följder av grundvattensänkning inom lerområden.  
Wedel P. Exempel på dränering av jordlager på grund av tunnelbyggande. (Utgången).
- nr 17 Olov Holmstrand, Per Wedel: Markvattenundersökningar i ett urbant område. 1976. 127 sidor.
- nr 18 Göran Ejdeling: Beräkningsmodeller för prognos av grundvattenförhållanden. 1978. 130 sidor.
- nr 19 Viktor Arnell, Jan Falk, Per-Arne Malmquist: Urban Storm Water Research in Sweden. 1977. 30 sidor.
- nr 20 Viktor Arnell: Studier av amerikansk dagvattenteknik. Resa i december 1976. 1977. 64 sidor.
- nr 21 Leif Carlsson: Reserapport från studieresa i USA samt deltagande i 2nd International Symposium on Land Subsidence in Anaheim, USA. 29 nov-17 dec 1976. 1977. 61 sidor.
- nr 22 Per O Wedel: Grundvattenbildning, samspelet jordlager och berggrund. Exemplifierat från ett försöksområde i Angered. 1978. 130 sidor.
- nr 23 Viktor Arnell: Nederbördsdata vid dimensionering av dagvattensystem med hjälp av detaljerade beräkningsmodeller. En inledande studie. 1977. 29 sidor.
- nr 24 Leif Carlsson, Klas Cederwall: Urbaniseringsprocessens inverkan på ytvattenavrinning och grundvattenbildning. Geohydrologisk forskning vid CTH, Sektion V, under perioden 1972-75. 1977. 17 sidor
- nr 25 Lars O Ericsson (red.): Lokalt omhändertagande av dagvatten. Delrapport från första verksamhetsåret 1976-02-01 - 1977-01-31. 1977. 120 sidor.
- nr 26 Ann-Carin Andersson, Jan Berntsson: Kontrollerad grundvattenbalans genom djupinfiltration. En inventering av djupinfiltrationsprojekt. 1978. 273 sidor.
- nr 27 Anders Eriksson, Per Lindvall: Lokalt omhändertagande av dagvatten. Resultatredovisning av enkät rörande drift och konstruktion av perkolationsanläggningar. 1978. 126 sidor.

- nr 28 Olov Holmstrand (red.): Lokalt omhändertagande av dagvatten. Delrapport nr 2 från perioden 1977-02-01 - 1977-11-30. 1978. 69 sidor.
- nr 29 Leif Carlsson: Djupinfiltrationsstudier i Angered. 1978. 70 sidor.
- nr 30 Lars O Ericsson: Infiltrationsprocessen i en dagvattenmodell. Teori, Undersökning, Mätning och Utvärdering. 1978. 45 sidor.
- nr 31 Lars O Ericsson: Permeabilitetsbestämning i fält vid perkolationsmagasin. Dimensionering. 1978. 15 sidor.
- nr 32 Lars O Ericsson, Stig Hård: Infiltrationsundersökningar i stadsdelen Ryd, Linköping. 1978. 145 sidor.
- nr 33 Jan Hällgren, Per-Arne Malmquist: Urban Hydrology Research in Sweden 1978. Swedish Coordinating Committee for Urban Hydrology Research. 1978. 14 sidor.
- nr 34 Bo Lind, Göte Nordin: Geohydrologi och vegetation i Dalen 5, Karlskoga. 1978. 63 sidor.
- nr 35 Eivor Bucht, Bo Lind: Metodfrågor vid naturanpassad stadsplanering - erfarenheter från studie i Karlskoga. 1978. 65 sidor.
- nr 36 Anders Sjöberg, Jan Lundgren, Thomas Asp, Henriette Melin: Manual för ILLUDAS (version S2). Ett datorprogram för dimensionering och analys av dagvattensystem. 1979. 67 sidor.
- nr 37 Per-Arne Malmquist m fl: Papers on Urban Hydrology 1977-78. 99 sidor.
- nr 38 Viktor Arnell, Per-Arne Malmquist, Bo-Göran Lindquist, Gilbert Svensson: Uppsatser om Dagvattenteknik 1978. 30 sidor.
- nr 39 Bo Lind: Dagvatteninfiltration - förutsättningar inom ett bergsområde, Östra Gårdsten i Göteborg. 1979. 32 sidor.
- nr 40 Per-Arne Malmquist (red.): Geohydrologiska forskningsgruppen 1972-78. Sammanställning av uppnådda resultat. 1979. 96 sidor. Kostnadsfri.
- nr 41 Gilbert Svensson, Kjell Øren: Planeringsmodeller för avloppssystem. NIVA-modellen tillämpad på Torslanda avrinningsområde. 1979. 71 sidor.
- nr 42 Per-Arne Malmquist (red.): Infiltrera dagvatten. Diskussioner och figurer från CTH-seminarium 1979-04-20. 1979. 86 sidor.
- nr 43 Bo Lind: Dagvatteninfiltration - perkolationsanläggning i Halmstad. 1979. 58 sidor.
- nr 44 Viktor Arnell, Thomas Asp: Beräkning av bräddvattenmängder. Nederbördens varaktighet och mängd vid Lundby i Göteborg 1921-1939. 1979. 80 sidor.
- nr 45 Stig Hård, Thomas Holm, Sven Jonasson: Dagvatteninfiltration på grönytor - Litteraturstudie, kunskapssammanställning och hypotes. 1979. 278 sidor.
- nr 46 Per-Arne Malmquist, Per Lindvall: Dräneringsrörs igensättning - en jämförande laboratoriestudie. 1979. 44 sidor.
- nr 47 Per-Arne Malmquist, Gunnar Lannér, Erland Högberg, Per Lindvall: SÖDRA NÄSET - ett exempel på för- enklad utformning av gator och dagvattensystem i ett upprustningsområde. 1980.
- nr 48 Viktor Arnell, Håkan Strandner, Gilbert Svensson: Dagvattnets mängd och beskaffenhet i stadsdelen Ryd i Linköping, 1976-77. 1980.
- nr 49 Lars O. Ericsson, Stig Hård: Termisk registrering, en metod att kartera markvattenhalt - Termovisionsförsök i klimatkammare. 1980. 65 sidor.
- nr 50 Viktor Arnell: Dimensionering och analys av dagvattensystem. Val av beräkningsmetod. 1980. 56 sidor, 22 figurer.
- nr 51 Lars O Ericsson: Markvattenförhållanden i urbana områden. Slutrapport. 1980. 115 sid, 25:- kr.
- nr 52 Olov Holmstrand (red): Ingenjörsgelogisk kartering. Seminarium 1980-04-17. 110 sid, 25:- kr.
- nr 53 Olov Holmstrand: Lokalt omhändertagande av dagvatten. Sammanfattning av forskning om dagvatteninfiltration vid CTH 1976-79. 90 sid. 25:- kr.
- nr 54 Olov Holmstrand, Bo Lind, Per Lindvall, Lars-Ove Sörman: Perkolationsmagasin i ett lerområde. Lokalt omhändertagande av dagvatten i Bratthammar, Göteborg. 172 sidor. 25:- kr.
- nr 55 Erland Högberg, Gunnar Lannér: Gatuplanering i bostadsområden i utlandet. Nya principer och lösningar i Danmark, Holland och England. 1981. 25:- kr. 110 sidor.
- nr 56 Sven Lyngfelt: Dimensionering av dagvattensystem. Rationella metoden. 1981. 25:- kr. 82 sidor.
- nr 57 Erland Högberg: Samband mellan gatustandard och trafiksäkerhet i bostadsområden. En förstudie. 1981. 25:- kr.
- nr 58 Jan A Berntson: Portryckförändringar och markrörelser orsakade av trädvegetation. 1980. 25:- kr. 121 sidor.
- nr 59 Per-Arne Malmquist, Stig Hård: Grundvattenpåverkan av dagvatteninfiltration. 1981. 25:- kr
- nr 60 Annika Lindblad: Infiltrationsmätningar utförda vid Geologiska institutionen, CTH/GU, 1972-1980. Sammanställning och statistisk bearbetning. 1981. 78 sidor. 25:- kr.