

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN



Geologi

Geoteknik med grundläggning

Vattenbyggnad

Vattenförsörjnings - och avloppsteknik

STATENS NATURVÅRDSVERK



ISSN 0347-8165

GRUNDVATTENPÅVERKAN AV DAGVATTENINFILTRATION



Per - Arne Malmquist

Stig Hård



CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN

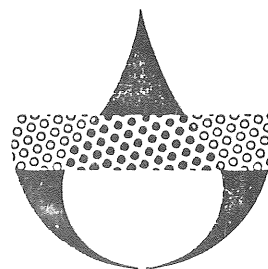
Geologi

Geoteknik med grundläggning

Vattenbyggnad

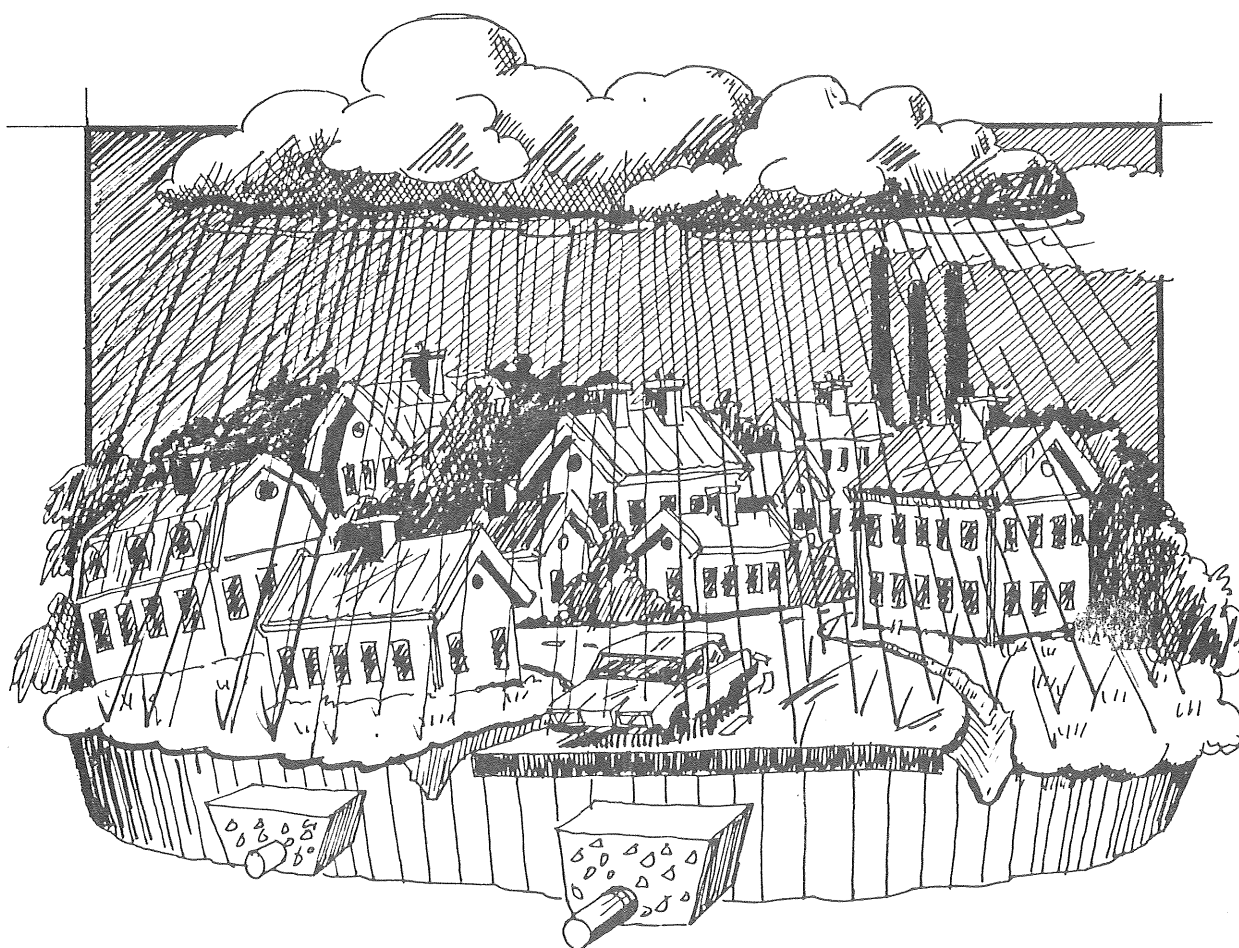
Vattenförsörjnings - och avloppsteknik

STATENS NATURVÅRDSVERK



ISSN 0347-8165

GRUNDVATTENPÅVERKAN AV DAGVATTENINFILTRATION



Adress:
Chalmers tekniska högskola
Geohydrologiska forskningsgruppen
412 96 GÖTEBORG
Tel. 031-810100

Per - Arne Malmquist

Stig Hård

	SID
INNEHÅLL OCH SAMMANFATTNING	1
1. DETTA FORSKNINGSPROJEKT INGÅR I DET STÖRRE PROJEKTET "INFILTRATION - RENINGSPROCESSER I MARK OCH GRUNDVATTEN-SKYDD" VID STATENS NATURVÅRDSVERK	4
2. PROJEKTET HAR SYFTAT TILL ATT GENOM FÄLTSTUDIER GE EN ORIENTERANDE BILD AV HUR DAGVATTENINFILTRATION PÅVERKAR GRUNDVATTNETS KVALITET	5
3. FÄLTUNDERSÖKNINGARNA HAR UTFÖRTS VID TVÅ PERKOLATIONS-MAGASIN OCH MOTORVÄGSDIKE	6
3.1 Beskrivning av undersökningarna i södra Margretelund, Lidköping.	6
3.1.1 I södra Margretelund överlagras ett 15-25 m mäktigt lerlager av 2-3 m mo. Grundvattenytan står 1-1,5 m under markytan	6
3.1.2 Bebyggelsen utgörs av radhus med tak av asfaltpapp	8
3.1.3 Dagvattnet från taken leds till perkolationsmagasin	8
3.1.4 Nederbördsräknare och provtagningsanordningar för dagvatten och grundvatten har installerats	12
3.2 Beskrivning av undersökningarna vid Volvofabriken i Vara	12
3.2.1 I Vara underlagras 3-6 m mellansand av 14-30 m lera. Grundvattennivån varierar mellan 1,5 och 2 m under markytan	12
3.2.2 Bebyggelsen utgörs av en 13 400 m ² stor fabriksbyggnad med tak av asfaltpapp	13
3.2.3 Dagvattnet från taket leds ned till perkolationsmagasin runt byggnaden	15
3.2.4 Instrumenteringen har utgjorts av nederbördsräknare, provtagningsanordning för dagvatten och brunnar för provtagning av grundvatten	17
3.3 Beskrivning av undersökningarna vid motorvägen i Floda	19
3.3.1 Motorvägen E3 skär i Floda genom ett isranddelta med komplex uppbyggnad, ett tätande lerskikt avgränsar två grundvattenförande formationer	19
3.3.2 I diket vid motorvägen har en brunn för grundvattenprovtagning installerats	20

4.	PROV FÖR LABORATORIEANALYS HAR TAGITS PÅ GRUNDTVATTEN, DAGVATTEN OCH SNÖ	22
4.1	Grundvattenproven pumpades ur grundvattenrören med en rostfri membranpump	22
4.2	Dagvattenproven togs i ett 50 l aluminiumkärl, placerat under stuprören	22
4.3	Snöprovtagning utfördes med ett rör som stacks ned genom snön	23
4.4	Laboratorieanalyser	23
5.	UNDERSÖKNINGENS HUVUDRESULTAT ÄR ATT GRUNDTVATNET ENDAST I LITEN UTSTRÄCKNING PÅVERKAS AV DAGVATTENINFILTRATIONEN	23
5.1	Ämnen som finns i högre koncentrationer i grundvattnet än i dagvattnet späds ut genom infiltration	25
5.1.1	Kväve	25
5.1.2	Salter	25
5.2	Ämnen som finns i relativt höga koncentrationer i dagvattnet fastläggs i perkolationsmagasinen eller markytan	27
5.2.1	Organiskt material (syreförbrukande ämnen)	28
5.2.2	Fosfor	28
5.2.3	Tungmetaller	29
5.2.4	Bakterier och svampar	32
5.2.5	pH-värde	32
5.3	Dagvatteninfiltrationens påverkan på grundvattnets kvalitet varierar med årstiden	33
5.3.1	Nederbörden har varit nära normal under mätåret	33
5.3.2	I Vara påverkar gödslingen av åkermarken grundvattnets kvalitet mer än dagvatteninfiltrationen	34
5.4	Grundvattnets innehåll av PAH (polyaromatiska kolväten) ökar endast vid motorvägen i Floda	36
5.4.1	PAH-analyserna gjordes med spektrofluorimetrisk metod direkt på hexanextrakt	36
5.4.2	Resultaten visar att ingen påverkan vad gäller PAH kan påvisas i Vara och Lidköping men däremot vid motorvägen i Floda	38

	SID
BILAGOR	
Bilaga 1	Kemisk-fysikaliska analysmetoder
	40
Bilaga 2	Grundvattnets sammansättning
	42
Bilaga 3	Dagvattnets och snöns sammansättning
	45
Bilaga 4	Bakterier och svampar i grundvatten och dagvatten
	48
Bilaga 5	Tungmetallers i dagvatten filtrerbar- het i glasfiberfilter
	52
Bilaga 6	Polyaromatiska kolväten i grundvat- ten och dagvatten
	53

1. DETTA FORSKNINGSPROJEKT INGÅR I DET STÖRRE PROJEKTET "INFILTRATION - RENINGSPROCESSER I MARK OCH GRUNDVATTENSKYDD" VID STATENS NATURVÅRDSVERK

Inom SNV:s projektområde "Infiltration - reningsprocesser i mark och grundvattenskydd" med Ulf von Brömssen som huvudprojektledare studeras under 1977-1982 reningsprocesser i mark vid infiltration av hushållsavloppsvatten, dagvatten och lakvatten från kommunal avfallshantering. Forskningsarbetet med grundvattenpåverkan genom dagvatteninfiltration har i en litteratur- och en fältstudie bedrivits vid Geohydrologiska forskningsgruppen.

Projektets första etapp omfattade litteraturstudier, vilka redovisades i lägesrapporten Hård, S 1978. "Hur påverkas grundvattnet kvalitativt vid dagvatteninfiltration - Litteraturstudie, koncept - delrapport 1978-12-01", Geohydrologiska forskningsgruppen, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg.

Projektets andra del omfattade instrumentering och provtagning inom tre undersökningsområden där dagvatteninfiltration tillämpas.

Föreliggande rapport avser att slutrapportera genomförda fältundersökningar.

Förutom författarna har i projektet medverkat

- Sven Hoffner vid Statens Bakteriologiska Laboratorium, som lagt upp, utfört och utvärderat de bakteriologiska analyserna
- Sören Lagerquist vid Institutionen för analytisk kemi vid Chalmers tekniska högskola, som lagt upp, utfört och utvärderat PAH-analyserna. Lagerquist står också som författare till kapitlet 5.4
- Thomas Holm vid Geohydrologiska forskningsgruppen, som utfört allt fältarbete i ur och skur
- Evy Bäckman vid Institutionen för VA-teknik, CTH, som utfört och medverkat vid utvärderingen av de kemisk-fysikaliska laboratorieanalyserna

2. PROJEKTET HAR SYFTAT TILL ATT GENOM FÄLTSTUDIER GE EN ORIENTERANDE BILD AV HUR DAGVATTENINFILTRATION PÅVERKAR GRUNDVATTNETS KVALITET.

Naturvårdsverkets forskningsprojekt nr 7-565/78,79, vid Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH, "Miljömässiga aspekter på dagvatteninfiltration - fältundersökningar " har enligt projektbeskrivningen syftet :
" att genom fördjupade litteraturstudier och genom fältundersökningar av i drift varande perkolationsmagasin studera spridningen av dagvattenföroreningar till grundvattnet vid konstgjord infiltration."

Fältundersökningarna avsågs utföras så, att en bred bild över många ämnen på flera platser erhöles, snarare än statistiskt signifikanta resultat för vissa ämnen. Fältundersökningen har en orienterande karaktär.

3. FÄLTUNDERSÖKNINGARNA HAR UTFÖRTS VID TVA PERKOLATIONS-MAGASIN OCH ETT MOTORVÄGSDIKE

3.1 Beskrivning av undersökningarna i södra Margretelund, Lidköping

Margretelund är beläget ca 2 km öster om Lidköpings centrum. Inom området kommer efter avslutad utbyggnad att finnas ca 150 fastigheter. Från fastigheternas takytor leds dagvatten till perkolationsmagasin. Magasinen har bräddningsmöjlighet till nedströms liggande ledningssystem eller till lägre belägna magasin. Perkolationsmagasinen har varit i drift ca 3 år. En utbyggnad av området pågår mot öster.

3.1.1 I södra Margretelund överlagras ett 15-25 m mäktigt lerlager av 2-3 m mo. Grundvattenytan står 1-1,5 m under markytan

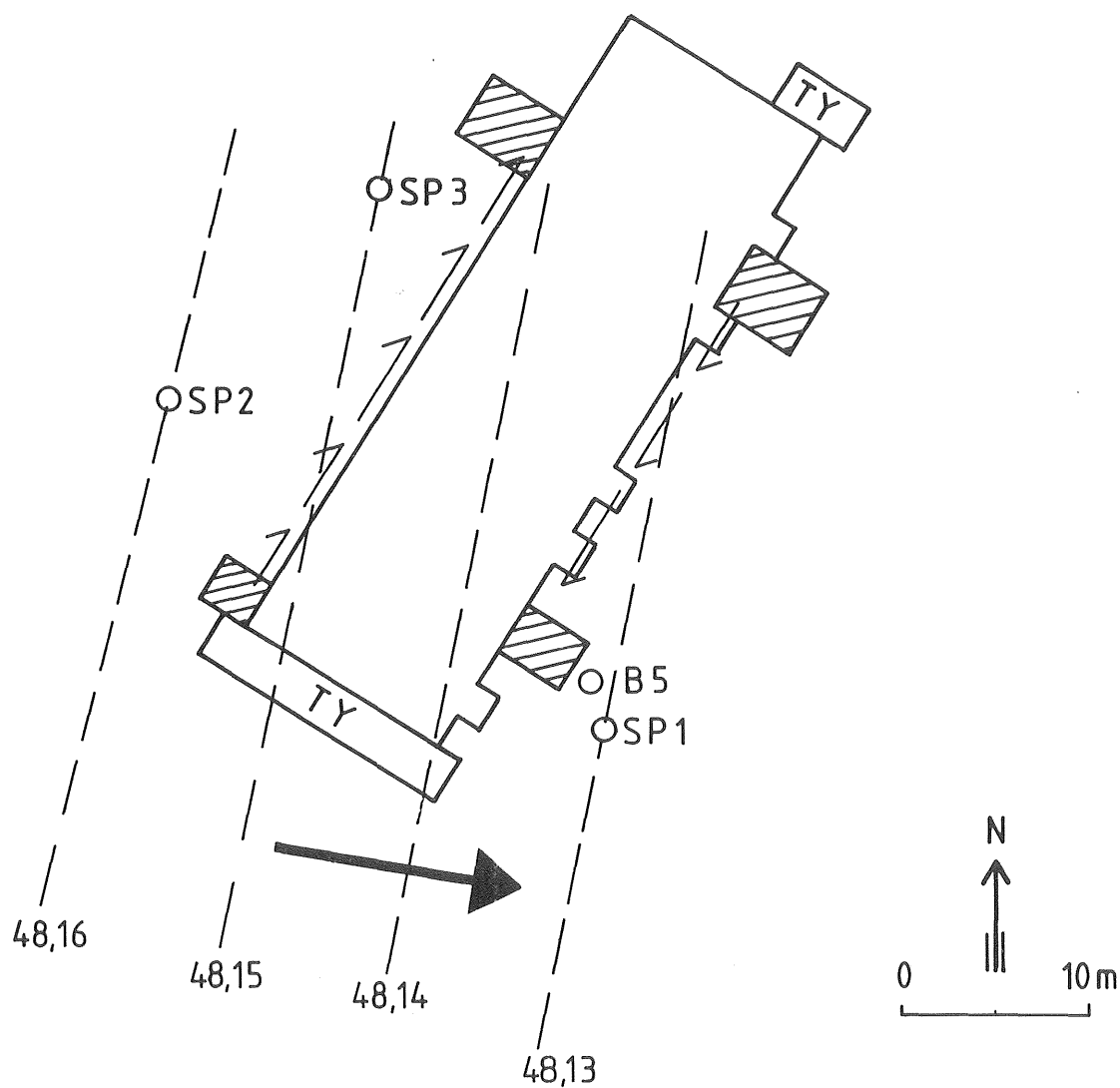
Inom området förekommer ett ca 3 m mäktigt molager. Materialet består av ca 40 viktsprocent finmo och 60 viktsprocent grovmo, $d_{60}/d_{10} = 2,0$. Under grundvattenytan eller i vattenmättat tillstånd är materialet mycket flytbenäget. Molagret underlagras av ett lerlager. Lerlagrets mäktighet varierar mellan 15 och 25 m. Vid den geotekniska undersökning som utfördes innan exploateringen påbörjades påträffades ytterligare ett molager inlagrat i leran. Lagrets mäktighet var ett par m och påträffades 4-5 m under markytan i ett flertal borrhål.

Marken har tidigare utgjorts av uppodlad åkermark. Området är mycket plant och sluttar svagt mot norr. Centralt inom området finns en mindre svacka utbildad i öst-västlig riktning.

Grundvattennivån i den övre öppna akviferen ligger ca 1-1,5 m under markytan. Grundvattenobservationer som gjordes vid den geotekniska undersökningen visar att grundvattens strömningsriktning är ostlig. Området dräneras mot Svartebäcken öster om området.

I samband med brunnslokaliseringen avvägdes grundvattennivån i tre spadborrhål, figur 1.

Den hydrauliska gradienten inom området varierar mellan 1 och 2‰. Grundvattnets verkliga strömningshastighet (nettohastigheten) har beräknats till 1-2 cm per dygn (Hazens formel - Darcys lag).



Figur 1. Tvåvånings hyreshus med perkulationsmagasin för takvatten. Spadborrhål (SPI-3), provtagningsbrunn (B5), perkulationsmagasin, infiltrationsledningar samt interpolerade grundvattennivåer 1978-09-21). Pilen visar grundvattenströmmens riktning.

3.1.2 Bebyggelsen utgörs av radhus med tak av asfaltpapp

Inom försöksområdet finns 91 hus, 2 kvartersstugor och 6 garagelängor.

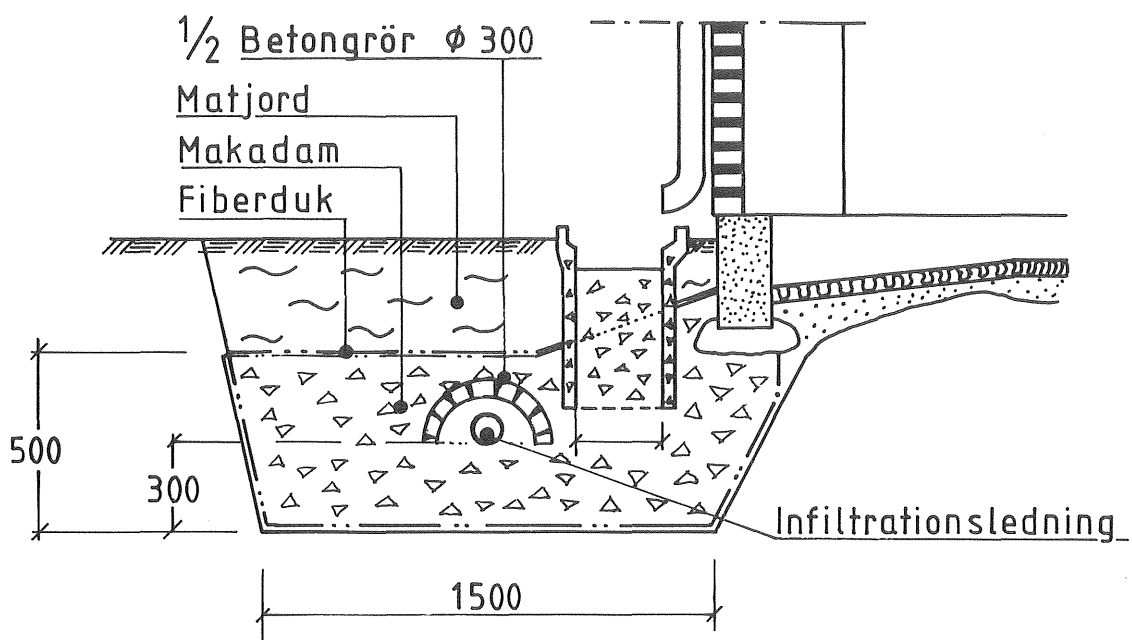
Utbyggnad av området pågår mot Svartebäcken i öster. Takytorna är klädda med asfaltpapp. Hängrännor, stuprör samt övriga plåtdetaljer på hustaken består av målad galvaniserad plåt.

3.1.3 Dagvattnet från taken leds till perkolationsmagasin

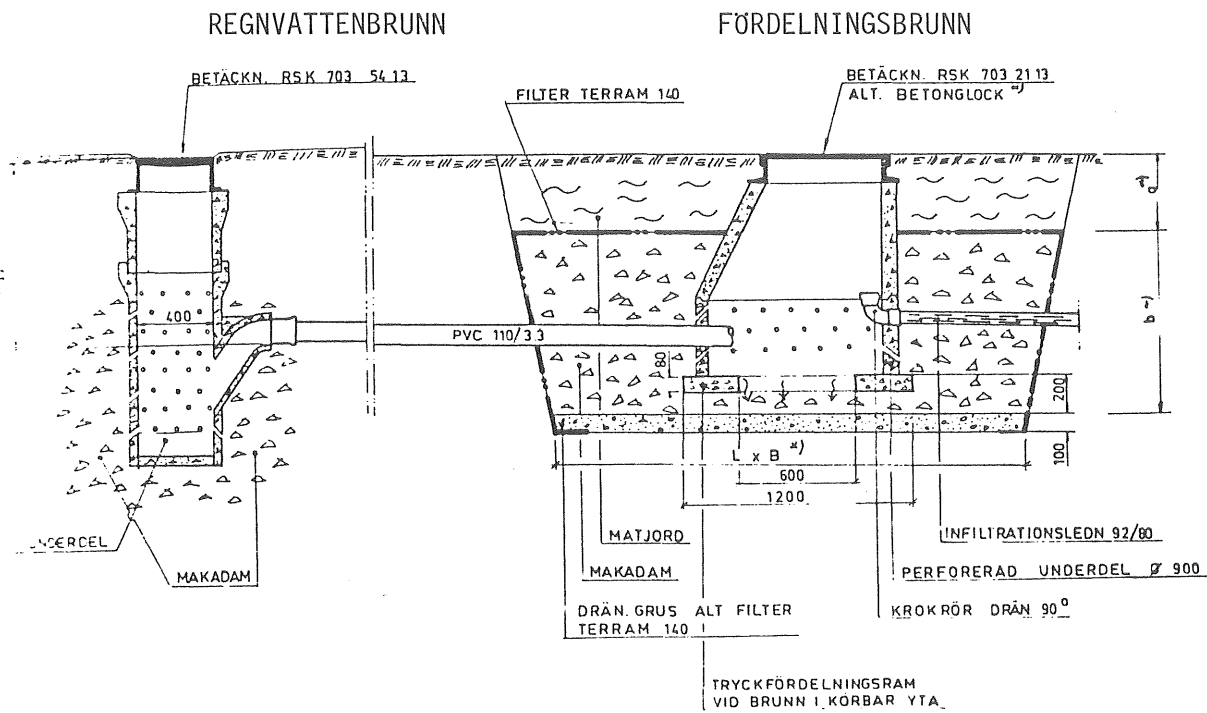
Inom området sker dagvattenavledningen i ett system med perkolationsmagasin. Dagvattnet leds från tak- och asfaltytor (gångvägar och parkeringsplatser) till kvadratiske perkolationsmagasin. Magasinen har bräddningsmöjlighet till lägre beläget perkolationsmagasin eller nedströms liggande ledningssystem. Mellan perkolationsmagasinen leds vattnet i infiltrationsledningar, vilka förlagts i makadamfyllda schaktgravar. Magasinen och infiltrationsgravarna omgärdas av filterduk.

Den tekniska utformningen av perkolationsmagasin, infiltrationsledningar m m framgår av figur 2 och 3, (Eriksson, Lindvall 1978).

Figur 4 visar ett utsnitt av en radhuslänga och befintliga anordningar för infiltration. Av figuren framgår också läget för en provtagningsbrunn samt provtagningsytor för snö och dagvatten.

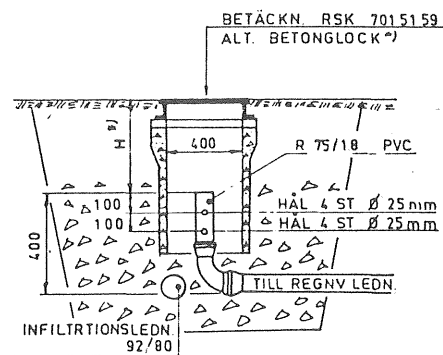
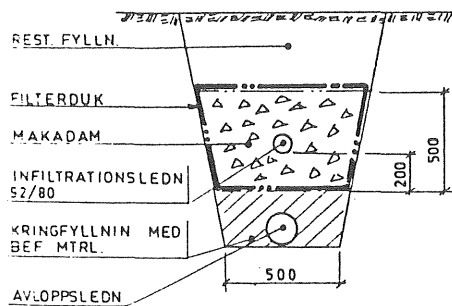


Figur 2 Tvärsektion av perkulationsmagasin.

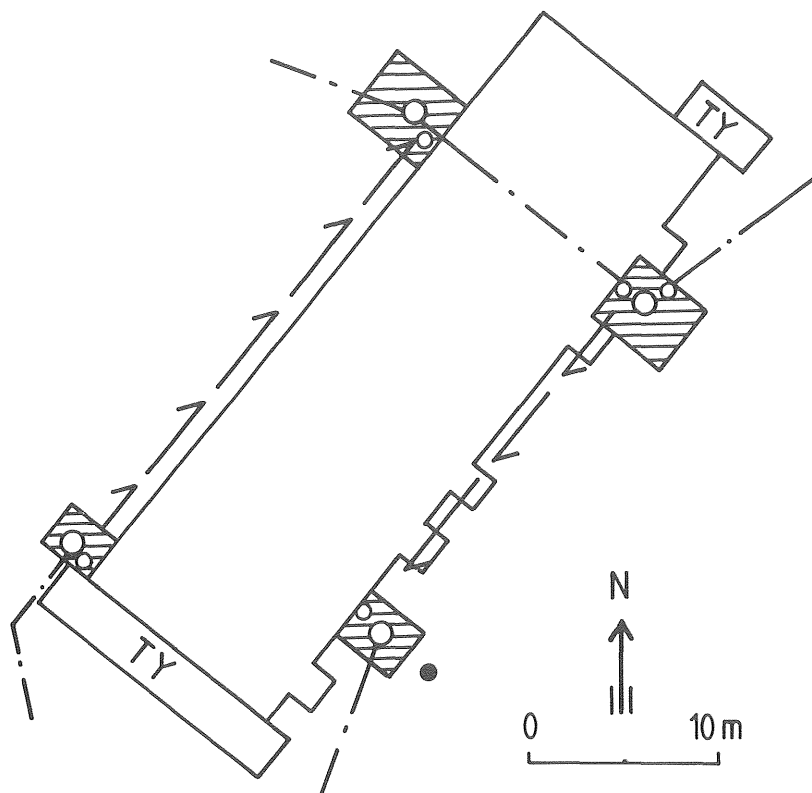


PRINCIPSEKTION FÖR RÖRGRAV MED
INFILTRATIONSLEDNING OCH AVLOPPS-
LEDNING

BRÄDDNINGSBRUNN



Figur 3 Teknisk utformning av regnvädersbrunn, fördelningsbrunn, bräddningsbrunn och rörgrav med infiltrationsledning.



TECKENFÖRKLARING

- | | |
|---|---|
|  | Perkolationsmagasin med infiltrations- och fördelningsbrunnar |
|  | Infiltrationsledning |
|  | Regnvattenledning |
| TY | Takyta för provtagning av snö och dagvattenprov |
|  | Provtagningsbrunn för grundvatten |

Figur 4 Perkolationsmagasin och infiltrationsledningar i anslutning till provtagningsplatser för grundvatten, dagvatten och snö.

3.1.4 Nederbördsrätare och provtagningsanordningar för dagvatten och grundvatten har installerats

Nederbörden uppmättes med en kontinuerligt registrerande nederbördsrätare typ Hellman. Rätaren placerades på en arbetsbod ca 4 m över markytan i västra delen av området.

Dagvatten och snöprov uppsamlades från två taktor på ca 40 respektive 15 m². Dagvattnet leddes via befintliga hängrännor och stuprör till ett provtagningskärl i aluminium.

Två grusfilterbrunnar med rostfria (SIS 2333) filterspetsar och förlängningsrör installerades inom området. Brunnarna gjordes 2,5 m djupa. Den nedersta metern av brunnen är slitsad och utgör intagsdel. Slitsöppningen är 0,25 mm. Utanför filterspetsen placerades ett grusfilter av kvartssand. Brunnarbetet avslutades med rensugning med ett horisontellt spolmunstycke.

En brunn placerades ca 200 m norr om området (uppströms), den andra direkt nedströms ett perkulationsmagasin, se figur 4.

3.2 Beskrivning av undersökningarna vid Volvofabriken i Vara

Volvo marinmotor ligger 4 km SO om Vara. Fabriksområdet omgärdas av jordbruksmark som brukas. Dagvatten leds från fabrikstaket till perkulationsmagasin som varit i drift i ca 4 år.

3.2.1 I Vara underlagras 3-6 m mellansand av 14-30 m lera. Grundvattennivå varierar mellan 1,5 och 2 m under markytan

Inom hela undersökningsområdet består de övre jordlagren av ett mycket ensorterat sandmaterial, ($d_{60}:d_{10}=1,8$), ca 80 viktsprocent utgörs av mellansand (0,2-0,6 mm). Mäktigheten varierar mellan 3 och 6 m. Den översta halvmetern utgörs av matjord. Sanden underlagras av lera. Utförda geotekniska sonderingar visar att lerans mäktighet varierar oregelbundet mellan 14 och 30 m.

När undersökningarna påbörjades fanns 17 rör för grundvattennivåobservationer i det övre öppna grundvattenmagasinet. För provtagning av grundvatten installerades tre filterbrunnar, se 3.2.4. Med hjälp av befintliga observationspunkter och nivåmätningar har grundvattnets strömningsriktning, gradient och hastighet beräknats.

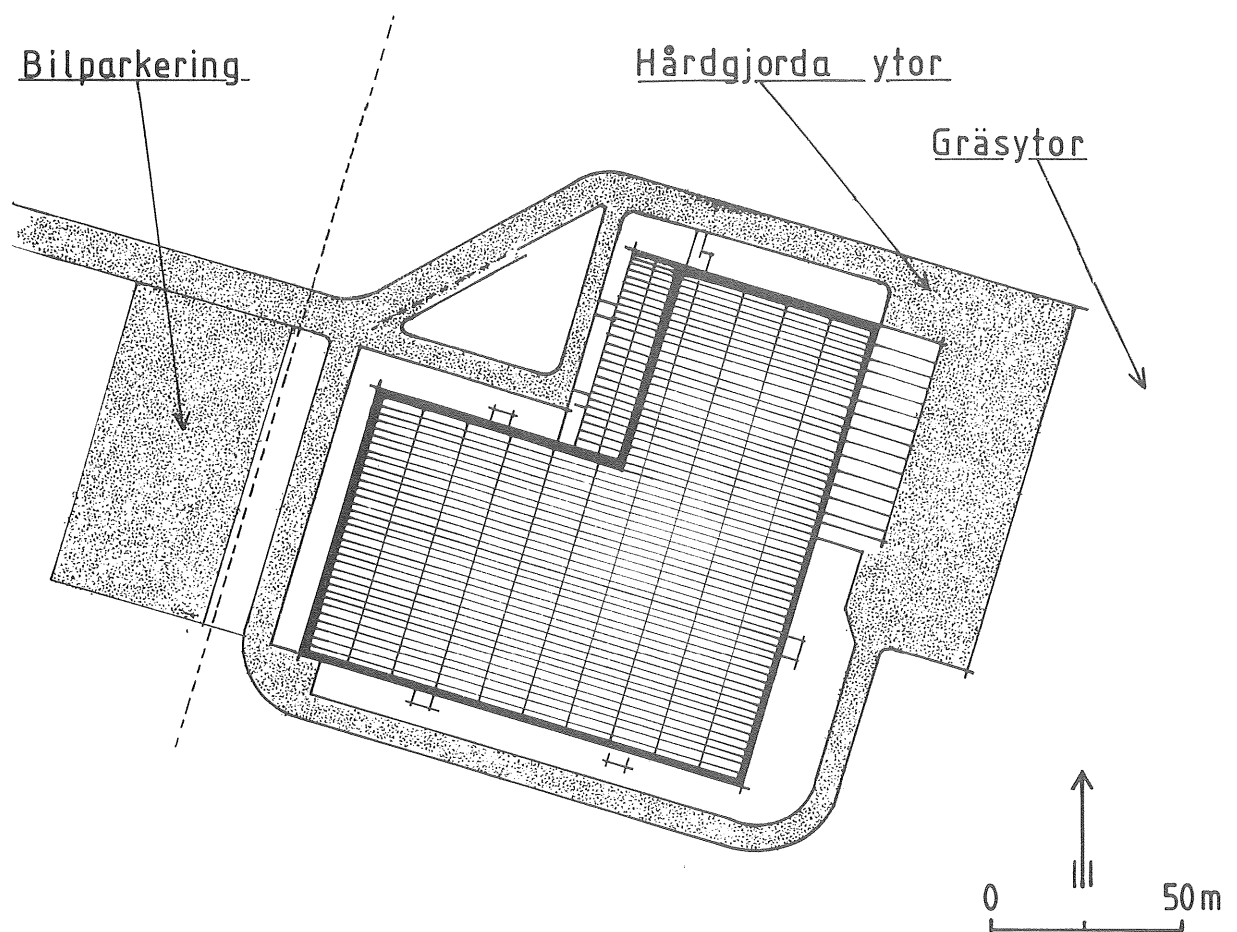
Grundvattennivån inom det övre öppna grundvattenmagasinet varierar mellan 1,5 och 2 m. Grundvattnets strömningsriktning är nordlig, vilket innebär att hela området dräneras mot Alfsån norr om undersökningsområdet, se figur 8. En avsänkningsträtt finns utbildad mot området där provtagningsbrunn 2 har placerats. Den hydrauliska gradienten har under mätperioden varierat mellan 3 och 6‰.

Grundvattnets effektiva strömningshastighet (nettohastigheten) har beräknats till 1-0,5 m per dygn. Beräkningen har gjorts med högsta respektive lägsta uppmätta hydrauliska gradient och data från kornstorleksanalyser, (Hazens formel, Ernst formel). Beräkningar har även utförts med andra permeabilitetsformler. Beräkningarna gav som lägst strömningshastigheterna 0,1-0,05 m per dygn.

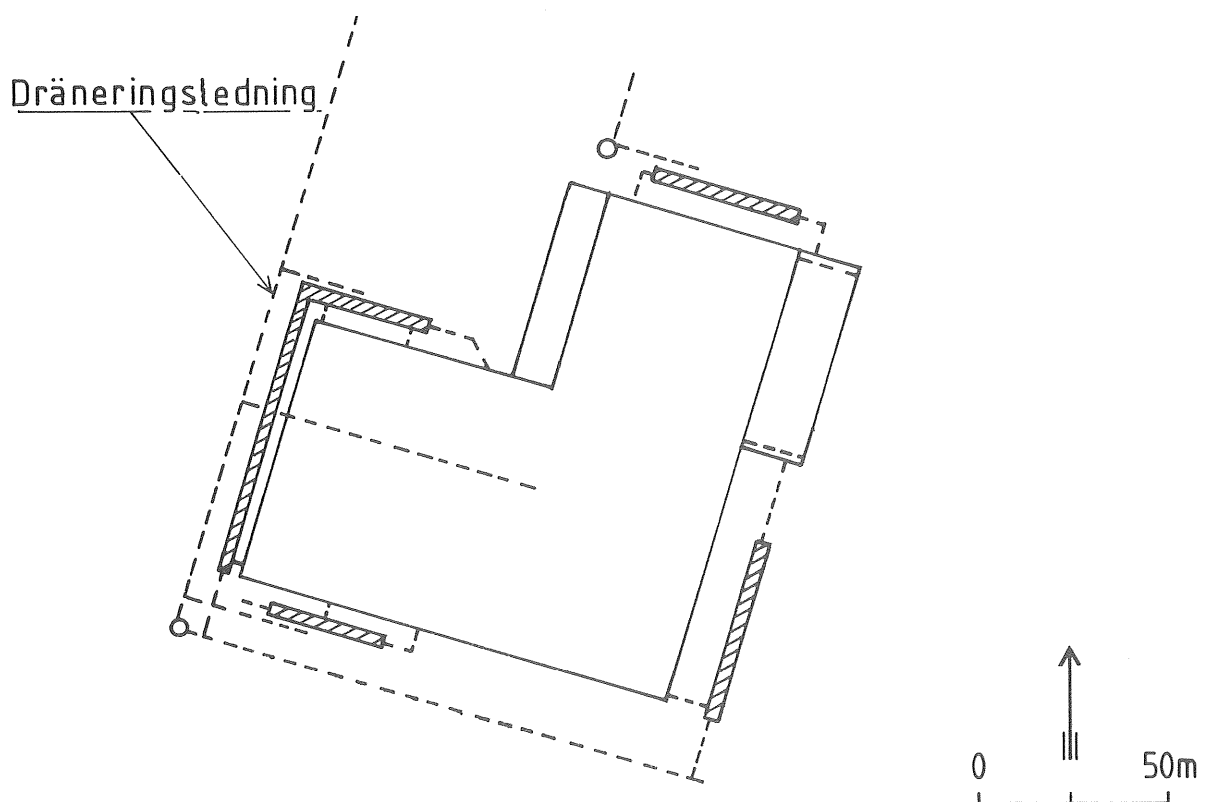
För att undersöka eventuell inlagring av dagvatten på en sådan grundvattennivå att vattenprover togs felaktigt, gjordes dubbla provtagningar i observationsröret nedströms magasinet (nr 2). Dels togs prover på samma sätt som i andra rör, dels togs prover efter en längre tids pumpning. Någon inlagringseffekt kunde dock inte visas.

3.2.2 Bebyggelsen utgörs av en 13 400 m² stor fabriksbyggnad med tak av asfaltpapp

Fabriksområdets storlek är ca 6 ha. Området utgörs dels av anlagda gräsytor, dels av hårdgjorda ytor, figur 5. De hårdgjorda ytorna består av ca 6 000 m² asfaltytor och fabriksbyggnaden som för närvarande är 13 400 m². Takbeklädningen utgörs av asfaltpapp. På taket finns fläktrum, rörluckor, mindre skorstenar, stoftavskiljare, motorer samt takbrunnar. Materialet i dessa delar utgörs av galvaniserad plåt, målad galvaniserad plåt, aluminium, stål och rostfritt stål.



Figur 5 Hårdgjorda ytor utgörs av fabriktaket och asfaltytor. I övrigt förekommer anlagda gräsytor



Figur 6 Perkolationsmagasin och dräneringsledningar vid Volvofabriken i Vara

3.2.3

Dagvattnet från taket leds ned till perkolationsmagasin runt byggnaden

För att undvika sättningar och samtidigt bibehålla markens bärighet har man vidtagit åtgärder för att hålla grundvattennivån mellan +83,00 och +83,80. Detta sker dels med hjälp av en dräneringsledning under fabriksgolvet dels med perkolationsmagasin runt fabriksbyggnaden. En dräneringsledning har också lagts söder om fabriksbyggnaden för att vid höga grundvattennivåer skära av strömningen mot fabriken, figur 6.

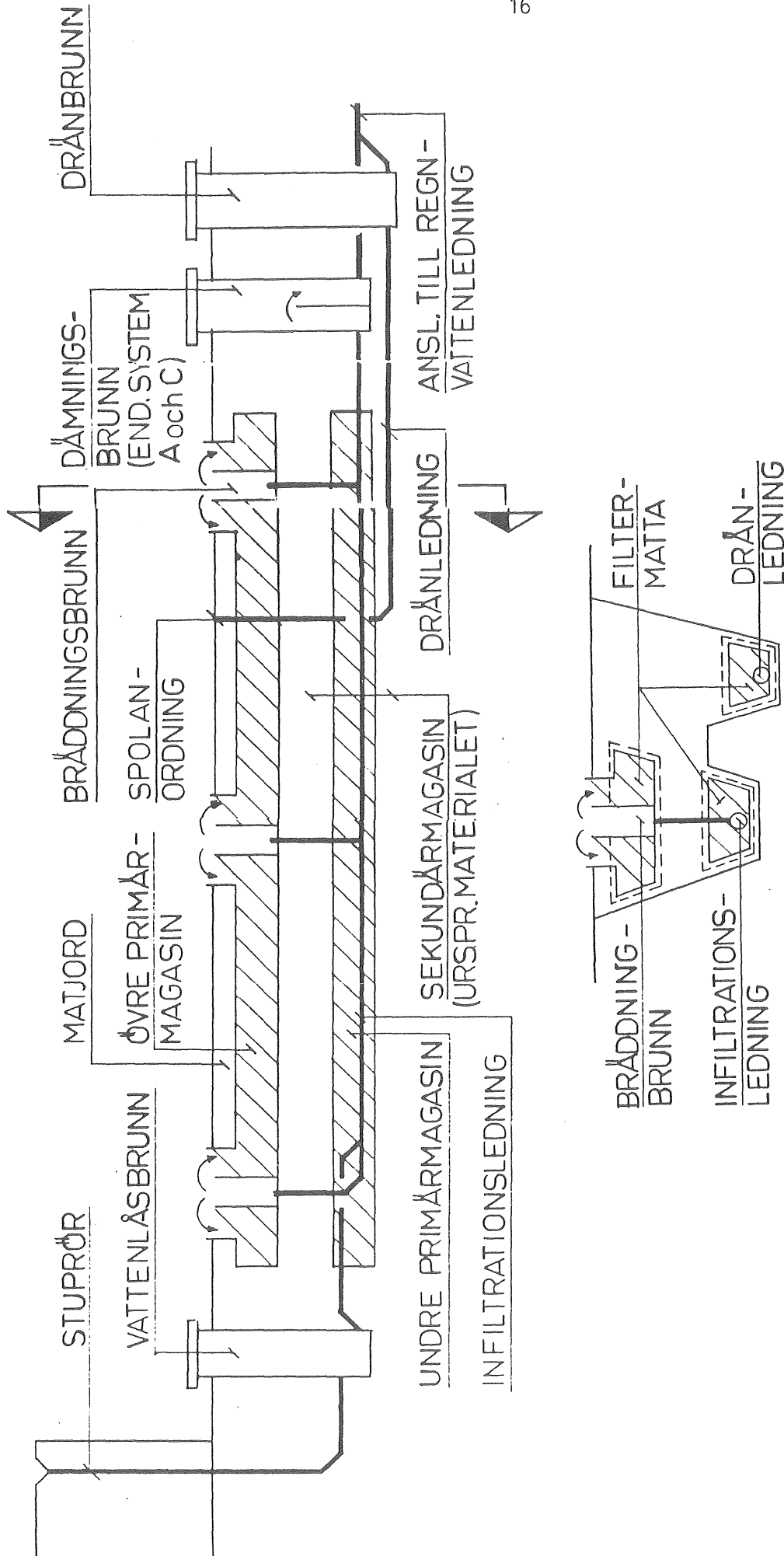
Infiltrationssystemet är uppdelat i tre separata delar, figur 7. Vattnet leds via ledningar av gjutjärn till en vattenlåsbrunn och vidare till perkolationsmagasinen. Perkolationsmagasinens utformning framgår av figur 7.

Anläggningen består av:

- Stuprör och markledningar till vattenlåsbrunn.
- Infiltrationsledning - betongrördiameter 225 mm med öppna fogar - omgiven av det undre primära perkolationsmagasinet som består av dräneringsmaterial omgivet av filtermatta.
- Bräddningsbrunnar på infiltrationsledningar vilka står i förbindelse med det övre primära perkolationsmagasinet via en invallning. Det övre magasinet är uppbyggt på samma sätt som det undre och täckt med matjord och gräs.
- Dräneringsledning invid infiltrationsgraven, som skapar ett sekundärt perkolationsmagasin i ursprungsmaterialet.
- Bräddningsbrunnarna fungerar också som spolbrunnar.

Anläggningens funktion är i korthet följande:

- Infiltrationsledningarna och det undre primära magasinet fylls. I långsam takt sprides vattnet ut i omgivande mark (det sekundära magasinet).
- Vattnet stiger i bräddningsbrunnarna, det övre magasinet fylls. I långsam takt sprides vattnet ut i omgivande mark (det sekundära magasinet).



SEKTION

Figur 7 Utformning av perkolationsmagasin vid Volvofabriken i Vara

- Vattnet bräddar över invallningen och ut över omgivande mark. För att förhindra detta vid byggnadens entrésida är ledningarna här anslutna till kommunens regnvattenledningar via ett särskilt bräddavlopp.
- Från det sekundära perkolationsmagasinet avleds över-skottsvatten medelst dränledningar till kommunens regnvattenledning. Detta är nödvändigt för att särskilt de långvariga regnen skall kunna infiltreras utan att högsta tillåtna grundvattenyta överskrids.

3.2.4

Instrumenteringen har utgjorts av nederbördsräknare, provtagningsanordning för dagvatten och brunnar för provtagning av grundvatten

Instrumenteringen framgår av figur 8.

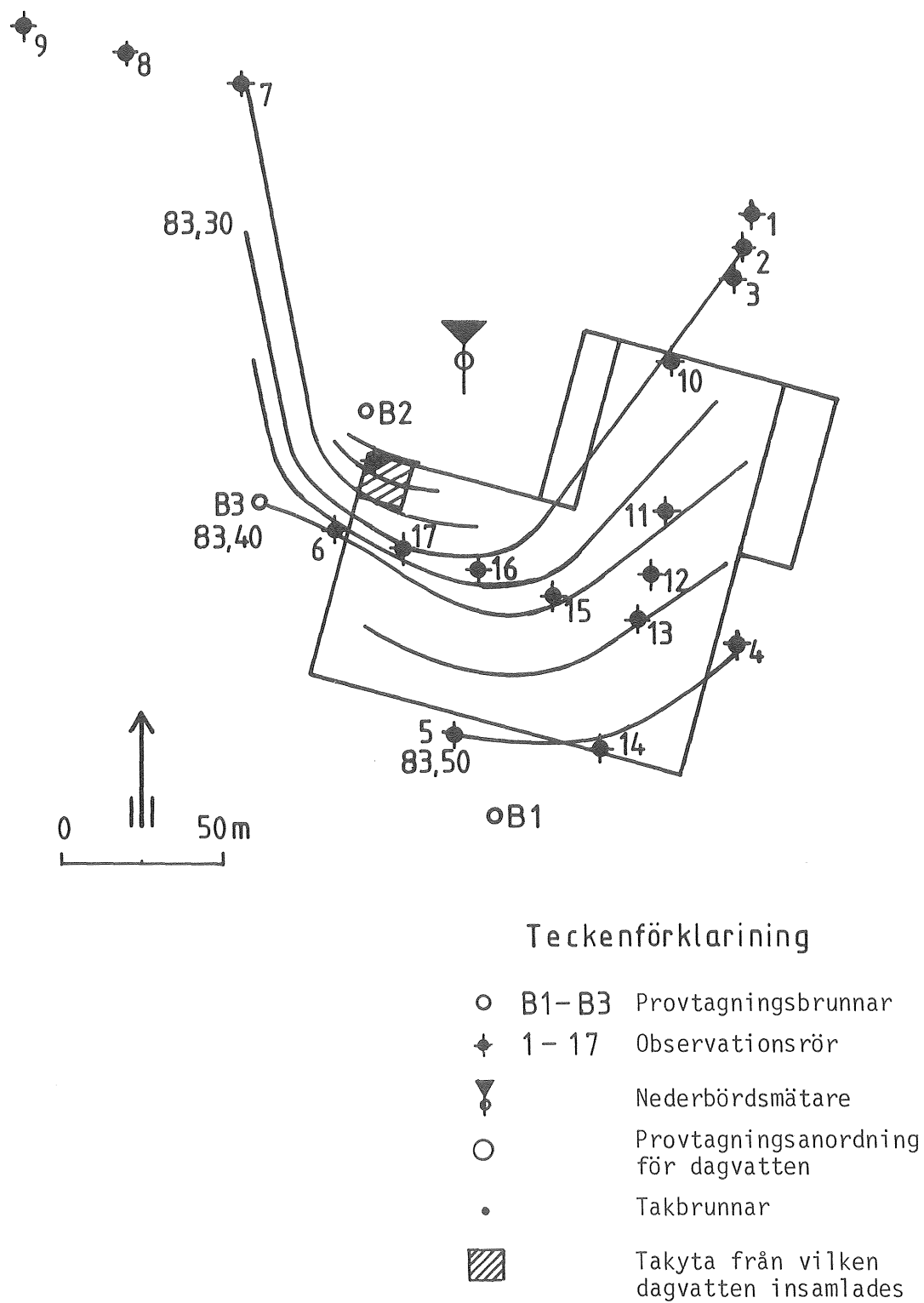
Provtagningsbrunnar

Inom området har tre provtagningsbrunnar installerats. Brunnarna består av rostfria (SIS 2333) slitsade filter-spetsar och förlängningsrör. Samtliga brunnar sitter 3,5 m under markytan. Intagsdelen är 1,0 m och sitter längst ned på brunnarna. Slitsöppningen är 0,4 mm och har dimensionerats med utgångspunkt från kornstorleks-analyser (d_{60}). Brunnarna rensumpades med ett horison-tellt spolmunstycke. I samband med rensumpningen byggdes ett formationsfilter upp. Korttidsprovpumpningen har gett kapaciteten 1.200 l/tim.

En brunn (B1) har placerats ovanströms perkolationsmaga-sinen. Brunn (B2) sitter omedelbart nedströms ett perko-lationsmagasin. Brunn (B3) har placerats vid sidan och på längre avstånd från perkolationsmagasinen, se figur 6 och 8.

Provtagningsanordning för dagvatten

Dagvatten insamlades från en mindre delyta av taket, ca 40 m². Provtagningskärl (50 l) av aluminium anslöts till befintliga stuprör inne i fabriken. När provtagningskär-let blev fyllt bräddades dagvattnet till befintligt led-ningsystem och vidare ut till vattenlåsbrunn och perko-lationsmagasin.



Figur 8. Instrumentering vid Volvofabriken i Vara samt grundvattennivåkartan för maj 1979

Nederbördsräätare

Nederbörden uppmättes med kontinuerligt registrerande nederbördsräätare, typ Hellman, under hela försöksperioden.

3.3

Beskrivning av undersökningarna vid motorvägen i Floda

Undersökningsområdet i Floda ligger ca 30 km NV om Göteborg. Dagvatten från motorvägen E3 infiltrerar naturligt i dikesrenar längs motorvägen, som byggdes i mitten av 1960-talet. Undersökningsområdet ligger på en sand- och grusavlagring som delvis har schaktats bort. Täktverksamhet har förekommit ca 300 m norr och öster om försöksområdet. Bildningen används för närvarande som vattentäkt för samhällena Floda och Lerum.

3.3.1

Motorvägen E3 skär i Floda genom ett isranddelta med komplex uppbyggnad, ett tätande lerskikt avgränsar två grundvattenförande formationer

Skallsjödeltat betraktas som ett isranddelta. Deltaplanet är ca 500 m långt och distalbranten i väster utgörs av en stor lob. Enligt Hillefors (1969) består ytbädden av grusig sand i väster, mot öster blir materialet grövre. Under ytbädden i deltats västra partier finns sand i jämna 2-3 dm mäktiga horisontella eller flackt mot norr stupande skikt. I botten av det större grustaget norr om motorvägen påträffade Hillefors två horisonter med glacial lera inlagrad i sand. Vid undersökningsborrningen i samband med brunnslokaliseringen påträffades ett minst 2 m mäktigt lerlager på samma nivå. Lera överlagras här av ett 2,5 m mäktigt sandigt moigt material. Även geoelektriska mätningar (Axelsson, Sundberg 1980) och äldre borrningar indikerar förekomst av ett tätande lerskikt. Lerskiktet avgränsar en undre sluten akvifer och en övre öppen akvifer. Vattnet läcker ut från båda akvifererna väster om deltat. I anslutning till källan finns en torvmosse utbildad.

Grundvattennivån ligger i den övre akviferen ca 2-4 m under markytan. Där motorvägen skär igenom deltat har grundvattennivån i dikesrenen varierat mellan 0,4-1,0 m under markytan. Marklagrens permeabilitet har uppmätts till

$2,5 \cdot 10^{-5}$ m/s (90 mm/tim), (medelvärde för 6 olika metoder från markytan ned till ca en meter under markytan. Axelsson & Sundberg 1980). Grundvattnets strömningshastighet har med utgångspunkt från dessa mätningar beräknats till ca 0,2-0,3 m/dygn i den övre akviferen.

Grundvattenströmningen inom området är västlig. Figur 9 visar interpolerade grundvattennivåer från 9 jordbrunnar i den övre akviferen. Nivådata har hämtats från äldre grundvattenundersökningar 1949-03-02 som utfördes i samband med lokaliseringen av vattentäkten. Nivåkartan har kontrollerats med uppmätta grundvattennivåer 1954 och 1959 samt med nivåmätningar i befintliga brunnar under projekttiden.

Grundvattenobservationer i provtagningsbrunnen B1 och i de båda grävda brunnarna B2 och B3 visar att grundvattenströmningen är parallell med motorvägens sträckning.

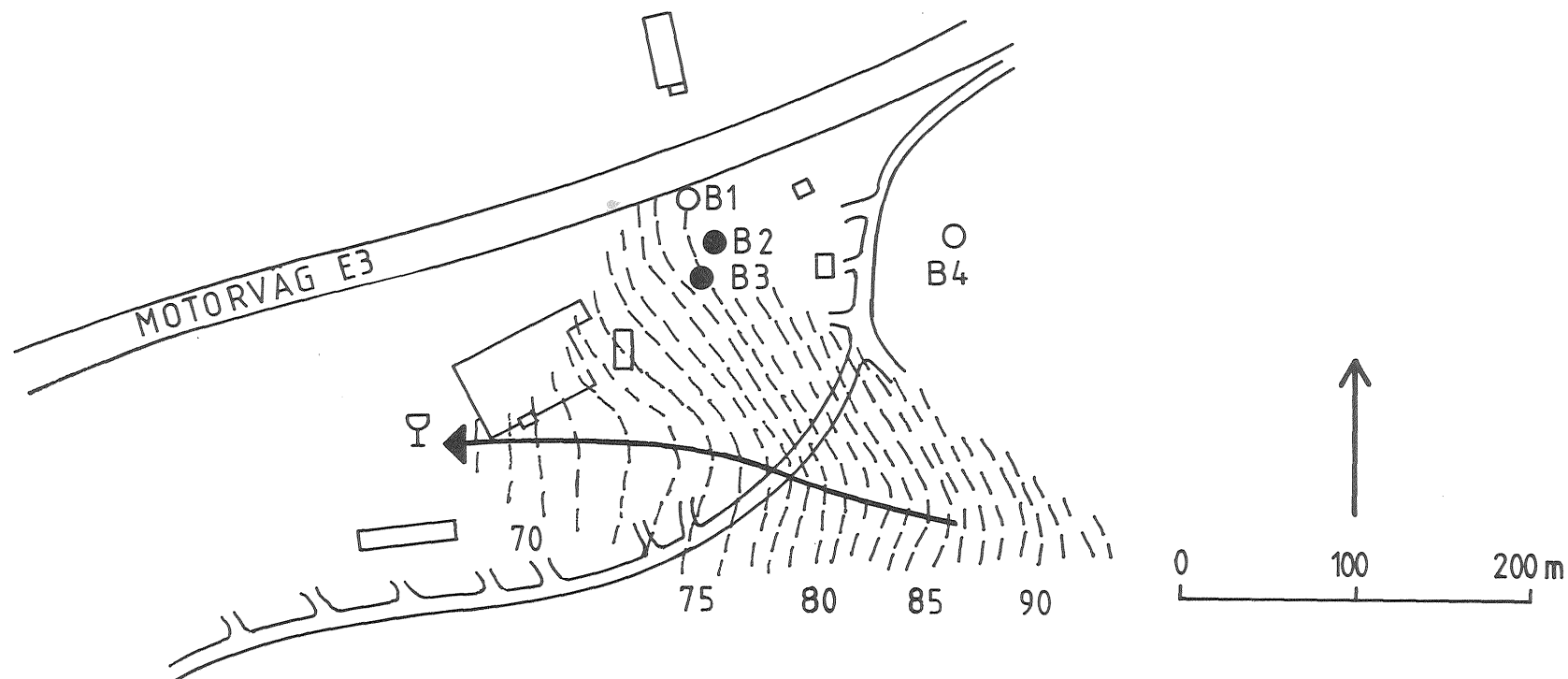
3.3.2

I diket vid motorvägen har en brunn för grundvattenprovtagning installerats

Dagvatten från motorvägen infiltrerar eller avleds i öppna diken längs vägen. I anslutning till motorvägen har en filterbrunn installerats. Brunnen sitter i dikesbotten, ca 3 m från motorvägens kant. Jordarten utgörs här av en moig grusig sand (0-1 m). Sanden underlagras här av ett lerlager som är minst 2 m mäktigt. Lerlagrets överyta ligger 2,5 m under dikesbotten. Brunnen är utformad på samma sätt som provtagningsbrunnarna i Vara, figur 10.

Inom området finns dessutom privata brunnar samt en vattentäkt för Flodas och Lerums vattenförsörjning, se figur 9.

Axelsson L, Sundberg C, 1980. Hydrogeologisk undersökning av Skallsjödeltat, Lerums kommun, Älvsborgs län. Geologiska institutionen, publikation B153, CTH/GU.



TECKENFÖRKLARING

-  Grundvattennivå, strömningsriktning
- OB1 Provtagningsbrunn
- B2,3 Grävdabrunnar
- B4 Vattentäkt
- Y Källa

Figur 9 Grundvattennivåkarta och strömningsriktning för den övre akviferen i Skallsjödeltat

4. PROV FÖR LABORATORIEANALYS HAR TAGITS PÅ GRUNDEVATTEN, DAGVATTEN OCH SNÖ

4.1 Grundvattenproven pumpades ur grundvattenrören med en rostfri membranpump

Grundvatten insamlades i Lidköping och Vara, dels från de neddrivna filterbrunnarna, dels från brunnar anslutna till perkolationsanläggningarna.

I Floda togs grundvatten från filterbrunnen i motorvägsdiket och från en privat brunn ca 30 m söder om motorvägen samt från vattentäkten.

Provtagning skedde vid samtliga lokaler på ett likartat sätt. För provtagningen användes en membranpump, vars kapacitet kan varieras mellan 4-40 l/h beroende på sughöjd. Pumpens sugrör är utfört av rostfritt stål, medan utloppsslangen är av teflon. Pumpen drivs av ett bensindrivet elverk. Före varje provtagningstillfälle skedde en genom-pumpning av 5-10 l, med avsikt att "skölja bort" i pumpen kvardröjande föroreningar m m. Vid varje provtagningsomgång fylldes som regel 4 olika provtagningsflaskor av glas. Vid varje provtagningstillfälle fördes även protokoll över grundvattennivåer, brunnskapaciteter och andra i samband med provtagningen gjorda iakttagelser.

4.2 Dagvattenproven togs i ett 50 l aluminiumkärl, placerat under stuprören

Insamling av dagvatten har skett dels från takytor (Vara och Lidköping), dels från en vägyta (Floda). Från takytorna anslöts provtagningskärlen, aluminiumflaskor 50 l, till dagvattensystemet, i båda fallen till stuprör. Efter aktuellt nederbördstillfälle transporterades flaskorna till VALaboratoriet på CTH, där provet fördelades i mindre kärl.

Dagvattnet från vägyta i Floda insamlades vid en lågpunkt i vägbanan, där avrinning normalt sker från vägytan ut över vägbankens sidor. Med hjälp av anvisare koncentrerades vattenföringen till ett i vägbanken delvis nedgrävt provtagningskärl. Transport och fördelning av provet utfördes på samma sätt som beskrivs för dagvatten.

4.3 Snöprovtagning utfördes med ett rör som stacks ned genom snön

Snöprover har tagits från industritaket i Vara, från radhustaket i Lidköping och från mittremsan på motorvägen E6 vid Floda. Proverna har tagits så att medelvärden erhållits från hela snöhöjden.

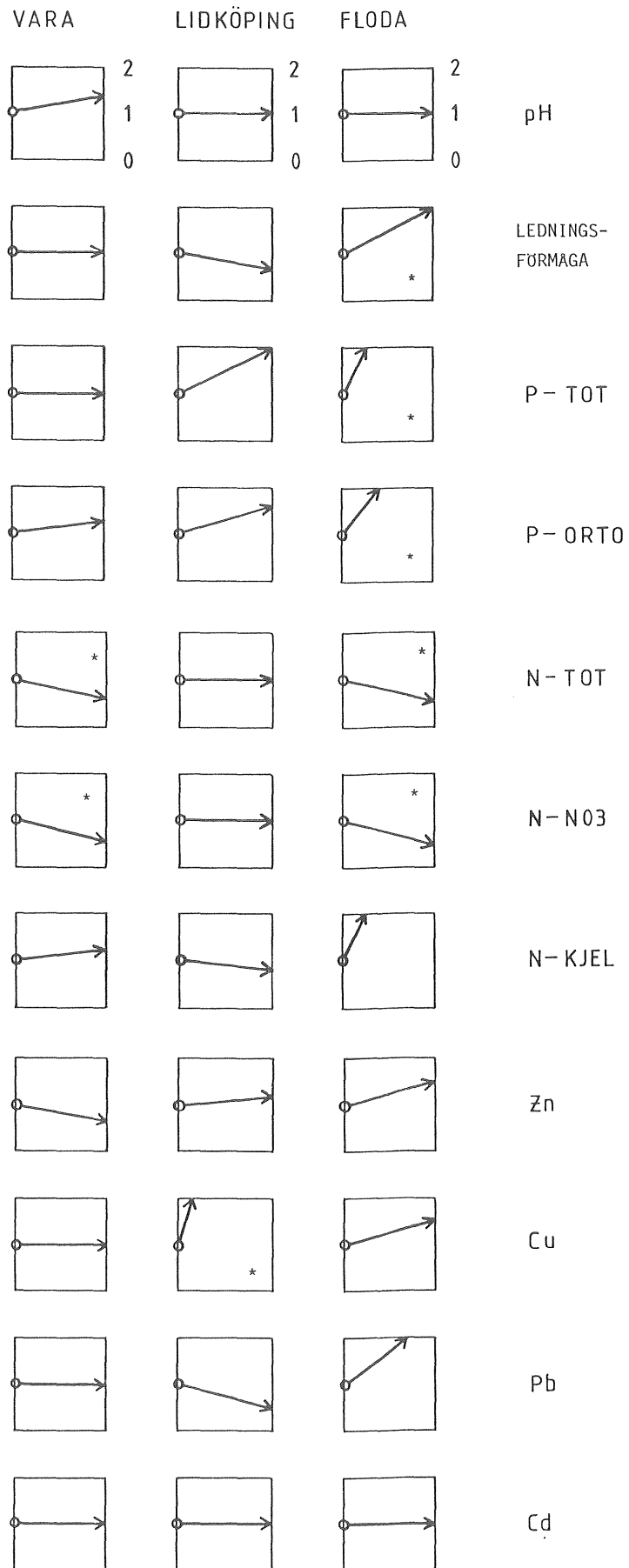
4.4 Laboratorieanalyser

De kemisk-fysikaliska analysmetoderna redovisas i bilaga 1.

5. UNDERSÖKNINGENS HUVUDRESULTAT ÄR ATT GRUNDVATTNET ENDAST I LITEN UTSTRÄCKNING PÅVERKAS AV DAGVATTENINFILTRATIONEN

I avsnitten nedan återfinns tabellariska uppställningar på några av de ämnen som undersökts. Sammanställningar av halter och spridningar för alla de studerade ämnena återfinns i bilagorna 2-6.

I figur 10 visas schematiskt hur halterna av vissa ämnen i grundvattnet vid de tre undersökningslokalerna förändras från uppströms infiltrationspunkten till nedströms. En horisontell pil anger oförändrad halt, en uppåtriktad pil ökad halt. Pilens lutning anger förändringens relativa storlek.



Figur 10 Förändring i grundvattnets halter av vissa ämnen genom dagvatteninfiltrationen.

* De med * markerade förändringarna är statistiskt signifikanta på 0,01-nivån.

5.1 Ämnen som finns i högre koncentrationer i grundvattnet än i dagvattnet späds ut genom infiltration

Följande ämnen finns - med vissa undantag - i högre koncentrationer i grundvattnet än i dagvattnet: N_{tot} , N_{NO_3} , Ca, K, Na, Mg, Cl, SO_4 , (ledningsförmåga). Några av ämnena kommenteras nedan.

5.1.1 Kväve

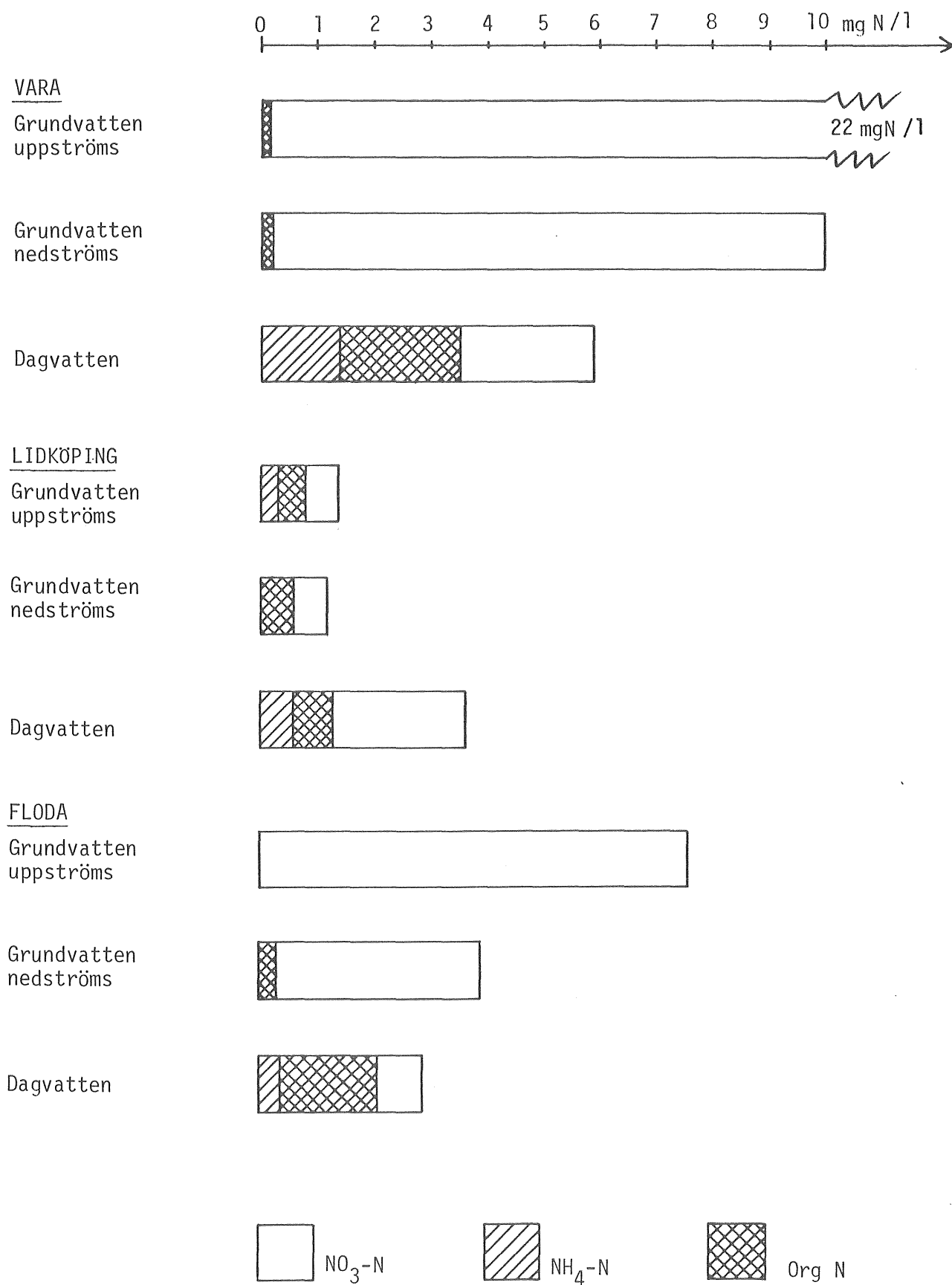
Fördelningen av de analyserade kväveformerna i dagvatten och i grundvatten från de tre undersökningsområdena visas i figur 11.

Kvävehalterna i grundvattnet i Floda och i Vara är högre än i dagvattnet i genomsnitt. (I Vara beror den höga kvävehalten i grundvattnet på gödsling av åkermark). Grundvattnet nedströms infiltrationspunkterna har genom utspädning fått lägre kvävehalter än det opåverkade grundvattnet uppströms. Dagvattnets innehåll av ammonium och organiskt kväve kan knappast spåras i grundvattnet nedströms. Det organiska kvävet torde genom filtrering kvarstanna nära infiltrationspunkterna och inte transporteras vidare till grundvattnet. Det kväve som finns i dagvattnet som ammonium omvandlas troligen till nitrat genom bakteriella processer i miljöer med god syretillgång. Det är mer osäkert om en vidare denitrifikation sker, men möjligheter till detta kan finnas i lokala, syrefria miljöer med tillgång på organiskt material.

I Lidköping sker ingen större förändring i grundvattnets kvävehalter genom dagvatteninfiltrationen, trots att dagvattnet har högre kvävehalter än grundvattnet. Grundvattnet har också en relativt hög halt organiskt kväve. Området har tidigare varit jordbruksbygd. Resultaten pekar på att viss kvävereduktion äger rum i perkolationsmagasinet.

5.1.2 Salter

I Vara har det opåverkade grundvattnet 2-3 gånger så hög salthalt, mätt som ledningsförmåga eller Na eller Cl, som dagvattnet (den snö som ligger på taket är ännu saltfattigare), se tabell 1. Nedströms perkolationsmagasinet uppvisar grundvattnet en något förhöjd salthalt, vilket alltså inte kan förkla-



Figur 11 Kväve i grundvatten och dagvatten

ras genom infiltration av dagvatten. Däremot kan dagvatten och smältvatten ha infiltrerat från den körväg som omger industribyggnaden. Detta antagande styrks av att även salthalten i rör nr 3, som står vid sidan av perkolationsmagasinet, är förhöjd.

Ledningsförmågans variation under året visas i figur 16. Här kan man se att salthalten i det opåverkade grundvattnet är relativt konstant under året medan salthalten i grundvattnet nedströms perkolationsanläggningen ökar under tiden för snösmältning från mars till juni, varefter den åter sjunker.

I Lidköping är det opåverkade grundvattnets salthalt ungefär fem gånger dagvattnets, mätt som ledningsförmåga, eller ca 10 gånger, mätt som klorid. Nedströms perkolationsmagasinet har grundvattnets salthalt sjunkit till ungefär hälften av halten uppströms, vilket innebär att dagvattnet har spätt ut grundvattnet. Underlaget är för litet för att man skall kunna dra slutsatser om årstidsvariationerna. Dock finns inga körbaneytor som saltas vintertid nära perkolationsmagasinet.

I Floda, där dagvatten från motorvägen infiltreras i ett dike, är förhållandena annorlunda. I medeltal under året har visserligen det opåverkade grundvattnet högre salthalter än dagvattnet (ca fem gånger), men smältvattnets salthalter under vintern och våren är betydligt högre, ibland upp till 2000 mg Cl/l. Detta gör att grundvattnet nedströms (under) infiltrationsdiket i genomsnitt under året har en förhöjd salthalt om två till fyra gånger. Underlaget är för litet för att utvärdera årstidsvariationen.

5.2 Ämnen som finns i relativt höga koncentrationer i dagvattnet fastläggs i perkolationsmagasinen eller markytan

I dagvattnet finns i allmänhet mer suspenderat material, organiskt material, fosfor, ammonium och organiskt kväve samt tungmetaller än i det opåverkade grundvattnet. pH-värdet är lägre i dagvattnet. Några av dessa ämnen behandlas nedan. (Kväve har behandlats i föregående avsnitt).

Tabell 1 Medelvärden av ledningsförmågan i grundvatten uppströms och nedströms infiltrationspunkten samt i dagvatten och snö ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

	Grundvatten uppströms	Grundvatten nedströms	Dagvatten	Snö
Vara	460	490	230	130
Lidköping	440	320	87	37
Floda	280	550	53	20.000

5.2.1 Organiskt material (syreförbrukande ämnen)

Halten organiskt material, mätt som KMnO_4 -förbrukning, ökar inte i grundvattnet i Vara och Lidköping genom dagvatteninfiltrationen, trots att dagvattnets halt är betydligt högre än det opåverkade grundvattnets (3-20 ggr). Detta antas bero på att det organiska materialet till största delen är partikulärt och därför fränfiltreras i eller nära perkolationsmagasinen.

I Floda däremot sker en ökning av grundvattnets KMnO_4 -förbrukning från 3,5 till 15 mg/l, jämfört med dagvattnets medelförbrukning 100 mg/l. (I snö har COD-halten 3700 mg/l uppmätts). Ökningen av grundvattnets halt organiska (syreförbrukande) ämnen torde bero på att de av trafiken alstrade organiska ämnena till viss del är lösliga eller möjliga att transportera med vatten.

5.2.2 Fosfor

Dagvattnets fosfor fastläggs effektivt i perkolationsmagasinen eller i marklagren. Detta gäller såväl den partikulära som den lösliga fosfor. Tabell 2 visar medelhalter i grundvatten och dagvatten.

I Vara sker nästan ingen höjning av grundvattnets fosforhalt genom dagvatteninfiltrationen, trots att dagvattnet har ca tio gånger högre fosforhalter (såväl totalfosfor som fosfatfosfor) än grundvattnet.

I Lidköping sker en viss ökning av grundvattnets redan före perkolationsmagasinet relativt höga fosforhalt. Grundvattnet nedströms infiltrationspunkten har ibland högre fosforhalt än såväl grundvattnet uppströms som dagvattnet. En möjlig förklaring kan vara gödsling av blomsterrabatter och gräsmattor.

Dagvattnet och särskilt smältvattnet i Floda har relativt höga totalfosfor och fosfatfosforhalter, upp till 1,3 mg P_{tot} /l. Detta påverkar dock i endast liten utsträckning grundvattnets fosforhalt som ökar från låga 8 $\mu\text{g } P_{PO4}$ /l till 27 $\mu\text{g } P_{PO4}$ /l. Totalfosforhalten är 10 respektive 37 $\mu\text{g } P_{tot}$ /l. Här har marken förmått binda större delen av dagvattnets fosfor.

Tabell 2 Medelhalter av totalfosfor och ortofosfatfosfor i grundvatten uppströms och nedströms infiltrationspunkten samt i dagvatten och snö

	Grundvatten uppströms	Grundvatten nedströms	Dagvatten	Snö
TOTALFOSFOR, $\mu\text{g/l}$				
Vara	22	27	290	81
Lidköping	120	180	210	170
Floda	10	37	180	1.000
FOSFATFOSFOR $\mu\text{g/l}$				
Vara	13	19	140	24
Lidköping	110	140	120	77
Floda	8	27	140	710

5.2.3 Tungmetaller

De studerade tungmetallerna är zink, koppar, bly, kadmium, järn och mangan. Järn- och manganhalterna är dock svåra att bedöma genom att grundvattenrören kan ha kontaminerat proven.

I Vara ökar inte grundvattnets halter av någon av de fyra metallerna zink, koppar, bly eller kadmium genom dagvatteninfiltrationen, se tabell 3, trots att dagvattnets halter är avsevärt högre än grundvattnets - från två gånger högre för kadmium till tio gånger högre för zink. Anledningarna till detta torde vara fränfiltrering av partikulära metaller samt utfällning, adsorption och jonbyte av lösta metaller.

I Lidköping sker heller ingen ökning av grundvattnets innehåll av zink, bly och kadmium. Däremot ökar kopparhalten markant - från i medeltal 13 $\mu\text{g Cu/l}$ i grundvattnet uppströms perkulationsmagasinet till i medeltal 120 $\mu\text{g Cu/l}$ nedströms (medelvärden av fyra prov). Anledningen till detta kan

Tabell 3 Medelhalter av tungmetallerna zink, bly, koppar och kadmium i grundvatten uppströms och nedströms infiltrationspunkten samt i dagvatten och snö ($\mu\text{g/l}$)

	Grundvatten uppströms	Grundvatten nedströms	Dagvatten	Snö
ZINK				
Vara	33	21	310	120
Lidköping	74	87	340	44
Floda	30	44	150	250
KOPPAR				
Vara	12	12	37	4
Lidköping	13	120	29	9
Floda	11	16	41	170
BLY				
Vara	2	2	16	10
Lidköping	3	2	12	31
Floda	7	17	160	1.700
KADMIUM				
Vara	0,3	0,2	0,7	-
Lidköping	0,7	0,8	1,0	-
Floda	<0,4	<0,4	0,7	4,9

inte vara det dagvatten som infiltreras i perkolationsmagasinet, ty detta har kopparhalten 29 µg/l under den varma årstiden och 9 µg/l under den kalla årstiden (snö) (medelvärden av två prov). Inga byggnadsbeslag eller andra föremål av koppar finns inom perkolationsmagasinets tillrinningsområde. Möjliga förklaringar är kopparföremål i fyllnadsmassorna eller kopparimpregnerat byggnadsvirke.

I Floda ökar grundvattnets halter av zink, koppar och bly med 50-150 % genom dagvatteninfiltrationen. Mest ökar bly, från 7 till 17 µg Pb/l (medelvärde av fem prov), vilket fortfarande är att betrakta som en låg halt. Kadmiumhalten i grundvattnet förändras inte.

Ökningen av grundvattnets metallhalter genom dagvatteninfiltrationen är mycket måttlig i beaktande av att dagvattnet och smältvattnet har höga metallhalter (upp till 2,1 mg Pb/l och 12 µg Cd/l). Dikesinfiltration synes alltså vara ett effektivt sätt att fränkskilja tungmetaller från det infiltrerade dagvattnet.

För att undersöka hur stor del av dagvattnets och snöns tungmetaller som det är möjligt att mekaniskt fränfiltrera gjordes metallanalyser även på prover som filtrerats genom glasfiberfilter. Resultaten, som visas i bilaga 5, pekar på några genomgående tendenser men också på en del oförklarade motsägelser.

Möjligt att fränfiltrera är dels bly i dagvatten och i snö från alla tre lokalerna (49-93 %), dels zink, koppar, bly och kadmium i snö från motorvägen vid Floda (70-93 %).

I övrigt påvisades, med vissa undantag, att endast en mindre del av metallerna går att fränfiltrera i glasfiberfilter. Detta betyder dock inte, vilket visats ovan, att reduktionen av metallerna i perkolationsmagasin eller markyta är låg, eftersom adsorption, jonbyte och utfällning och möjligen också biologisk fastläggning är verksamma processer.

5.2.4 Bakterier och svampar

Resultaten från bakterieanalyserna är svårtolkade dels genom de stora riskerna för kontamination av proverna vid provtagning och transport, dels genom det lilla antalet prov.

En viss ökning av totalhalten bakterier och halten coliforma bakterier i grundvattnet genom dagvatteninfiltrationen synes äga rum i Vara medan detta är mer tveksamt i Lidköping och Floda. Termotabila coliforma bakterier kunde påvisas nedströms infiltrationspunkten vid ett tillfälle i Floda och ett tillfälle i Lidköping (där dock termotabila coliforma bakterier kunde påvisas även uppströms perkolationsanläggningen). Fekala streptokocker kunde påvisas nedströms infiltrationspunkten vid två tillfällen i Vara och ett tillfälle i Floda.

Antalet jästsvampar och trådsvampar i grundvattnet har i Vara och Lidköping inte ökat genom dagvatteninfiltrationen. I Floda har vid några tillfällen påvisats måttliga öknings av svampkoncentrationerna.

Resultaten från bakterie- och svampanalyserna visas i bilaga 4, där också de bakterietypningar som utförts redovisas.

5.2.5 pH-värde

I Vara ökar grundvattnets pH-värde från 5,3 uppströms perkolationsmagasinet till 6,9 nedströms, se tabell 4, samtidigt som pH-värdet vid sidan om perkolationsmagasinet (rör 3) är 5,9. Dagvattnets pH är 5,4. Anledningen till att grundvattnets pH ökar är att det svagt buffrade dagvattnet får passera betongledningar och -brunnar före infiltrationen. Grundvattnets kalciumhalt ökar också vid infiltrationen, trots att dagvattnets kalciumhalt är lägre än en tiondel av grundvattnets. Detta bekräftar att kalkutlösning från betongmaterialen har ägt rum.

I såväl Lidköping som Floda är dagvattnets pH-värde mer än en enhet lägre än grundvattnets. Trots detta förändras inte grundvattnets pH-värde vid infiltrationen, vilket även här

skulle tyda på kalkutlösning från betongmaterial eller fyllnadsmassor. Detta styrks av att kalciumhalten i grundvattnet i Lidköping förblir oförändrad medan den i grundvattnet i Floda ökar något vid infiltrationen, trots att dagvattnets kalciumhalt vid båda lokalerna är lägre än det opåverkade grundvattnets.

Tabell 4 Medelvärden av pH i grundvatten uppströms och nedströms infiltrationspunkten samt i dagvatten och snö

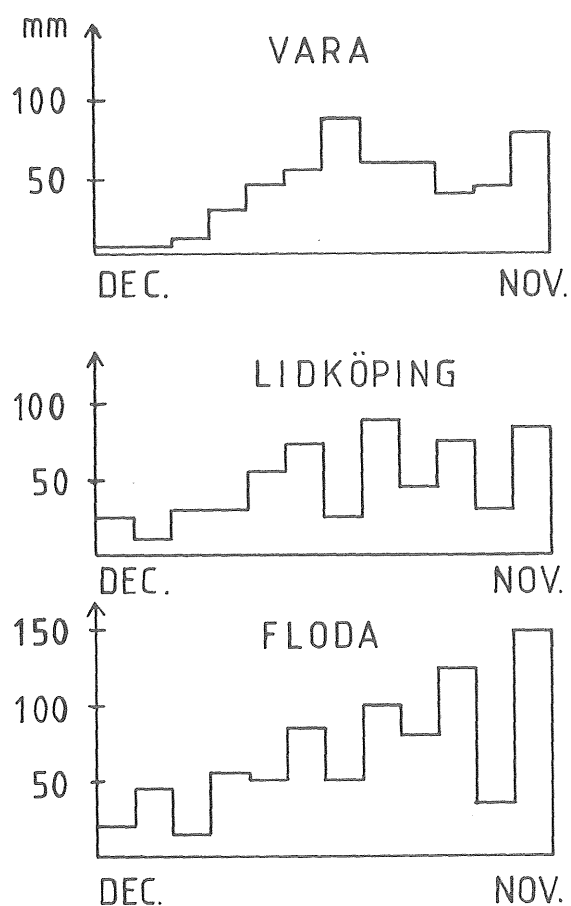
	Grundvatten uppströms	Grundvatten nedströms	Dagvatten	snö
Vara	5,3	6,8	5,4	5,3
Lidköping	5,9	6,0	5,1	4,3
Floda	6,2	6,3	4,8	4,8

5.3 Dagvatteninfiltrationens påverkan på grundvattnets kvalitet varierar med årstiden

Årstidsvariationerna har kunnat studeras endast vid Vara, där provtagning skett upp emot en gång per månad. En jämförelse mellan dagvatten och snö har dock gjorts för alla de studerade lokalerna, vilket framgår av resultatbilagorna.

5.3.1 Nederbörden har varit nära normal under mätåret

Nederbördens årsvariation under mätåret i de tre undersökningslokalerna redovisas i fig 12 som månadsvärden. Under hela mätåret har fallit i Vara 571 mm, i Lidköping 525 mm och i Floda (Öjared) 809 mm.



Figur 12 Månadsnederbörd under mätåret

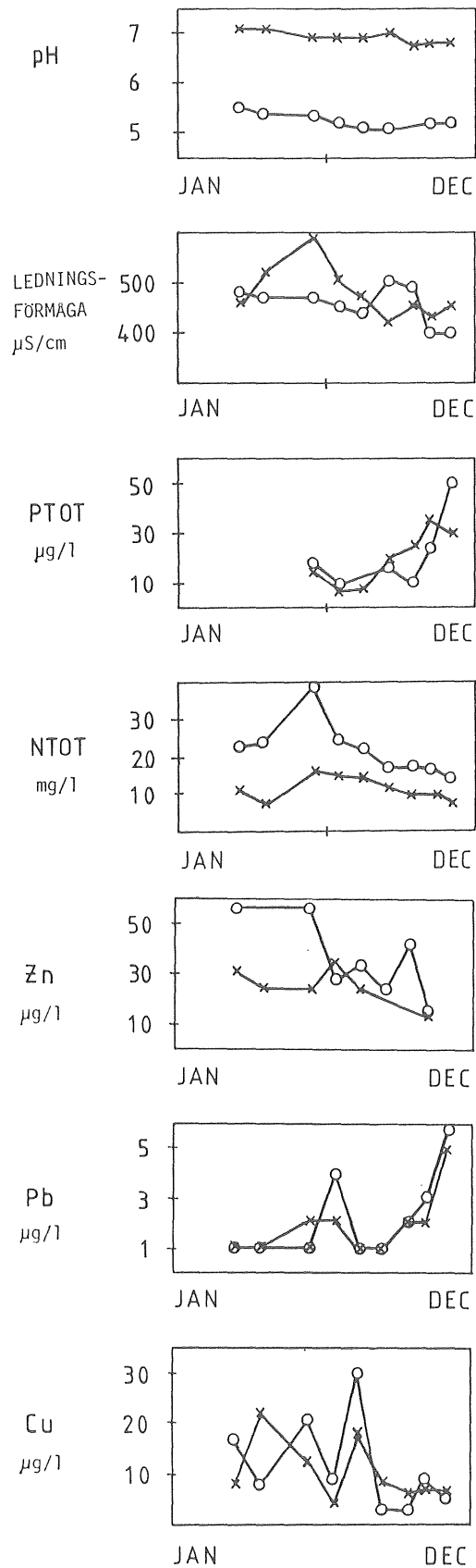
5.3.2 I Vara påverkar gödslingen av åkermarken grundvattnets kvalitet mer än dagvatteninfiltrationen

Provtagning av grundvatten och dagvatten har skett oftare i Vara än i Lidköping och Floda, varför årstidens inverkan på grundvattenkvaliteten endast kan visas för Vara.

I fig 13 visas variationen av vissa ämnen i grundvattnet uppströms och nedströms perkolationsmagasinet.

Ur figurerna kan man se den påverkan av grundvattnets sammansättning som redogjorts för ovan, till exempel höjningen av pH-värdet och minskningen av den totala kvävehalten. Man kan också se den kraftiga höjningen av kvävehalten i grundvattnet under juni månad vilket tolkas som en effekt av gödslingen av åkermark.

I övrigt är resultaten mer svårtolkade.



Figur 13 Årstidsvariationer för vissa ämnen i grundvatten uppströms (-o-) och nedströms (-x-) perkola-tionsmagasinet i Vara.

5.4 Grundvattnets innehåll av PAH (polyaromatiska kolväten) ökar endast vid motorvägen i Floda

Polyaromatiska kolväten (PAH) genereras och sprids huvudsakligen till atmosfären genom förbränning av fossila bränslen, men även till stor del genom vissa industriella processer. Olja innehåller en mindre del PAH som sprids genom spill.

I luft såväl som i vatten är PAH till stor del partikelbundet och vid infiltration av förorenat dagvatten sker en kraftig reducering i vattnet genom avlägsnande av partiklar. PAH tillföres dock inte grundvattnet endast genom infiltration av förorenat dagvatten, utan marken innehåller i sig stora mängder PAH som kan lakas ut och transporteras ner i grundvattnet. Förekomsten av PAH i marken är inte endast orsakat av mänskliga aktiviteter. En naturlig bakgrund har dessutom alltid funnits på grund av bl a skogs- och gräsbränder, och troligtvis är åtminstone vissa PAH av biologiskt ursprung. PAH torde också tillföras genom de oljor som finns i bekämpningsmedel, t ex för jordbruksändamål.

5.4.1 PAH-analyserna gjordes med spektrofluorimetrisk metod direkt på hexanextrakt

Provtagning skedde med samma provtagningsutrustning som för övriga parametrar i undersökningen och denna var anpassad för att hålla kontamination på så låg nivå som möjligt. Endast en provtagningspump var dock tillgänglig för provtagning under mark och fullständig kontroll över kontamination var därför inte möjlig.

Tre olika analysmetoder var planerade att användas för analys av PAH i hexanextrakt av vatten.

1. Gaskromatografi på kapillärkolonn efter upparbetning genom upprepad vätskeextraktion i cyklohexan-timetylformamid-vatten för separation och bestämning av enskilda PAH-komponenter.
2. Spektrofluorimetriska mätningar direkt på extrakt.
3. Vätskekromatografisk upparbetning kombinerad med lågtemperaturfluorescens för bestämning av bens(a)pyren (BaP) med hög känslighet.

Av dessa metoder har direkta fluorescensmätningar tillräcklig känslighet för att kunna tillämpas på 1-liters prover av grundvatten, medan de båda övriga måste ske på betydligt större provmängder. För detta ändamål används som provtagningskärl 50-liters mjölkkanor av aluminium. Provtagning i dessa möjliggjorde dock inte en tillräckligt kontaminationsfri provbehandling för att anses relevant för PAH-analyser på grundvattnet. Med ledning av resultat från de direkta fluorescensmätningarna övergavs gaskromatografibestämningarna dessutom på grund av för låg känslighet medan försök gjordes med provtagning i 10 liters glasflaskor för analys med vätskekromatografi och kallfluorescens.

Utveckling av denna analysmetod ledde dock inte till tillräckligt bra resultat för att selektivt kunna bestämma BaP.

Fluorescensmätningar

Spektrofluorimetriska mätningar direkt på hexanextrakt kan utnyttjas för analys av PAH. Detta är möjligt tack vare deras karakteristiska fluorescens i UV och kortvågigt synligt ljus, samt att extraktion med hexan har viss selektivitet för denna typ av föreningar gentemot andra fluorescerande substanser. Metoden klarar inte att skilja enskilda PAH åt, men genom att utnyttja olika kombinationer av excitations- och emissionsvåglängder kan viss selektivitet uppnås för olika typer av PAH.

1-liters vattenprover extraheras med 10 ml hexan. Detta extrakt analyseras i spektrofluorimeter direkt eller efter utspädning beroende på halt i provet. För excitation används våglängderna 230, 270 och 310 nm och emissionsspektrum registreras vid var och en av dessa. För utvärdering används kombinationerna ex 230 nm - em 240 nm, ex 270 nm - em 360 nm och ex 310 nm - em 400 nm för kvantifiering gentemot standarden av naftalen, fenantren respektive bens(a)pyren. Resultaten anger således inte halten av dessa tre komponenter utan snarare halten av PAH och eventuellt andra fluorescerande föreningar som ekvivalenter av dessa tre komponenter, där dessa får representera ringsystem med två, tre respektive mer än fyra ringar. Resultaten ska därför inte tolkassom en kvantifiering av PAH, utan redovisade värden möjliggör huvudsakligen en jämförelse mellan

olika provtagningspunkter. Förutom haltjämförelser i de tre ekvivalenterna kan spektrala skillnader som bl a visar sig genom variationer i förhållandet mellan de tre ekvivalenterna, visa om grundvattnet är påverkat av infiltrerat dagvatten.

5.4.2

Resultaten visar att ingen påverkan vad gäller PAH kan påvisas i Vara och Lidköping men däremot vid motorvägen i Floda
Erhållna resultat uttryckta i naftalen-, fenantren- och BaP-ekvivalenter redovisas i bilaga 6, där även provets sammansättning finns uttryckt som kvoten mellan naftalen- och fenantrenekvivalenter respektive bens(a)pyren- och fenantrenekvivalenter.

Hexanens bakgrund motsvarar i vattenprover halten av 0,08, 0,01 respektive 0,0004 µg/l i de tre ekvivalenterna. Som jämförelsevärden har Göteborgs dricksvatten halter på ca 2,0, 0,8 respektive 0,04 µg/l.

Vara

Vid de två första provtagningsomgångarna ligger uppmätta halter i grundvattenbrunnarna långt högre än vid efterföljande mätningar. Möjlig orsak till detta är, trots vidtagna reningsåtgärder, kontamination från utrustningen. Vid vidare jämförelse bortses därför från resultat från grundvattenrören vid de två första provtagningsomgångarna. Hur stor inverkan denna kontamination kan ha haft på senare analyser är omöjligt att säga. Skillnaden mellan grundvatten och dagvatten är stor, men beaktas bör att i dagvattnet är säkert en mycket stor del partikelbundet.

De medelhalter som uppmätts i de olika grundvattenbrunnarna varierar inom ca en faktor två. Uttryckt i såväl naftalen-, fenantren- och bens(a)pyrenekvivalenter uppvisar brunn 2A och 3 låga medelvärden, medan brunn 1 ligger högst för naftalenekvivalenter och brunn 2B högst för fenantren- och bens(a)pyrenekvivalenter.

Dessa värden medger inte några möjligheter att påvisa påverkan från dagvatteninfiltrationen. Signifikanta skillnader i provsammansättningen mellan olika grundvattenbrunnar utläses ur bilaga 6, men någon korrelation mellan höga halter och extrem sammansättning verkar inte förekomma. Några indikationer på inverkan av infiltrationen har alltså inte kunnat påvisas.

Lidköping

Samma problem med kontamination från grundvattenbrunnar som i Vara kan tänkas förekomma, men uppmätta halter i första provomgången ligger inte lika högt som där. Analysmaterialet är dock alltför litet för att dra några slutsatser om påverkan av grundvattnet.

Floda

Här uppvisar dagvattnet som väntat mycket högre halter än i Vara och Lidköping och med en sammansättning förskjuten mot större andel stora aromater.

I grundvattenröret precis intill motorvägen ligger uppmätta värden också klart högre än i Vara och Lidköping, men någon provtagningspunkt för opåverkat grundvatten finns inte här som jämförelse. Även sammansättningen i grundvattenröret är förskjuten mot tyngre aromater och en påverkan av infiltrerat dagvatten verkar ganska klar.

Sammanfattningsvis har resultat som framkommit genom undersökningen visat att grundvattnet under motorvägsdiket är påverkat av dagvatteninfiltrationen, medan resultaten från Vara och Lidköping inte kunnat påvisa påverkan.

Före en säkrare bedömning av eventuell påverkan på dessa platser krävs provtagningsbrunnar där kontamination säkrare kan begränsas, samt provbehandlingsmöjligheter för större vattenprover för att möjliggöra användning av selektivare analysmetoder än som nu varit fallet.

Kemisk-fysikaliska analysmetoder

Analyt	Metod	Analysgräns
pH	Potentiometrisk	
Ledningsförmåga	Konduktometrisk	10 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Susp ämnen	Gravimetrisk (RA-filter 934 AH 5,5 cm)	1 mg/l
KMnO_4 -förbr	Titrimetrisk (oxalat)	2 mg/l
P_{tot} , P_{orto}	Spektrofotometrisk (SIS 028126-27)	10/25 $\mu\text{g}/\text{l}$ (vid resp 5 och 1 cm kuvett)
NH_4 -N	Spektrofotometrisk (indofenol)	10/20 $\mu\text{g}/\text{l}$ (vid resp 5 och 1 cm kuvett)
Kjeldahl-N	Spektrofotometrisk (+ uppslutning)	100 $\mu\text{g}/\text{l}$
NO_2 -N	Spektrofotometrisk (indol)	10/20 $\mu\text{g}/\text{l}$
NO_3 -N	Spektrofotometrisk (2,6 Dimetylfenol)	100 $\mu\text{g}/\text{l}$
Cl	Jonselektiv elektrod	1 mg/l
SO_4	Spektrofotometrisk (kromat)	2/5 mg/l (vid 5 resp 1 cm kuvett)
Fe	Spektrofotometrisk (o-fenantrolin)	20 $\mu\text{g}/\text{l}$
Zn	Atomabsorptionsspektrofotometrisk, flamma	20 (50) $\mu\text{g}/\text{l}$
Cu	Atomabsorptionsspektrofotometrisk, grafitugn	5 $\mu\text{g}/\text{l}$
Pb	Atomabsorptionsspektrofotometrisk, grafitugn	2 $\mu\text{g}/\text{l}$
Cd	Atomabsorptionsspektrofotometrisk, grafitugn	0,4 $\mu\text{g}/\text{l}$
Mn	Atomabsorptionsspektrofotometrisk, flamma	0,2 mg/l

Analyt	Metod	Analytgräns
Na	Atomabsorptionsspektrofotometrisk, flamma	2 mg/l
K	Atomabsorptionsspektrofotometrisk, flamma	0,2 mg/l
Ca	Atomabsorptionsspektrofotometrisk, flamma	5 mg/l
Mg	Atomabsorptionsspektrofotometrisk, flamma	0,1 mg/l

Grundvattnets sammansättning i VARA. Maxhalter (M), medelhalter ($\bar{m}$), spridningar (σ) och antal prov (n) för vissa komponenter.

	Grundvatten uppströms infiltrationspunkten (rör 1)				Grundvatten nedströms infiltrationspunkten (rör 2 A)				Grundvatten nedströms infiltrationspunkten efter förlängd urspolning (rör 2 B)				Grundvatten vid sidan av infiltrationspunkten (rör 3)			
	M	$\bar{m}$	σ	n	M	$\bar{m}$	σ	n	M	$\bar{m}$	σ	n	M	$\bar{m}$	σ	n
pH	5.1 ¹⁾	5.3	0.2	8	6.8 ¹⁾	6.9	0.1	9	6.6 ¹⁾	6.8	0.2	7	5.6 ¹⁾	5.9	0.3	9
$\mu\text{S/cm}$	500	460	37	9	590	470	59	9	530	490	36	7	680	570	49	9
mg KMnO_4/l	5	4	2	9	6	5	1	9	6	5	1	7	5	4	1	9
$\mu\text{g Ptot/l}$	50	22	15	6	28	16	8	7	42	27	15	6	15	8	4	7
$\mu\text{g Porto/l}$	20	13	4	6	19	12	6	7	30	19	9	6	10	7	3	7
mg Ntot/l	40	22	7.7	9	19	12	4.5	9	14	10	1.9	7	19	14	3.6	9
mg NNO_3/l	40	22	7.7	9	19	12	4.5	9	14	10	1.9	7	19	14	3.6	9
mg NNH_4/l	0.03	0.01	0.01	8	0.11	0.04	0.03	8	0.05	0.03	0.01	7	0.04	0.03	0.02	9
mg NNO_2/l	0.02	<0.01	<0.01	9	0.10	0.06	0.03	9	0.06	0.03	0.01	7	0.02	<0.01	<0.01	9
mg $\text{N}_{\text{Kje}}/\text{l}$	0.55	0.13	0.17	9	0.42	0.14	0.13	8	0.30	0.17	0.11	6	0.28	0.14	0.10	8
mg Cl/l	72	42	18	9	96	50	27	9	130	72	29	7	250	110	56	9
mg SO_4/l	85	65	9	9	89	69	18	9	78	66	15	7	99	82	13	9
mg Fe/l	0.15	0.08	0.05	8	0.98	0.28	0.31	9	1.0	0.44	0.35	7	2.7	1.6	0.87	9
mg Mn/l	0.19	0.10	0.04	9	0.52	0.36	0.09	9	0.57	0.41	0.10	7	0.46	0.36	0.08	9
mg Na/l	36	25	7.8	9	21	18	2.3	9	20	18	1.9	7	27	15	5	9
mg Mg/l	4.8	3.9	0.9	9	6.9	5.7	0.7	9	7.0	6.2	0.5	7	8.3	7.3	0.8	9
mg Ca/l	66	49	11	9	89	60	12	9	71	62	6.2	7	99	79	10	9
mg K/l	10	8.6	0.7	9	9	8.5	0.5	1	10	8.7	0.8	7	5	5	0.3	9
$\mu\text{g Zn}/\text{l}$	56	33	15	9	38	20	10	9	40	21	11	7	46	25	10	9
$\mu\text{g Cu}/\text{l}$	30	12	9	9	27	9.5	7.9	9	32	12	9	7	24	10	9	9
$\mu\text{g Pb}/\text{l}$	6	2	2	9	5	2	1.3	9	4	2	1.2	7	2	1	1	9
$\mu\text{g Cd}/\text{l}$	0.8	0.3	0.2	8	0.4	0.3	0.1	6	0.4	0.2	0.1	7	0.3	0.2	0.1	6

¹⁾ Avser minimivärde

Grundvattnets sammansättning i LIDKÖPING. Maxhalter (M), medelhalter ($\bar{m}$), spridningar (σ) och antal prov (n) för vissa komponenter.

	Grundvatten uppströms infiltrations- punkten (rör 4)				Grundvatten nedströms infiltrations- punkten (rör 5)			
	M	$\bar{m}$	σ	n	M	$\bar{m}$	σ	n
pH	5.6 ¹⁾	5.9	0.2	4	5.8 ¹⁾	6.0	0.1	4
$\mu\text{S/cm}$	550	440	130	4	340	320	19	4
mg KMnO_4/l	39	29	7	4	62	31	21	4
$\mu\text{g P}_{\text{tot}}/\text{l}$	190	120	50	4	290	180	120	4
$\mu\text{g P}_{\text{orto}}/\text{l}$	180	110	50	4	190	140	66	4
mg $\text{N}_{\text{tot}}/\text{l}$	1.9	1.4	0.35	4	2.2	1.2	0.74	4
mg NNO_3/l	0.90	0.61	0.26	4	1.3	0.62	0.44	4
mg NNH_4/l	0.90	0.32	0.39	4	0.05	0.04	0.01	4
mg NNO_2/l	0.02	<0.01	-	4	0.02	<0.01	-	-
mg NKjel/l	0.96	0.80	0.18	4	0.96	0.60	0.37	4
mg Cl/l	48	41	11	4	24	18	4	4
mg SO_4/l	190	110	56	4	110	98	9	4
mg Fe/l	14	9.1	5.4	4	15	6.8	6.2	4
mg Mn/l	0.58	0.41	0.16	4	0.28	0.19	0.06	4
mg Na/l	26	20	7.3	4	11	8.5	1.6	4
mg Mg/l	13	8.6	3.9	4	7.4	5.1	1.5	4
mg Ca/l	57	45	15	4	46	43	3	4
mg K/l	14	7.8	4.4	4	2.6	2.4	0.3	4
$\mu\text{g Zn}/\text{l}$	120	74	35	4	130	87	39	4
$\mu\text{g Cu}/\text{l}$	23	13	8	4	180	120	44	4
$\mu\text{g Pb}/\text{l}$	6	3	2	4	3	2	1	4
$\mu\text{g Cd}/\text{l}$	1.4	0.7	0.5	4	1.2	0.8	0.4	4

1) Avser minimivärde

Grundvattnets sammansättning i FLODA. Maxhalter (M), medelhalter ($\bar{m}$), spridningar (σ) och antal prov (n) för vissa komponenter.

	Grundvatten uppströms infiltrationspunkten (enskild vattentäkt)				Grundvatten nedströms infiltrationspunkten (grundvattenrör)				Grundvatten undre akvifer (allmän vattentäkt)			
	M	$\bar{m}$	σ	n	M	$\bar{m}$	σ	n	M	$\bar{m}$	σ	n
pH	5.7 ¹⁾	6.2	0.3	5	6.1 ¹⁾	6.3	0.2	5	5.8 ¹⁾	6.1	0.2	5
$\mu\text{S/cm}$	580	280	160	5	740	550	180	5	240	150	52	5
mg KMnO_4/l	4.7	3.5	0.8	5	48	15	18	5	2.2	1.8	0.3	5
$\mu\text{g P}_{\text{tot}}/\text{l}$	14	10	3	4	60	37	21	5	10	7	3	5
$\mu\text{g P}_{\text{orto}}/\text{l}$	10	8	2	4	42	27	13	5	10	6	3	5
mg $\text{N}_{\text{tot}}/\text{l}$	9.2	7.6	1.1	5	6.1	3.9	2.2	5	1.9	1.6	0.3	5
mg NNO_3/l	9.2	7.6	1.1	5	5.8	3.6	2.0	5	1.8	1.6	0.3	5
mg NNH_4/l	-	<0.02	-	5	0.02	0.01	0.01	5	-	<0.02	-	5
mg NNO_2/l	-	<0.01	-	5	0.01	<0.01	-	5	-	<0.01	-	5
mg $\text{N}_{\text{Kjel}}/\text{l}$	0.13	0.06	0.04	5	0.48	0.34	0.40	5	0.13	<0.10	-	5
mg Cl/l	46	33	8	5	230	130	64	5	17	15	1.4	5
mg SO_4/l	26	20	4	5	24	17	4	5	20	17	2.4	5
mg Fe/l	0.24	0.08	0.09	5	3.4	1.3	1.4	5	0.02	0.02	0.005	4
mg Mn/l	-	<0.1	-	5	0.13	<0.1	-	5	-	<0.1	-	5
mg Na/l	17	14	3	5	49	40	9.2	5	9.0	8.0	0.8	5
mg Mg/l	4.4	3.9	0.5	5	13	8.0	3.3	5	4.2	3.5	0.4	5
mg Ca/l	17	15	2.3	5	44	22	13	5	9.8	8.5	0.9	5
mg K/l	6.6	5.0	1.4	5	26	20	5	5	2.4	2.1	0.2	5
$\mu\text{g Zn}/\text{l}$	100	30	40	5	160	44	63	5	59	32	16	5
$\mu\text{g Cu}/\text{l}$	21	11	6.6	5	32	16	13	5	13	8	5	5
$\mu\text{g Pb}/\text{l}$	18	7	7	5	47	17	17	5	16	6	6	5
$\mu\text{g Cd}/\text{l}$	1.6	<0.4	-	5	0.4	<0.4	-	5	0.9	0.4	0.3	5

¹⁾Avser minimivärde

Sammanställningen hos dagvatten och snö i VARA. Maxhalter (M), medelhalter ($\bar{m}$), spridningar (σ) och antal prov (n) för vissa komponenter.

	Dagvatten				Snö				Dagvatten totalt			
	M	$\bar{m}$	σ	n	M	$\bar{m}$	σ	n	M	$\bar{m}$	σ	n
pH	4.5 ¹	5.4	0.8	7	3.8 ¹	5.3	1.4	3	3.8 ¹	5.4	0.9	10
$\mu\text{S}/\text{cm}$	630	230	190	7	300	130	140	3	630	200	170	10
mg SS/l	110	33	38	7	43	22	19	3	110	29	33	10
mg KMnO_4/l	160 ²	110	37	6	26	18	-	2	160 ²	85	51	8
mg COD/l	-	-	-	-	66	43	-	2	-	-	-	-
$\mu\text{g P}_{\text{tot}}/\text{l}$	580	290	180	7	140	81	59	3	580	230	180	10
$\mu\text{g P}_{\text{orto}}/\text{l}$	280	140	80	7	33	24	14	3	280	110	85	10
mg $\text{N}_{\text{tot}}/\text{l}$	11 ²	7.1	2.6	6	5.8	3.7	2.0	3	11 ²	5.9	2.8	9
mg $\text{N}_{\text{NO}_3}/\text{l}$	6.6	2.6	1.9	7	3.0	1.7	1.2	3	6.6	2.3	1.7	10
mg $\text{N}_{\text{NH}_4}/\text{l}$	3.9	1.8	1.3	7	0.52	0.37	0.15	3	3.9	1.4	1.3	10
mg $\text{N}_{\text{NO}_2}/\text{l}$	0.23	0.07	0.08	6	0.02	-	-	-	-	-	-	-
mg $\text{N}_{\text{kjel}}/\text{l}$	8.3 ²	4.8	2.5	6	4.9	2.1	2.5	3	8.3 ²	3.5	2.8	9
mg Cl/l	17	12	7.9	7	5.8	4.0	1.8	3	17	9.3	7.5	10
mg SO_4/l	69	23	24	7	5	4.3	1.2	3	69	20	21	10
mg Fe/l	2.8	1.6	1.0	7	0.96	0.61	0.31	3	2.8	1.3	0.95	10
mg Mn/l	0.31	0.17	0.10	7	0.13	0.09	0.04	3	0.31	0.14	0.09	10
mg Na/l	26	12	8.2	7	4.6	2.5	1.9	3	26	8.8	8.0	10
mg Mg/l	2.1	1.2	0.5	7	0.6	0.30	0.26	3	2.1	0.92	0.58	10
mg Ca/l	6.6	3.8	2.0	7	-	-	-	-	-	-	-	-
mg K/l	1.9	1.3	0.6	7	0.4	0.3	0.1	3	1.9	1.0	0.7	10
$\mu\text{g Zn}/\text{l}$	440	310	140	7	230	120	98	3	440	250	150	10
$\mu\text{g Cu}/\text{l}$	82	37	21	7	4	4	0	3	82	27	23	10
$\mu\text{g Pb}/\text{l}$	35	16	10	7	19	10	8	3	35	14	9	10
$\mu\text{g Cd}/\text{l}$	1.1	0.7	0.3	7	0.3 ³	-	-	-	-	-	-	-

1) Avser minimivärde.

2) Vid ett tillfälle i augusti 1979 innehöll dagvattnet stora mängder frömjöl. Halterna 1170 mg KMnO_4 - förbrukning, 33 mg $\text{N}_{\text{tot}}/\text{l}$, 26 mg $\text{N}_{\text{kjeldahl}}$ (och 0,5 mg N_{NH_4}) uppmättes. Dessa extremvärden ingår ej i medelvärdena.

3) Extremvärdet 78 $\mu\text{g Cd}/\text{l}$ uppmättes i smältvatten i mars 1979.

Sammansättningen hos dagvatten och snö i LIDKÖPING. (Två prov av vardera).

	Dagvatten			Snö			Dagvatten totalt			
	$\bar{m}$	prov 1	prov 2	$\bar{m}$	prov 1	prov 2	max	$\bar{m}$	σ	n
pH	5.1	4.7	5.5	4.3	4.5	4.2	4.2 ¹	4.7	0.6	4
$\mu\text{S}/\text{cm}$	87	100	74	37	36	38	100	62	31	4
mg SS/l	20	11	29	40	62	18	62	30	23	4
mg KMnO_4/l	110	190	18	-	-	13	190	75	100	3
mg COD/l	-	-	-	20	26	14	-	-	-	-
$\mu\text{g P}_{\text{tot}}/\text{l}$	120	210	23	110	170	53	170	120	91	4
$\mu\text{g P}_{\text{orto}}/\text{l}$	69	120	15	64	77	50	120	66	45	4
mg $\text{N}_{\text{tot}}/\text{l}$	4.5	5.0	3.9	2.8	4.4	1.2	5.0	3.6	1.7	4
mg $\text{N}_{\text{NO}_3}/\text{l}$	2.5	2.1	2.8	2.3	4.0	0.56	4.0	2.4	1.4	4
mg $\text{N}_{\text{NH}_4}/\text{l}$	0.86	0.90	0.81	0.37	0.31	0.43	0.90	0.61	0.29	4
mg $\text{N}_{\text{NO}_2}/\text{l}$	-	<0.01	0.02	-	<0.01	-	0.02	-	-	-
mg $\text{N}_{\text{kjel}}/\text{l}$	2.0	2.9	1.1	0.50	0.38	0.62	2.9	1.3	1.1	4
mg Cl/l	4.5	5.0	3.9	2.3	2.2	2.3	5.0	3.4	1.3	4
mg SO_4/l	15	15	14	3.8	3.8	3.8	15	9.2	6.2	4
mg Fe/l	0.83	1.5	0.20	0.49	0.55	0.42	1.5	0.66	0.55	4
mg Mn/l	0.34	0.46	0.23	-	<0.1	<0.1	-	-	-	-
mg Na/l	-	1.5	-	0.55	0.6	0.5	1.5	0.9	0.6	3
mg Mg/l	1.1	1.2	1.0	0.24	0.25	0.23	1.2	0.67	0.50	4
mg Ca/l	8.9	11	7.2	1.3	2.1	0.5	11	5.1	4.7	4
mg K/l	0.7	1.1	0.3	0.25	0.31	0.19	1.1	0.48	0.42	4
$\mu\text{g Zn}/\text{l}$	340	240	440	44	49	39	440	190	190	4
$\mu\text{g Cu}/\text{l}$	29	38	19	9	9	9	38	19	14	4
$\mu\text{g Pb}/\text{l}$	12	17	7	31	29	33	33	22	12	4
$\mu\text{g Cd}/\text{l}$	1.0	0.6	1.4	-	0.6	<0.4	1.4	0.7	0.5	4

¹) Avser minimivärde

Sammansättning hos dagvatten och snö i FLODA. Maxhalter (M), medelhalter ($\bar{m}$), spridningar (σ) och antal prov (n) för vissa komponenter.

	Dagvatten				Snö				Dagvatten totalt			
	M	$\bar{m}$	σ	n	M	$\bar{m}$	σ	n	M	$\bar{m}$	σ	n
pH	4.4 ¹	4.8	0.4	3	5.5 ¹	5.8	0.4	3	4.4 ¹	5.3	0.6	6
$\mu\text{S/cm}$	63	53	-	2	42 ²	20 ²	20	3	-	-	-	-
mg SS/l	270	120	130	3	7200	3800	3000	3	-	-	-	-
mg KMnO ₄ /l	200	100	86	3	-	-	-	-	-	-	-	-
mg COD/l	-	-	-	-	3700	2200	-	2	-	-	-	-
$\mu\text{g P}_{\text{tot}}$ /l	210	180	34	3	1300	1000	340	3	1300	600	510	6
$\mu\text{g P}_{\text{org}}$ /l	170	140	28	3	980	710	450	3	980	430	420	6
mg N _{tot} /l	2.3	1.7	0.51	3	7.7	4.1	3.1	3	7.7	2.9	2.4	6
mg N _{NO₃} /l	0.70	0.63	0.10	3	1.5	0.88	0.58	3	1.5	0.76	0.40	6
mg N _{NH₄} /l	0.76	0.55	0.19	3	0.44	0.26	0.16	3	0.76	0.40	0.22	6
mg N _{NO₂} /l	0.05	0.03	0.02	3	0.08	0.05	0.03	3	0.08	0.04	0.03	6
mg N _{kiel} /l	1.5	1.0	0.43	3	7.0	3.2	3.3	3	7.0	2.1	2.4	6
mg Cl/l	10	5.8	3.6	3	2120	-	-	-	-	-	-	-
mg SO ₄ /l	11	6.0	4.3	3	37	-	-	-	-	-	-	-
mg Fe/l	2.2	1.9	0.3	3	60	45	-	2	-	-	-	-
mg Mn/l	0.2	0.2	0.1	3	1.3	0.9	-	2	1.3	0.5	0.5	5
mg Na/l	5	2.9	1.8	3	995	-	-	-	-	-	-	-
mg Mg/l	2.5	1.3	1.0	3	21	14	-	2	21	5.1	8.9	5
mg Ca/l	2.0	1.9	-	2	19	11	-	2	19	6.2	8.5	4
mg K/l	3.0	1.6	1.3	3	37	22	-	2	37	9.6	15	5
$\mu\text{g Zn}$ /l	240	150	74	3	490	250	210	3	490	230	150	6
$\mu\text{g Cu}$ /l	42	41	1	3	320	170	130	3	320	110	110	6
$\mu\text{g Pb}$ /l	190	160	30	3	3100	1700	1200	3	3100	940	1140	6
$\mu\text{g Cd}$ /l	1.0	0.7	0.3	3	11.9	4.9	6.1	3	11.9	2.8	4.5	6

1) Avser minimivärde.

2) ms/cm (milli).

Bakterier och svampar i dagvatten och grundvatten i VARA.

	Grundvatten uppströms (rör 1)	Grundvatten nedströms (rör 2)	Grundvatten nedströms (rör 3)	Dagvatten
Totalantal bakterier /ml vid 22°C				
790613	2700	750	250	$4 \cdot 10^7$
791024	230	1500/210 ¹	80	4600 ²
791114	100	740/430 ¹	80	-
791128	70	680/670 ¹	60	-
Antal coliforma bakterier/100 ml vid 35°C				
790613	<2	<2	<2	$2 \cdot 10^7$
791024	18	>100/11 ¹	14	23 ²
791114	16	800/46 ¹	1	-
791128	30	25/170 ¹	7	-
Antal termostabila coliforma bakterier/100 ml vid 44°C				
790613	<2	<2 ¹	<2	4 ²
791024	0	0/0 ¹	0	0 ²
791114	0	0/0 ¹	0	-
791128	0	0/0 ¹	0	-
Antal jästsvampar/100 ml				
790613	50	30 ¹	50	$4 \cdot 10^4$
791024	13	30/50 ¹	16	15 ²
791114	15	20/50 ¹	20	-
791128	3	22/3 ¹	5	-
Antal trådsvampar/100 ml				
790613	40	60	50	$5 \cdot 10^4$
791024	145	150/130 ¹	40	30 ²
791114	50	35/20 ¹	8	-
791128	17	30/28 ¹	4	-
Antal fekala streptokocker/100 ml				
790613	4	0 ¹	0	$3 \cdot 10^4$
791024	0	900/2 ¹	50	0 ²
791114	0	4/0 ¹	0	-
791128	0	0/0 ¹	0	-

Bakterier och svampar i dagvatten och grundvatten i LIDKÖPING.

	Grundvatten uppströms	Grundvatten nedströms	Dagvatten ¹
Totalantal bakterier /ml vid 22°C			
790611	1250	550	2·10 ⁴
791114	110	400	
Antal coliforma bakterier/100 ml vid 35°C			
790611	14	4	330
791114	1	14	
Antal termostabila coliforma bakterier/100 ml vid 44°C			
790611	11	2	79
791114	0	0	
Antal jästsvampar/100 ml			
790611	100	10	9
791114	15	8	
Antal trådsvampar/100 ml			
790611	60	20	2
791114	20	15	
Antal fekala streptokocker/100 ml			
790611	0	0	6
791114	0	0	

1) Dagvattenprovet 790611 taget ur dagvattenbrunn.

De coliforma bakterierna typades. I grundvattnet uppströms påvisades Enterobacter agglomerans. I grundvattnet nedströms påvisades Eikenella corrodens och Acinetobacter calcoaceticus. E. coli och Pseudomonas aeruginosa kunde ej påvisas.

Bakterier och svampar i grundvatten i FLODA.

	Grundvatten uppströms	Grundvatten nedströms	Grundvatten- täkt
Totalantal bakterier /ml vid 22°C			
790614	830	300	90
791115	840	380	1
800326	68	70	32
Antal coliforma bakterier/100 ml vid 35°C			
790614	542	350	<2
791115	120	>300	0
800326	1	19	0
Antal termostabila coliforma bakterier/100 ml vid 44°C			
790614	<2	49	<2
791115	0	0	0
800326	0	0	0
Antal jästsvampar/100 ml			
790614	89	82	0
791115	4	110	0
800326	30	-	-
Antal trådsvampar/100 ml			
790614	230	115	0
791115	10	150	0
800326	20	370	440
Antal fekala streptokocker/100 ml			
790614	2	5	0
791115	2	0	0
800326	0	0	0

De påvisade coliformabakterierna i grundvattnet uppströms utgjordes av *Citrobacter freundii*.

I grundvattnet nedströms typades de coliforma bakterierna till *Serratia liquefaciens*, *Enterobacter cloacae*, *Enterobacter agglomerans* och (*Aeromonas hydrophila*).

1) Prov tagna dels efter kort tids pumpning, dels efter längre (ca 1/2 h) tids pumpning.

2) Prov taget ur dagvattenbrunn.

De isolerade coliforma bakterierna har typats vid de tre senaste analystillfällena varvid följande fanns:

Grundvattnet uppströms innehöll *Hafnia alvei*, *Enterobacter* sp., *Enterobacter sakazakii*.

Grundvattnet nedströms (rör 2) innehöll efter kort tids pumpning *Streptococcus faecalis*, *Streptococcus durans* (den 24/10 och 14/11), *Citrobacter freundii*, *Enterobacter* sp., *Enterobacter sakazakii*.

Efter 1/2 h pumpning erhöles *Streptococcus faecalis* (endast 24/10), *Hafnia alvei*, *E. coli* (den 14/11), *Enterobacter* sp., *Citrobacter freundii*.

Grundvattnet nedströms (rör 3) innehöll *Hafnia alvei*, *Citrobacter freundii*, *Enterobacter agglomerans*, *Streptococcus faecalis* (den 24/10), *Streptococcus equinus*.

Dagvattnet i brunnen (den 24/10) innehöll *Citrobacter freundii* och *Enterobacter agglomerans*.

Reduktion av tungmetallhalter i dagvatten och snö vid filtrering genom glasfiberfilter. Medelvärden.

	VARA		LIDKÖPING		FLODA	
	dag- vatten	snö	dag- vatten	snö	dag- vatten	snö
<u>Zink</u>						
Total halt, µg/l	305	118	339	44	152	311
Medelhalt efter filtrering	294	93	334	53	125	97
Antal prov	7	3	2	2	3	3
Reduktion i medeltal, %	4	25	2	0	15	78
<u>Koppar</u>						
Total halt, µg/l	36	4	29	9	41	173
Medelhalt efter filtrering	25	5	23	11	32	16
Antal prov	6	3	2	2	3	3
Reduktion i medeltal, %	36	0	16	0	22	88
<u>Bly</u>						
Total halt, µg/l	16	10	12	31	155	1039
Medelhalt efter filtrering	8	4	7	10	44	77
Antal prov	6	3	2	2	3	2
Reduktion i medeltal, %	49	55	52	69	71	93
<u>Kadmium</u>						
Total halt, µg/l	0.7	-	1.4	0.4	1.0	4.9
Medelhalt efter filtrering	0.6	-	0.8	0.4	0.8	1.7
Antal prov	6	-	1	2	1	3
Reduktion i medeltal, %	17	-	43	0	20	70

VARA

Datum	Dagvatten			Dagv.brunn			Brunn 1			Brunn 2A			Brunn 2B			Brunn 3		
	naft ekv	fen ekv	BaP ekv	naft ekv	fen ekv	BaP ekv	naft ekv	fen ekv	BaP ekv	naft ekv	fen ekv	BaP ekv	naft ekv	fen ekv	BaP ekv	naft ekv	fen ekv	BaP ekv
790315 ^{x)}	34	10	0,25	-	-	-	(79)	(16)	(0,17)	(41)	(7,2)	(0,068)	-	-	-	(15)	(2,9)	(0,036)
790613	31	13	0,25	-	-	-	(40)	(7,7)	(0,098)	(6,3)	(1,1)	(0,014)	-	-	-	(6,8)	(1,4)	(0,020)
790717	140	23	0,48	65	16	0,44	3,8	0,75	0,011	4,5	0,84	0,012	1,3	0,30	0,0065	2,2	0,57	0,0096
790822	600	150	4,9	130	27	0,66	2,4	0,46	0,0056	1,2	0,22	0,0035	2,4	0,47	0,0080	1,4	0,30	0,0048
790919	180	43	1,2	70	14	0,37	4,7	0,89	0,012	2,5	0,51	0,0094	3,9	0,82	0,015	1,5	0,33	0,0057
791024	-	-	-	58	13	0,42	6,3	1,2	0,014	2,8	0,52	0,0070	4,5	0,93	0,016	3,3	0,70	0,0090
791114	910	120	2,2	1000	120	1,7	5,1	0,90	0,012	0,93	0,21	0,0051	5,8	1,3	0,024	1,9	0,42	0,0060
791128	-	-	-	29	8,9	0,36	3,2	0,63	0,0087	-	-	-	6,1	1,2	0,018	2,1	0,49	0,0074

Medel-
värden 320 60 1,6 230 33 0,66 4,2 0,80 0,010 2,4 0,46 0,0074 4,0 0,84 0,014 2,0 0,47 0,0071

x) Dagvattnet är ett snöprov.

Datum	Dagvatten		Dagv.brunn		Brunn 1		Brunn 2A		Brunn 2B		Brunn 3	
	naft ekv fen ekv	BaP ekv fen ekv	naft ekv fen ekv	BaP ekv fen ekv	naft ekv fen ekv	BaP ekv fen ekv	naft ekv fen ekv	BaP ekv fen ekv	naft ekv fen ekv	BaP ekv fen ekv	naft ekv fen ekv	BaP ekv fen ekv
790315	3,4	0,025	-	-	(4,9)	(0,011)	(5,7)	(0,009)	-	-	(5,1)	(0,012)
790613	2,4	0,020	-	-	(5,8)	(0,013)	(5,8)	(0,013)	-	-	(4,8)	(0,014)
790717	6,0	0,021	4,0	0,027	5,1	0,014	5,3	0,014	4,4	0,022	3,8	0,017
790822	4,0	0,033	4,8	0,024	5,4	0,012	5,3	0,016	5,2	0,017	4,5	0,016
790919	4,2	0,028	5,0	0,027	5,2	0,014	4,9	0,018	4,7	0,018	4,6	0,017
791024	-	-	4,4	0,031	5,4	0,012	5,4	0,014	4,8	0,017	4,7	0,013
791114	7,6	0,018	8,6	0,015	5,7	0,013	4,5	0,024	4,6	0,019	4,5	0,014
791128	-	-	3,2	0,041	5,0	0,014	-	-	4,9	0,014	4,3	0,015

Medel-
värden 4,6 0,024 5,0 0,028 5,3 0,013 5,1 0,017 4,8 0,018 4,4 0,015

Tabell 1 Analysresultat Vara

Överst: Uppmätta halter uttryckta som naftalen-, fenantren- och bens(a)pyrenekvivalenter i µg/l.

Underst: Sammansättning i prover uttryckta som naftalenekv/fenantrenekv och bens(a)pyrenekv/fenantrenekv.

LIDKÖPING

Datum	Dagvatten			Dagv.brunn			Brunn 4			Brunn 5		
	naft ekv	fen ekv	BaP ekv	naft ekv	fen ekv	BaP ekv	naft ekv	fen ekv	BaP ekv	naft ekv	fen ekv	BaP ekv
790315	-	-	-	-	-	-	20	4,0	0,051	8,8	1,5	0,019
790611	-	-	-	38	17	0,97	12	2,3	0,030	6,3	1,1	0,027
790717	100	19	0,54	-	-	-	-	-	-	-	-	-
790919	-	-	-	46	10	0,38	6,8	1,4	0,021	7,8	1,8	0,066
791114	55	16	0,65	17	7,6	0,46	7,8	1,6	0,037	2,0	0,31	0,0067

Datum	Dagvatten		Dagv.brunn		Brunn 4		Brunn 5	
	naft ekv fen ekv	BaP ekv fen ekv	naft ekv fen ekv	BaP ekv fen ekv	naft ekv fen ekv	BaP ekv fen ekv	naft ekv fen ekv	BaP ekv fen ekv
790315	-	-	-	-	5,1	0,013	6,0	0,013
790611	-	-	2,2	0,057	5,1	0,013	5,9	0,025
790717	5,5	0,029	-	-	-	-	-	-
790919	-	-	4,5	0,038	4,3	0,014	4,3	0,036
791114	3,6	0,042	2,2	0,060	4,9	0,024	6,4	0,021

Tabell 2 Analysresultat Lidköping

Överst: Uppmätta halter uttryckta som naftalen-, fenantren- och bens(a)pyrenekvivalenter i µg/l.

Underst: Sammansättning i prover uttryckta som naftalenekv/fenantrenekv och bens(a)pyrenekv/fenantrenekv.

FLODA

Bilaga 6:3

Datum	Dagvatten			Gr.v rör			Övre brunn			Grundv täkt		
	naft ekv	fen ekv	BaP ekv	naft ekv	fen ekv	BaP ekv	naft ekv	fen ekv	BaP ekv	naft ekv	fen ekv	BaP ekv
790508	-	-	-	18	6,1	0,21	1,9	0,42	0,0079	0,47	0,08	0,0017
790614	-	-	-	23	7,8	0,31	3,7	0,78	0,017	1,6	0,15	0,0028
790718	2400	1100	42	-	-	-	-	-	-	-	-	-
790918	2200	570	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-
790920	-	-	-	47	16	0,63	2,3	0,43	0,073	0,39	0,08	0,0020
791115	-	-	-	16	6,1	0,28	0,45	0,16	0,0070	0,44	0,05	0,0008
791129	10000	4400	210	-	-	-	-	-	-	-	-	-
800326 ^{x)}	(110000)	(58000)	(2500)	25	13	0,70	2,8	0,97	0,047	0,33	0,04	0,0006

Medel-
värden 4900 1700 90 26 9,8 0,43 2,2 0,55 0,030 0,66 0,08 0,0016

x) Dagvattenprovet är ett snöprov.

Datum	Dagvatten		Gr.v rör		Övre brunn		Grundv täkt	
	naft ekv fen ekv	BaP ekv fen ekv	naft ekv fen ekv	BaP ekv fen ekv	naft ekv fen ekv	BaP ekv fen ekv	naft ekv fen ekv	BaP ekv fen ekv
790508	-	-	2,9	0,035	4,6	0,019	5,6	0,021
790614	-	-	3,0	0,039	5,1	0,022	10,3	0,018
790718	2,2	0,039	-	-	-	-	-	-
790918	3,9	0,030	-	-	-	-	-	-
790920	-	-	3,0	0,040	5,3	0,171	4,8	0,024
791115	-	-	2,5	0,046	2,9	0,046	8,1	0,014
791129	2,3	0,048	-	-	-	-	-	-
800326	(1,9)	(0,044)	2,0	0,056	2,9	0,049	8,5	0,017

Medel-
värden 2,8 0,039 2,7 0,043 4,2 0,061 7,5 0,019

Tabell 3 Analysresultat Floda

Överst: Uppmätta halter uttryckta som naftalen-, fenantren- och bens(a)pyren-ekvivalenter.

Underst: Sammansättning i prover uttryckta som naftalenekv/fenantrenekv och bens(a)pyrenekv/fenantrenekv.

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: Nederbörds-mätare. 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. Stations-beskrivning. 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 försöks-område i Angered. 1978. 130 sidor.
- nr 23 Viktor Arnell: Nederbördsdata vid dimensionering av dagvattensystem med hjälp av detaljerade beräk-ningsmodeller. En inledande studie. 1977. 29 sidor.
- nr 24 Leif Carlsson, Klas Cederwall: Urbaniseringsprocessens inverkan på ytvattenavrinning och grundvatten-bildning. 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 inven-tering 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.