



CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN

Geologi

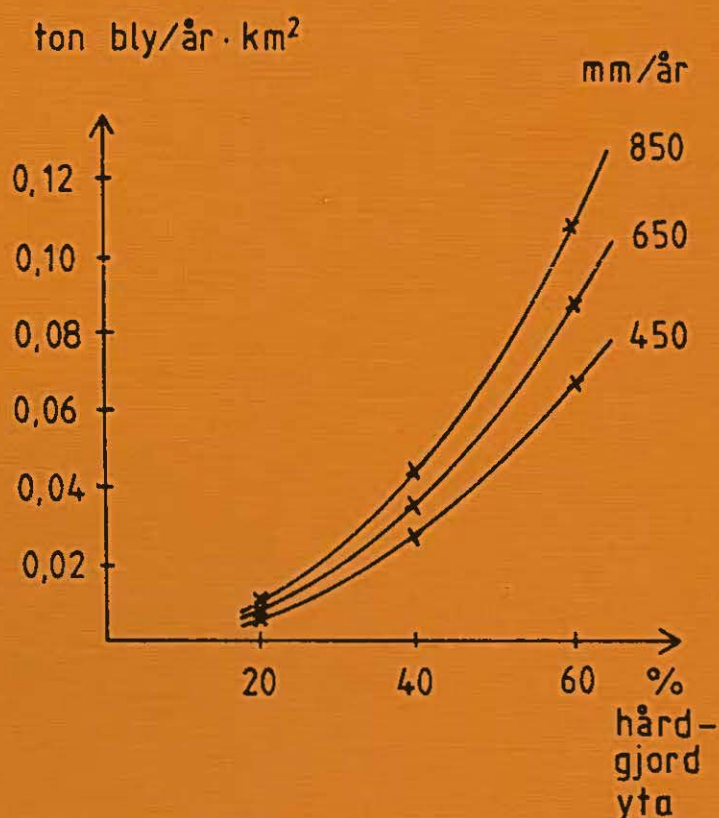
Geoteknik med grundläggning

Vattenbyggnad

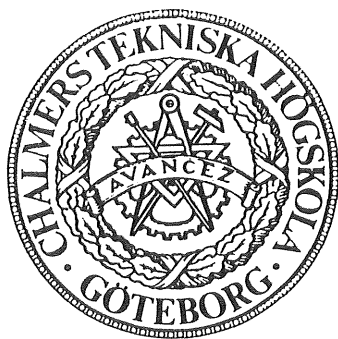
Vattenförsörjnings - och avloppsteknik

ISSN 0347 - 8165

Lathund för beräkning av DAGVATTNETS FÖRORENINGAR



Per - Arne Malmquist



CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN

Geologi

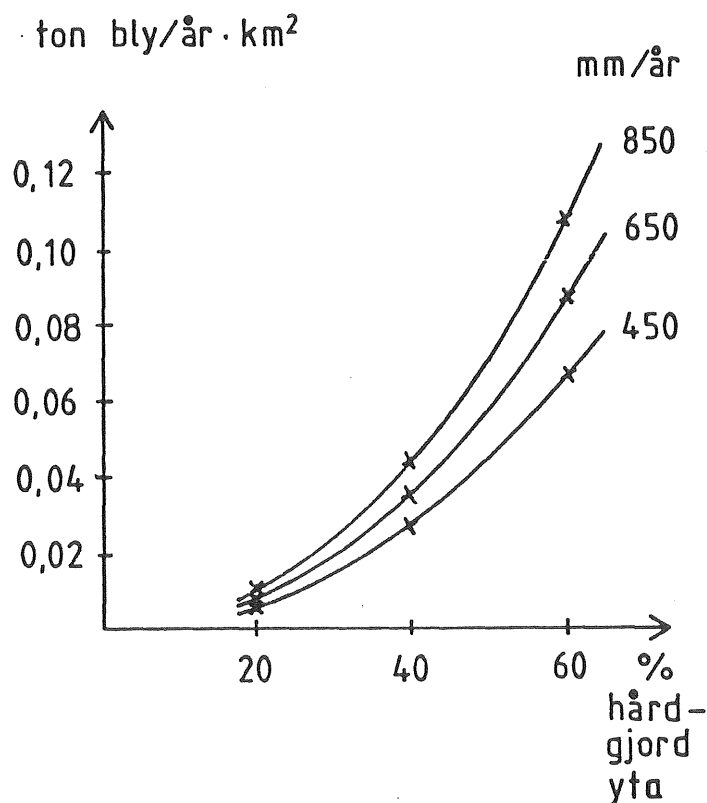
Geoteknik med grundläggning

Vattenbyggnad

Vattenförsörjnings - och avloppsteknik

ISSN 0347 - 8165

Lathund för beräkning av DAGVATTNETS FÖRORENINGAR



Adress:

Geohydrologiska forskningsgruppen
Chalmers Tekniska Högskola
412 96 GÖTEBORG

Per - Arne Malmquist

<u>Innehåll</u>	Sid
Förord	1
1. BAKGRUND	2
1.1 Dagvattnets föroreningsverkan	2
1.2 Bedömningar av dagvattnets sammansättning	3
2. FÖRORENINGSHALTER I DAGVATTEN	5
2.1 Utförda undersökningar	5
2.2 Schablonhalter för COD, kväve, fosfor, bly, zink och koppar i dagvatten	6
2.3 Halter av några övriga ämnen i dagvatten	6
2.4 Föroreningshalter i dagvatten under vinterhalvåret	9
2.5 Föroreningar i snö	10
2.6 Föroreningshalternas variation	11
3. FÖRORENINGSMÄNGDER SOM UTTRANSPORTERAS MED DAGVATTNET	12
4. FÖRORENINGSKÄLLOR	15
5. FÖRORENINGAR FRÅN DELYTOR	19
5.1 Sammansättningen av dagvatten från takytor	19
5.2 Sammansättningen av dagvatten från gator och parkeringsplatser	20
6. ÅTGÄRDER MOT DAGVATTENFÖRORENING	21
6.1 Åtgärder som syftar till att minska volymen dagvatten som förs till recipienten	21
6.2 Åtgärder som syftar till att minska dagvattnets föroreningskällor	22
6.3 Åtgärder som syftar till att rena dagvattnet före utsläppet	23
7. LITTERATUR	

Förord

Denna rapport syftar till att vägleda planerare och utredare i frågor där dagvattnets sammansättning måste bedömas, t ex vid planering av bebyggelseområden eller vid utarbetande av miljövårdsplaner, vattendragsplaner och saneringsplaner för avloppssystem. Vid projektering och konstruktion av anordningar för dagvattenhantering kan bättre underlag behövas, t ex från fältundersökningar.

Användandet av och förståelsen för de i rapporten rekommenderade siffrvärdena kräver kännedom om hur de har tagits fram. Läsaren rekommenderas därför läsa hela texten innan han använder tabellerna och diagrammen.

Rapporten har tagits fram på uppdrag av Samordningsgruppen för urban hydrologi - ett gemensamt organ för Byggforskningsrådet, Naturvetenskapliga forskningsrådet, Naturvårdsverket och Naturvårdsverkets forskningsnämnd.

I arbetet har deltagit Torkild Reinertsen från Arne Reinertsen A/S i Trondheim. Värdefulla synpunkter på innehåll och uppläggning av rapporten har givits av Gilbert Svensson, CTH och Jan Falk, Naturvårdsverket.

1. BAKGRUND

1.1 Dagvattnets föroreningsverkan

Dagvatten från separerade avloppssystem påverkar genom sitt föroreningsinnehåll vattendrag, mark och grundvatten. Storleken och arten av denna påverkan beror av såväl dagvattnets sammansättning som förhållandena i recipienten.

Vid bedömningar av dagvattnets påverkan på recipienten måste man ta hänsyn till såväl dagvattnets sammansättning som förhållandena i recipienten, främst utspädningen och recipientvattnets känslighet för störningar på lång och på kort sikt.

För ett vattendrag med liten vattenomsättning eller stora årsvariationer i vattenstånd eller vattenföring kan dagvattenutsläppen vara väsentliga tillskott. Dagvatten släpps ofta ut i små lokala bäckar o dyl. Dagvattnets föroreningshalter och dessas variationer under varje enskild avrinning får då stor betydelse. För större vattendrag spelar de per år eller per årstid utsläppta föroreningsmängderna en större roll. Jämförelsen med spillvatten och andra utsläpp är bara meningsfulla när man betraktar samma recipient, i regel ett vattendrag med god vattenomsättning. De nedan följande jämförelserna mellan spillvattnets och dagvattnets föroreningsinnehåll har därför begränsats till årsmängder.

Vattendrag kan vara känsliga för akut toxisk påverkan eller för mer långsiktig påverkan av typ eutrofiering. Om man söker bedöma den akuta påverkan bör man betrakta ämnen som COD, bakterier och tungmetaller. Om man däremot vill bedöma risken för ökad eutrofiering bör man studera framför allt kväve och fosfor. En mer långsiktig påverkan fås också genom syrebehov och utlösning av tungmetaller från dagvattenpartiklar som sedimenterat i vattendraget. Omfattningen av sådan utlösning är dock dåligt undersökt. Dessa tankar finns vidare utvecklade av Harremoës (1977), som också ger en bred översikt över då utförda dagvattenundersökningar i Norden.

Dagvattnets påverkan på grundvattnets kvalitet gäller främst lösta ämnen eftersom de partikulära föroreningarna frånfiltreras i marken. En undersökning i Sverige, (Malmquist och Hård 1981), indikerar att dagvatten från hustak som infil-

treras i marken via perkolationsmagasin endast i liten utsträckning påverkar grundvattnets kvalitet. Dagvatten från en motorväg som infiltrerar i ett dike ökar grundvattnets halter av bl a fosfor, klorid och polyaromater.

1.2 Bedömningar av dagvattnets sammansättning

Vid fysisk planering måste man kunna kvantifiera den miljöpåverkan som genomförandet av planen innebär. Dit hör recipientpåverkan av dagvattenutsläpp. Olika metoder finns för detta. Den mest noggranna metoden är att prognosticera de kommande dagvattenutsläppen med någon kvalitativ dagvattenmodell. Det finns idag relativt avancerade sådana modeller för datorbruk, se t ex (Svensson & Ören 1979). Dessa modeller måste emellertid kalibreras med avseende på föroreningarna. Som underlag för sådan kalibrering måste erfarenhetsvärden användas, till exempel från denna rapport (mätdata kan ju inte finnas eftersom det gäller planerad bebyggelse). Det är emellertid tveksamt om man med sådana metoder når mer noggranna resultat vid översiktlig planering än med enklare överslagsmetoder, till exempel genom att använda schablonvärdena enligt avsnitt 2 och 3 nedan. Man uppnår dock ökad insikt i hur området fungerar hydrologiskt. Man kan t ex simulera föroreningsflödenas variation under vissa regntillfällen eller under ett år.

Vid åtgärder i befintlig bebyggelse finns möjligheter att öka kunskapen om dagvattnets sammansättning genom provtagning och laboratorieanalys. Man måste dock vara på det klara med att de ibland mycket stora variationerna i dagvattnets flöde, volym och föroreningsinnehåll ställer stora krav på en dagvattenundersökning. Dels blir nederbörds- och flödesmätningssutrustningen samt provtagningsanordningen ofta relativt komplicerad, helst automatisk, dels måste ett tämligen stort antal nederbördstillfällen undersökas under olika årstider. Om en kvalitativ dagvattenmodell används behöver inte lika många nederbördstillfällen analyseras som om handräkningsmetoder används. En ofta framkomlig väg är att med en datormodell beräkna dagvattnets flöden och volymer samt därefter multiplicera dessa med de föroreningshalter som anges i denna rapport.



Figur 1 Dagvattenundersökningar i Norden.

2. FÖRORENINGSHALTER I DAGVATTEN

2.1 Utförda undersökningar

Under 1970-talet har dagvattnets sammansättning undersökts på många orter i Norden. De undersökningar som denna rapport bygger på visas i bilaga 1.

I de olika undersökningarna har använts olika metodik, såväl för flödesmätning, provtagning och analys som för resultatbearbetning och redovisning. Med något undantag har i de ingående undersökningarna angivits volymvägda medelhalter för de studerade avrinningarna. I bilaga 2 anges medelvärden och standardavvikelse för några av de analyserade föroreningarna.

Undersökningarna har delats in i fyra grupper:

- bostadsområden med fler än 50 personer per ha (i denna grupp ingår även citybebyggelse, affärscentra etc),
- bostadsområden med färre än 50 personer per ha (enfamiljs-
husområden),
- trafikområden
- industriområden (områden med övervägande lätt, ospecifi-
cerad industri).

I utvärderingen har inte medtagits undersökningar där av någon anledning de redovisade resultaten inte är typiska för dagvattnet. Den vanligaste anledningen till sådan diskvalificering är att dagvattnet anses vara blandat med spillvatten. Detta indikeras av till exempel höga fosforhalter och låga blyhalter. De relativt omfattande undersökningarna som utförts i Uppsala, (Forsberg och Wenster 1976), har av denna anledning inte tagits med, liksom inte heller vissa av de undersökningar som utförts i Norge av Lindholm m fl (1976). En annan orsak till att undersökningar inte medtagits är att undersökningsområdet är av en alltför specifik karaktär. Detta gäller till exempel undersökningarna i cement- och järnindustri av Stahre (1976).

De omfattande undersökningarna som utförts i Lund (Hogland 1979) har i endast något fall medtagits i utvärderingen. Anledningen till detta är att provtagningen i Lundastudien skett på veckobasis (flödesvägda samlingsprov) vilket givit ej jämförbara halter (som dock ryms inom variationerna för de medtagna undersökningarna).

2.2 Schablonhalter för COD, kväve, fosfor, bly, zink och koppar i dagvatten

De i figur 2 angivna schablonhalterna avser dagvattnets medelhalter under sommarhalvåret och bygger på medelvärdena och variationerna i det studerade urvalet av undersökningar. De flesta intervall är nära lika med medelvärdet $\pm$ standardavvikelsen enligt bilaga 2. Där undantag gjorts, är detta grundat på bedömningar utgående från den kunskap om föroreningskällor som redovisas i tabell 6.

Figur 2 skall användas så, att när man söker en föroreningshalt för ett planerat område bör man bedöma hur typiskt detta område kan anses vara. Om ingen grund finns för annorlunda bedömning, bör intervalllets mittvärde väljas (detta har markerats i figuren). Om området bedöms vara extremt i något avseende (till exempel vad gäller trafik, exponerade metallytor, närheten till luftförorenande verksamhet), välj värde inom de angivna intervallerna. Använd tabell 6 som ledning för detta. Observera att de angivna halterna avser dagvatten från större sammansatta områden. Med avrinningen från trafikområde avses till exempel avrinningen från ett större område där gata eller väg ingår till stor del, ej avrinningen från en asfaltyta. Detta beskrivs i avsnitt 5.

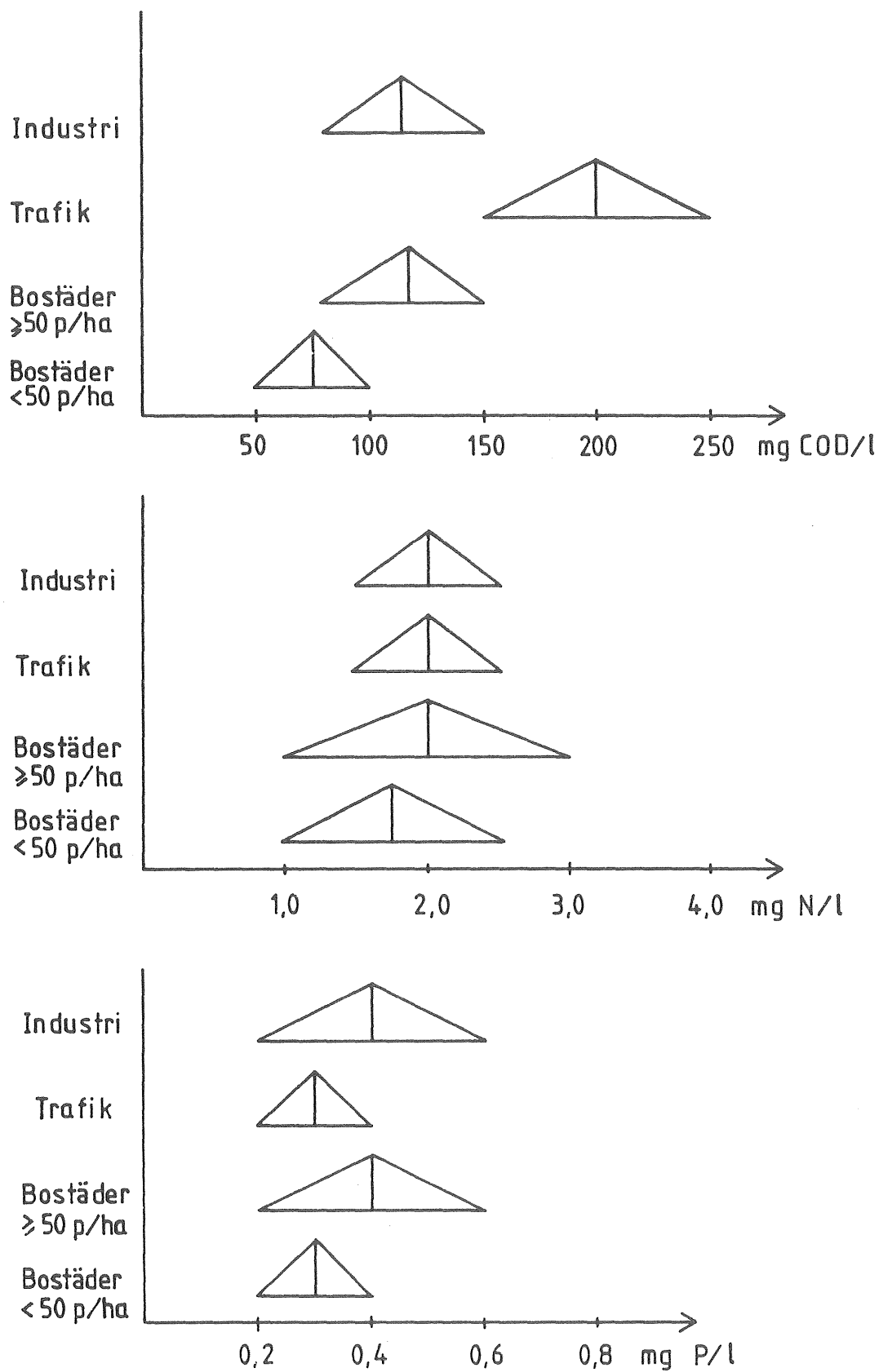
2.3 Halter av några övriga ämnen i dagvatten

Bakterier

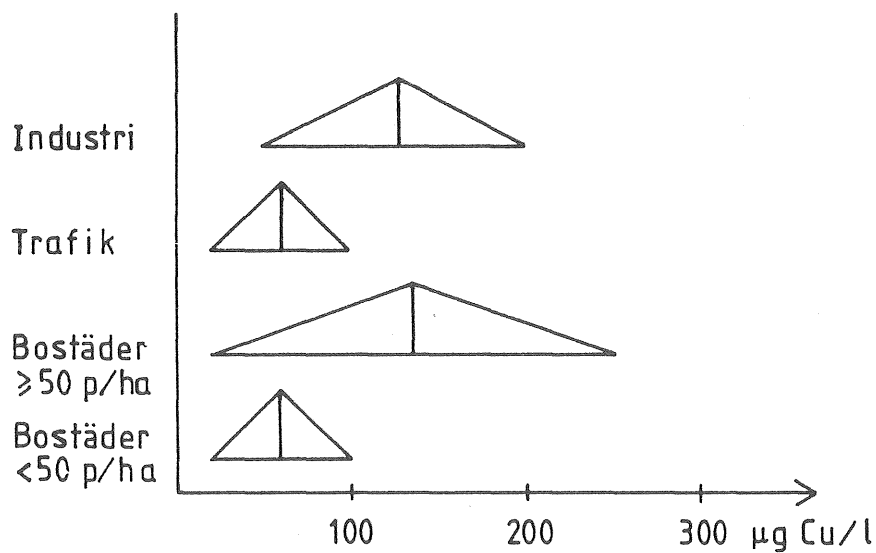
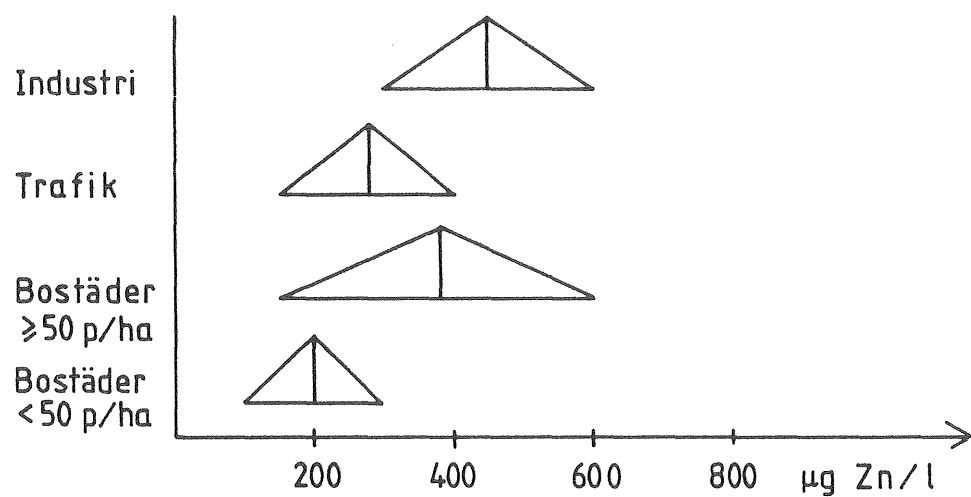
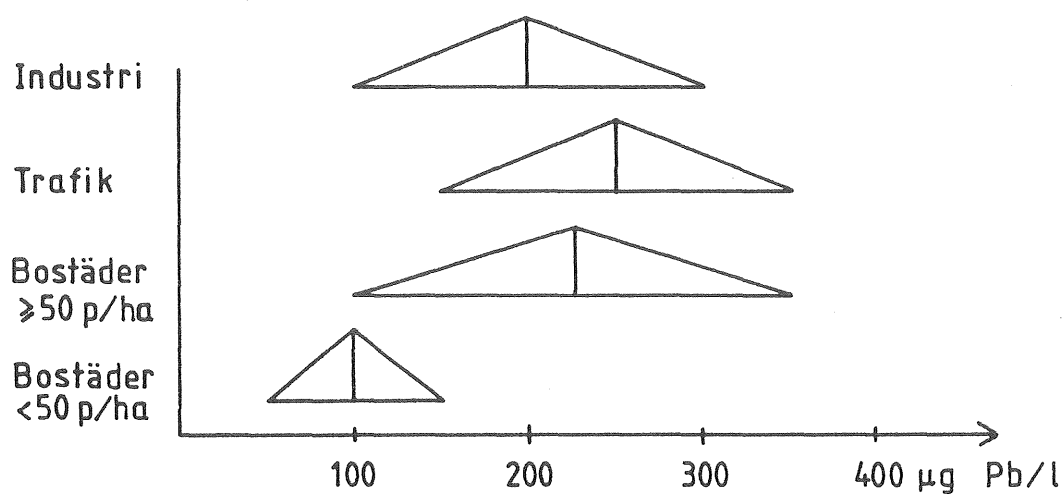
Dagvattnets innehåll av termotabila, fekala colibakterier ligger i allmänhet inom intervallet 10^2 - 10^4 bakterier per 100 ml. Där högre halter noterats torde detta bero på inblandning av spillvatten.

Suspenderat material

Halterna suspenderat material varierar kraftigt mellan de rapporterade undersökningarna. Detta beror dels på skillnader i undersökningsområdena, dels på skillnader i provtagningsmetodik. Mycket höga halter redovisas från områden där anläggningsverksamhet pågår. För planeringsändamål torde årsmedelhalter kunna väljas inom följande intervall:



Figur 2 Schablonvärden för medelhalter i dagvatten.



Figur 2 Schablonvärden för medelhalter i dagvatten (forts).

Bostadsområden med < 50 p/ha	50-150 mg/l
Bostadsområden med > 50 p/ha	150-300 "-
Trafikområden	300-400 "-

pH

Trots nederbördens dokumenterade surhet är dagvattnet i allmänhet nära neutralt. Anledningen torde vara att dagvattnets pH genom den låga buffertkapaciteten lätt förändras vid transporten över mark och genom ledningar. Typiska pH-värden ligger i intervallet 6,0-7,2.

Polyaromater

Dagvattnets innehåll av polyaromater har undersökts vid några enskilda tillfällen. Halten bens(a)pyrén har då legat i intervallet 0,2-4 µg/l för bostadsområden och 20-200 µg/l för trafikområde. För snö i trafikområde har betydligt högre halt uppmätts. (Malmquist & Hård 1981).

Kadmium och kvicksilver

De relativt få undersökningar som finns av dagvattnets innehåll av kadmium och kvicksilver indikerar intervallen 0,5-5 µg Cd/l respektive 0,05-0,2 µg Hg/l.

Övriga mikroämnen

Dagvattnets halter av övriga mikroämnen är dåligt kända. En stickprovsundersökning är dock genomförd i ett bostadsområde i Göteborgs utkanter (Horkeby & Malmquist, 1977). Området är det som i bilaga 1 kallas nr 20, Bergsjön. Resultaten från undersökningen återges i bilaga 3.

2.4 Föroreningshalter i dagvatten under vinterhalvåret

Det finns tämligen få undersökningar av dagvattnets föroreningsinnehåll under vinterhalvåret, varför en sammanställning av dessa inte vore meningsfull. Som riktvärde har istället använts resultaten från dagvattenundersökningar i Göteborg, (Malmquist 1981). Där erhållna värden på förhållandet mellan dagvattnets föroreningshalter under vinterhalvåret och under sommarhalvåret redovisas i tabell 1. Med

dagvatten under vinterhalvåret avses såväl avrinnande regnvatten som smältvatten.

Skillnaderna i tabellens värden förklaras med att COD och bly lätt anrikas i den snö som omger gatorna.

Tabell 1 Kvoten mellan dagvattnets föroreningshalter under vinterhalvåret och under sommarhalvåret.

	COD	N	P	Pb	Zn	Cu
<u>vinterhalt</u> <u>sommarhalt</u>	1,4	1,0	0,8	1,4	0,9	0,7

Tabellen kan användas så, att schablonvärdena enligt figur 2 multiplicerade med kvoten enligt tabell 1 ger dagvattnets föroreningshalt under vinterhalvåret.

2.5

Föroreningar i snö

Smältvatten innehåller i allmänhet mer syreförbrukade ämnen och mer bly än dagvatten från motsvarande ytor. Däremot är halterna av flera andra ämnen lägre i smältvattnet än i dagvattnet, se ovan tabell 3. De olika undersökningar av snöns föroreningsinnehåll som gjorts i Sverige finns sammanfattade i Bengtsson m fl (1980). Där ges också följande rekommendationer för hur snön bör hanteras från miljösynpunkt:

- Snö på andra ytor än gatutor kan infiltreras eller avledas i dagvattenssystemet.
- Snö som borttransporteras omgående efter snöfall kan tipas på land eller i vattendrag.
- För snö som legat länge på gatutor måste väljas recipient efter recipientens krav. Reningsåtgärder bör övervägas. Sjötippning är i regel det sämsta alternativet.
- Snö som legat länge vid starkt trafikerade gator bör behandlas som spillvatten.

Från de flesta tätorter körs gatornas snö bort och läggs ut exempelvis på landtipp. Mängden snö och mängden förorening som på så sätt körs bort rör sig i allmänhet om högst någon procent av de totala årsmängderna och kan ur avrinningssynvinkel försummas. Däremot kan avrinningen från snötippen orsaka miljöpåverkan.

Bengtsson m fl (1980) ger också en del undersökningsresultat om föroreningsinnehållet i snötippor. I flera fall har mycket höga halter av framför allt suspenderade ämnen, COD och bly rapporterats. Spridningarna är dock alltför stora för att ett typiskt värde skall kunna ges.

2.6 Föroreningshalternas variation

Olika avrinningar är olika förorenade. Generellt kan sägas att ett regn med hög intensitet ger högre föroreningshalter än ett regn med låg intensitet. Vid mycket häftiga regn kan man få mycket höga föroreningshalter i dagvattnet - flera gånger halterna i figur 2. Orsaken till detta är främst att transportkapaciteten ökar. Tillfälliga aktiviteter i avrinningsområdet som till exempel anläggningsarbeten kan också avsevärt höja dagvattnets föroreningshalter.

Under ett år med normala intensitetsvariationer i medelvärden kan man räkna med att under sommarhalvåret den mest förorenade avrinningen har 3 gånger högre halter än "medelavrinningen" enligt figur 2. Under vinterhalvåret har den mest förorenade avrinningen cirka 1,5 gånger högre halter än vinterns "medelavrinning".

Föroreningshalterna varierar också under ett regn. En "normal" avrinning kan under de första minuterna ha flera gånger högre föroreningshalter än under senare delen av avrinningen. I Göteborgsundersökningen har funnits att den första tredjedelen av dagvattenvolymen under en avrinning transporterar när 2,4 gånger så mycket suspenderat material och 1,8 gånger så mycket zink som den sista tredjedelen. För det undersökta området skulle det alltså ofta "löna sig" att behandla det först avrinnande dagvattnet och släppa ut resten obehandlat. För andra områden kan uppdämningar medföra en utjämning av föroreningsmängderna.

3. FÖRORENINGSMÄNGDER SOM UTTRANSPORTERAS MED DAGVATTNET

De i figur 2 och tabell 1 redovisade schablonvärdena för dagvattnets föroreningshalter har använts för att göra en teoretisk beräkning av hur stora föroreningsmängder som per år transporteras ut från ett bostadsområde med dagvattnet. Föroreningshalterna (uppdelade på sommar- och vinterhalter), har multiplicerats med teoretiska uppgifter om avrunnna vattenvolymer, hämtade från en uppsats av Carlsson och Falk (1978). Diagrammen i figur 3 visar de på detta sätt beräknade mängderna.

Diagrammen gäller för bostadsområden i allmänhet och bygger på starka förenklingar av verkligheten. De torde kunna användas för överslagsberäkningar i planeringssyfte. Ingångsdata är endast den årliga nederbörden och andel hårdgjord yta i avrinningsområdet. Om t ex endast 80% av den hårdgjorda ytan är ansluten till dagvattenssystemet, bör mängderna enligt figuren multipliceras med 0,8. Vet man ingenting om hur stor del av de hårdgjorda ytorna i ett område som är anslutna till dagvattenssystemet kan man anta anslutningen 50-70 % i områden med enfamiljshus, 60-80 % i områden med flerfamiljshus och 80-100 % i centrumområden.

För jämförelse har gjorts en teoretisk beräkning av föroreningsmängderna i kemiskt-biologiskt renat spillvatten, se tabell 2. Beräkningarna bygger på antagandena i tabell 3 samt att i området bor 100 p/ha.

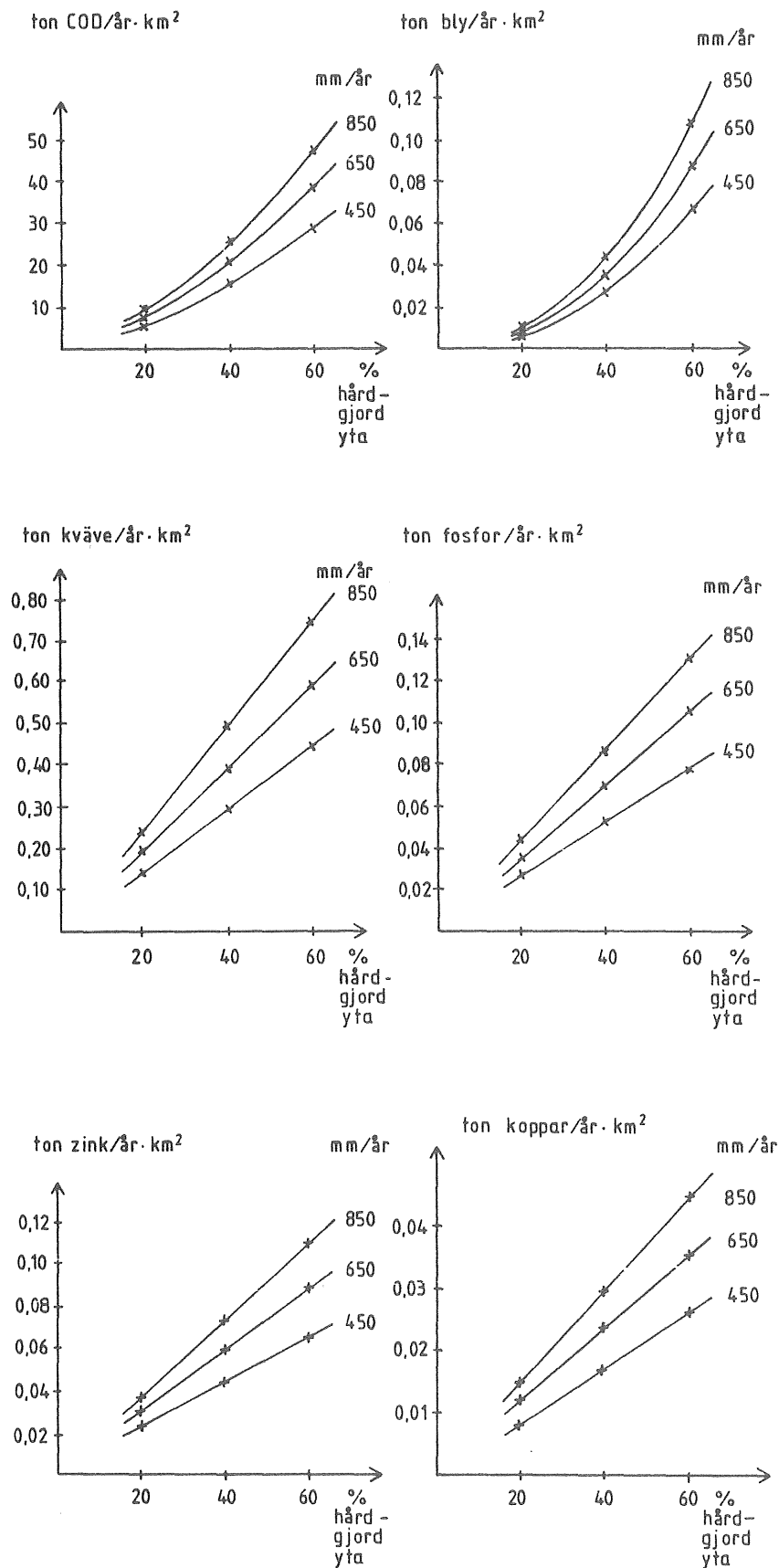
Tabell 2 Teoretiska föroreningsmängder i kemiskt-biologiskt renat spillvatten från ett bostadsområde med beendetätheten 100 p/ha.

	COD	N	P	Pb	Zn	Cu
ton/år km ²	40	30	0,9	0,03	0,04	0,04

Tabell 3 Teoretisk föroreningsproduktion som förs till spillvattensystemet. Teoretisk reningseffekt i ett kemiskt-biologiskt reningsverk.

	COD	N	P	Pb	Zn	Cu
g/p · d	120	12	2,5	0,03	0,04	0,04
reningseffekt, %	90	40	90	70	70	70

Tabellen bygger dels på (Andersson B m fl 1973), (Andersson L 1978) och på (Kaffehr 1976), dels på personligt meddelande, (Balmér 1981).



Figur 3 Teoretiska föroreningsmängder i dagvatten från ett bostadsområde.

4. FÖRORENINGSKÄLLOR

Olika föroreningskällors relativa betydelse för dagvattnets sammansättning redovisas i tabell 4. Tabellen bygger till stor del på resultat från undersökningar av dagvattnets föroreningskällor i Göteborg, Lund och Trondheim. Resultaten från dessa undersökningar tillåter emellertid ännu inte mer än en utvärdering i relativa ordalag.

Tabell 4

Föroreningskällors relativa betydelse för föroreningshalterna i dagvatten (enligt skalan dominerande - stor - någon - liten).

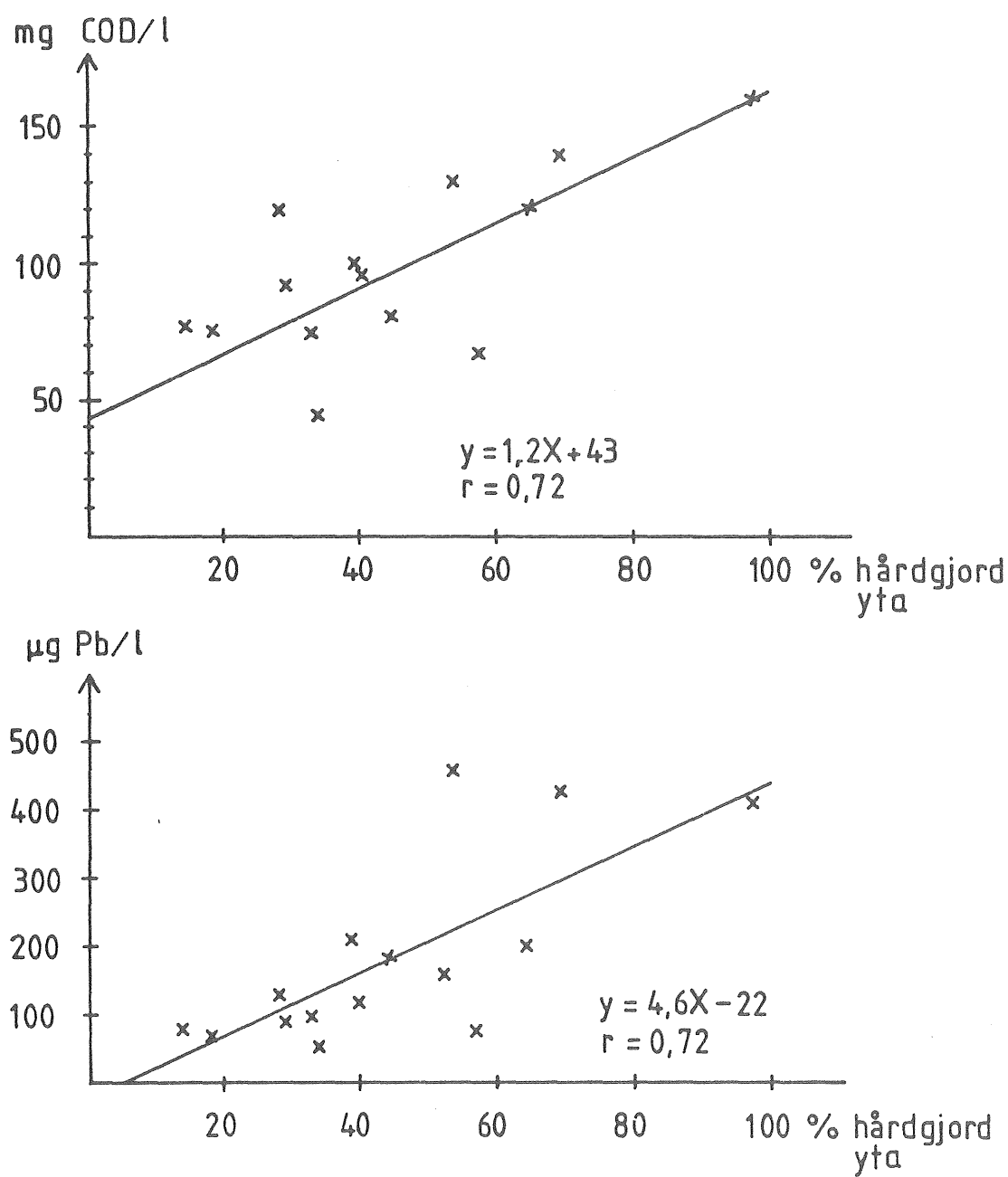
Föroreningskälla	Kemisk syreförbrukning	Totalkväve	Totalfosfor	Bly	Zink	Koppar
Trafik	dominant	någon	liten	dominant	någon	någon
Korrosion, erosion, nedbrytning	någon	liten	någon	liten	stor	dominant
Regn, stoftnedfall	någon	stor	någon	någon	stor	någon
Lokala aktiviteter	liten	någon	stor	liten	liten	liten

Resultaten från de nordiska dagvattenundersökningarna har i viss utsträckning studerats m a p föroreningskällor. Bl a har föroreningshalterna från de olika bostadsområdena ställts mot andelen hårdgjord yta. För COD och bly kunde påvisas vissa samband som redovisas i figur 4. Ett samband kunde även visas mellan COD och bly.

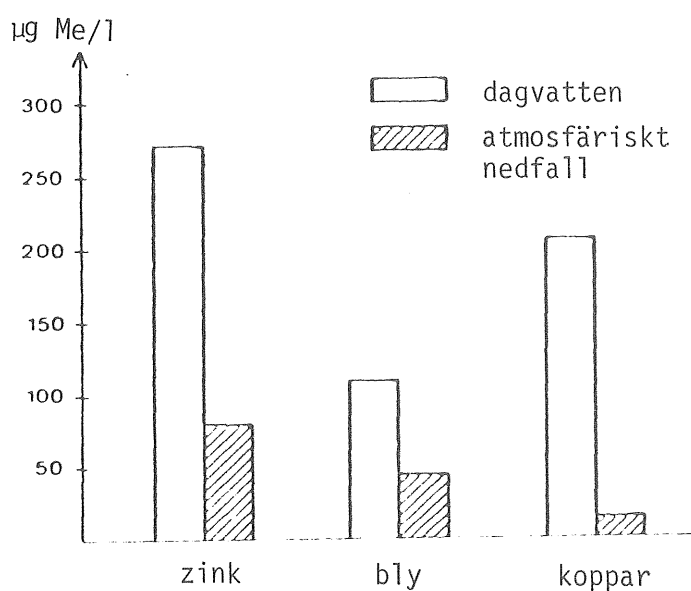
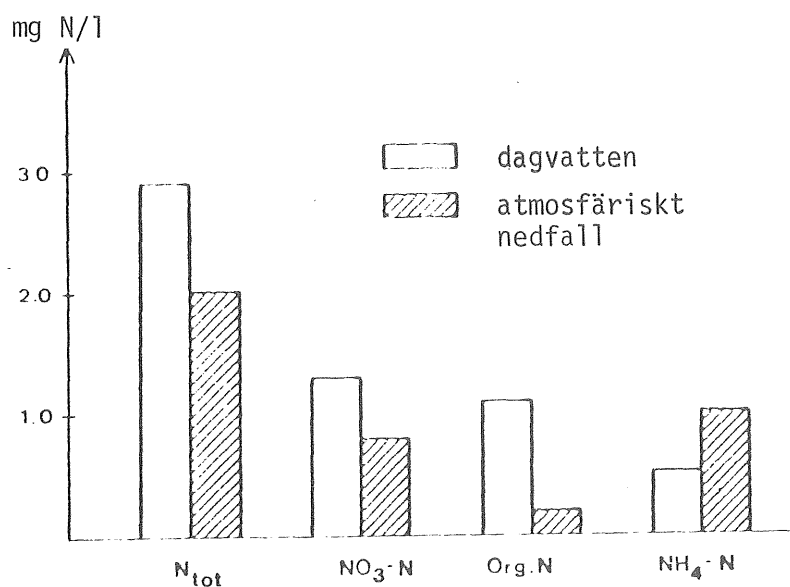
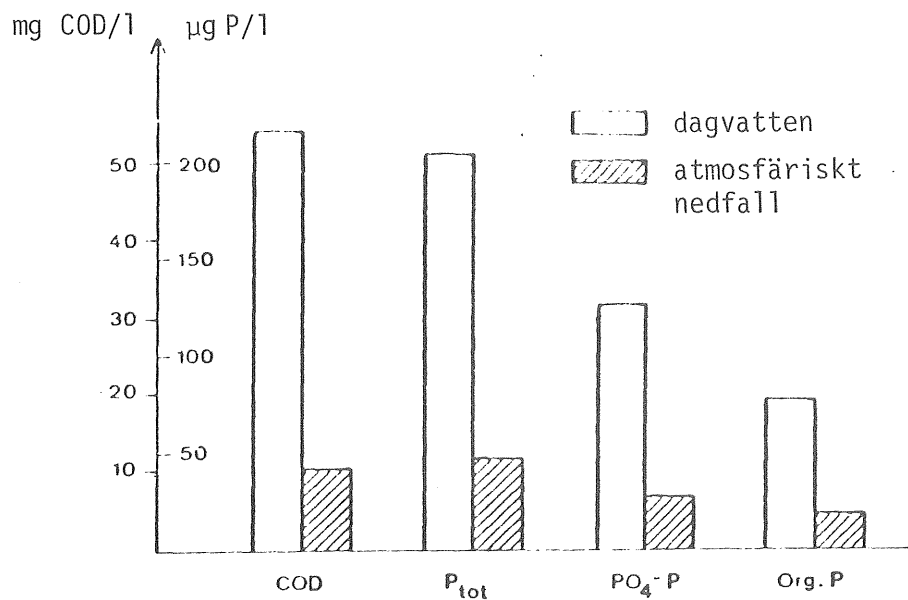
Resultaten kan tolkas så, att de hårdgjorda ytorna i ett bostadsområde medför aktiviteter av olika slag. För COD och bly är trafiken den största källan. För bly är trafiken den enda källan, vilket indikeras av att linjen i figur 4 nära skär nollpunkten - när man inte har gator får man inget bly i dagvattnet. För COD däremot måste finnas ytterligare käl-

lor - om inga gator finns i området indikerar figur 4 att det i alla fall finns ca 45 mg COD/l i dagvattnet. Luftnedfall, erosion från vegetationsytor samt nedbrytning av asfaltbeläggningen (torg, gångator, tak av asfaltpapp) förklarar detta.

I Göteborgsundersökningen har studerats hur stor andel av dagvattnets föroreningar i ett bostadsområde som kommer från regn och stoftnedfall. Resultaten visas i figur 5.



Figur 4 Samband mellan COD respektive bly och andelen hårdgjord yta i bostadsområden. Resultat från nordiska undersökningar.



Figur 5

Andel av vissa ämnen i dagvatten som härrör från nederbörd och stoftnedfall. Från Göteborgsundersökningen.

5. FÖRORENINGAR FRÅN DELYTOR

Dagvatten som avrinner från tak, gator eller parkeringsplatser kan ha helt olika sammansättning. Detta måste beaktas när man söker lokalt ta hand om dagvattnet, till exempel genom infiltration, eller när man vill försöka minska dagvattnets föroreningsverkan genom någon form av rening. En beskrivning av sammansättningen av dagvatten från tak och från asfalterade ytor ges därför nedan.

5.1 Sammansättningen av dagvatten från takytor

Dagvatten från tak är oftast klart, utan färg och med ett lågt partikelinnehåll. Dagvattnets pH-värde ligger på den sura sidan. Beroende på tillgången på korroderbara metallytor på taket kan innehållet av främst zink och koppar vara stort. Luftens och regnvattnets korrosiva egenskaper spelar därvid stor roll, till exempel innehåll av SO_2 och av salter. Därav följer att takvattnets metallinnehåll beror av närheten till havet och närheten till stora städer eller luftförorenade industrier.

Takvattnets innehåll av bly och syreförbrukande ämnen beror främst av takets höjd över kringliggande mark samt av trafikintensiteten i området. Takvattnets bakterieinnehåll kan vara högt beroende på spillning från fåglar.

Eftersom takvattnets sammansättning är så avhängigt förhållandena på just det betraktade taket, kan inga medelhalter ges. I tabell 5 visas variationsområden för några ämnen för dagvatten från tak med inte alltför exceptionella yttre betingelser (som t ex täckning med zink- eller kopparplåt). Värdena är främst hämtade från undersökningar i Västergötland och i Göteborg.

Tabell 5 Variationsområden för några föroreningshalter i dagvatten från tak

Ämne	Variationsområde
Suspenderat material	5-50 mg/l
Kemisk syreförbrukning	10-20 "
Bly	0,01-0,1 "
Zink	0,1-1 "
Koppar	0,01-1 "

5.2 Sammansättningen av dagvatten från gator och parkeringsplatser

Dagvatten från asfalterade ytor är ofta grumligt med grå-svart färg. Partikelinnehållet är högt. Vattnet innehåller ett spektrum av olika organiska och oorganiska ämnen. pH-värdet ligger nära neutralpunkten.

Gatuvatten är i allmänhet det mest förorenade dagvattnet. Föroreningsgraden är mycket beroende av trafikintensiteten men även icke-trafikerade asfaltytor, till exempel gångvägar, ger föroreningsbidrag. Detta beror på nedbrytningen av asfalten och på stoftnedfall och regn.

Trafiken förorenar dagvattnet genom avgaser, oljeläckage, korrosion, erosion av vägbanor och hjul. Från asfalt och däck kommer en mängd organiska ämnen och en del tungmetaller. Från dubbar kommer tungmetaller. Från bromsband kommer asbest. Från bromsledningar kommer koppar. Från avgaserna kommer bly, kväveoxider och en mängd organiska ämnen. Trafiken är dagvattnets största föroreningskälla för de flesta ämnen.

Genom undersökningar framförallt i Trondheim, i Finland och i Göteborg vet vi en del om sammansättningen hos dagvatten från asfalterade ytor. I tabell 6 visas variationsområden för några ämnen.

Tabell 6 Variationsområden för årsmedelhalter av några föroreningar i dagvatten från asfalterade ytor

	SS mg/l	COD mg/l	Pb µg/l	Cu µg/l	Cd µg/l
Trafikerad gata	100-600	150-250	200-500	50-100	2-4
Parkeringsplats	20-100	100-200	100-400	50-100	2-4

6. ÅTGÄRDER MOT DAGVATTENFÖRORENING

Vid bedömning av åtgärder mot dagvattenförorening måste man först göra klart för sig recipientens krav. Är recipienten känslig för akut påverkan till exempel genom tillförsel av giftiga ämnen, slam eller syretärande ämnen? Eller är recipienten mer känslig för långsiktig påverkan genom försurning eller entrofiering? Är dagvattnets volym av ondo eller godo för recipienten? Är flödesvariationerna för stora? - Ur det åtgärdsspektrum som i allmänhet finns tillgängligt måste väljas åtgärder som på ett ekonomiskt rimligt vis tillfredsställer de uppställda recipientkraven.

Åtgärder mot dagvattenförorening kan vara av tre principiellt olika slag.

6.1 Åtgärder som syftar till att minska volymen dagvatten som förs till recipienten

Eftersom dagvattenrecipienten ofta är en lokal liten bäck eller d kan man avlasta denna genom att i ledningar eller på annat sätt leda dagvattnet till annan recipient. Ett specialfall av detta är att leda bort dagvattnet tillsammans med spillvattnet i kombinerade ledningar. Problemen med utsläpp via bräddavlopp måste då observeras. Den totalt utsläppta föroreningsmängden (till huvudrecipienten) bör dock minimeras, vilket idag oftast innebär att större dagvattenvolymer bör föras till reningsverken medan direkta dagvattenutsläpp och bräddningar minskas.

Från föroreningssynpunkt kan nya tätbyggda områden ofta byggas med kombinerade ledningssystem medan mer glest byggda områden bör byggas med separerade ledningssystem.

Ett andra sätt att minska dagvattenvolymer är lokalt omhändertagande genom infiltration och perkolation. Riskerna för förorening av grundvattnet bör då bedömas med utgångspunkt från markens egenskaper och vad som sagts om dagvattnets sammansättning i kapitel 5 ovan.

Ett ofta billigt och enkelt sätt att ordna infiltration av dagvatten är att anlägga infiltrationsdiken längs gatorna där så kan göras m h t bebyggelsen. De största fördelarna med dikesinfiltration är

- bibehållande av områdets vattenbalans
- utjämning av flödestoppar
- föroreningsreducering genom vegetationen och det översta marklagret
- plats för snöupplag och naturligt omhändertagande av smältvattnet

Omhändertagande av dagvatten i diken är bl a diskuterat i (Malmqvist m fl 1979). Undersökningar i Trondheim (Reinertsen 1981) har också visat att gatans trottoar har en föroreningskoncentration som är 50-100 % högre än körbanans. Gott utbyte ur föroreningssynpunkt får man alltså genom att åtminstone luta trottoarerna ut från gatan och låta dagvattnet därifrån infiltrera i omgivande gräsyta, om sådan finnes. I allmänhet brukar man betrakta grundvattnet inne i städer som "tillspillogivet" från kvalitetssynpunkt.

6.2 Åtgärder som syftar till att minska dagvattnets föroreningskällor

De större föroreningskällorna och deras inbördes betydelse har angivits i tabell 6. Följande åtgärder är aktuella:

- Minskning av rökgasutsläpp från motorfordon, industrier och bostadsuppvärmning. Dessa åtgärder påverkar inte bara dagvattnets sammansättning utan hela vår omgivningsmiljö och ligger i linje med pågående miljövårdsarbete.
- Minskning av korrosionen av metallytor på byggnader, på trafikanordningar m m genom målning.
- Förbättring av konstruktionsdetaljer på motorfordon (bromsar, motorer, korrosionsskydd).
- Förbud mot dubbdäck.
- Förbättring av vägbeläggnings motståndskraft mot nedslitning och nedbrytning.
- Förbättrad renhållning genom gatusopning.

6.3 Åtgärder som syftar till att rena dagvattnet före utsläppet

Rening av dagvatten är svårt och kostsamt genom de mycket varierande flödena. Endast mekaniska och eventuellt kemiska reningsmetoder är aktuella. Alla reningsanläggningar måste p g a flödesvariationerna föregås av någon form av utjämning.

En stor del av dagvattnets föroreningar är knutna till partiklar i vattnet. Mycket grovt kan anses att 30 % av kopparn, 60 % av zinken och 90 % av blyet i dagvatten är bundet till partiklar. Föroreningar i dagvatten från trafikytor är i större utsträckning bundna till partiklar än från andra ytor. Föroreningar i snö och smältvatten är i större utsträckning bundna till partiklar än i avrinnande regnvatten. Föroreningarna går m a o i viss utsträckning att filtrera genom silning, mikrosilning eller sandfiltrering. De finare dagvattenpartiklarnas storlek ligger i allmänhet i intervallet 5-50 μm . Därjämte finns en del grövre partiklar ända upp i sandfraktionen.

Det finns få svenska undersökningar av sedimenterbarheten hos dagvatten. En av de mer omfattande är undersökningarna av dagvattentunneln från Järvafältet i Stockholm. Tabell 7 visar några resultat. Uppehållstiden var i genomsnitt 7 dygn.

Tabell 7 Avskiljning av föroreningar i Järvatunneln

Diameter	Avskiljning i %
Suspenderade ämnen	73-80
Kemisk syreförbrukning	20-40
Totalkväve	6-29
Totalfosfor	50-63
Bly	76-82
Zink	48-60
Koppar	16-36
Kadmium	74-82

Nr	Namn	Markanvändning	Yta, ha	% hårdgjorda ytor	Befolkningstäthet P/ha	Referens
1	Kontula (Helsinki)	Bostäder/flerfamiljshus	23	40	164	Melanen 1980
2	Pakila (Helsinki)	Bostäder/enfamiljshus	20	29	30	-"-
3	Herttoniemi (Helsinki)	Trafik	14	33	45.000 f/d	-"-
4	Nekala (Tampere)	Industri	14	40	-	-"-
5	Hämeenpuisto (Tampere)	Cityområde och bostäder/ flerfamiljshus	13	67	125	-"-
6	Kaukovainio (Oulu)	Bostäder/flerfamiljshus	41	30	85	-"-
7	Kajaani	Cityområde och bostäder/ flerfamiljshus	19	64	65	-"-
8	Nörremarken (Viborg)	Industri och bostäder	159	50		Heise 1977 a
9	Skvaetmölle (Skanderborg)	Institutioner och bostäder	27	52		Heise 1977 a
10	Holbaek (Ordrup)	Trafik	4	50	-	Heise 1977 b
11	Solvik 0 (Baerum)	Bostäder/spridd bebyggelse	23	20-30	6	Lindholm 1976

Nr	Namn	Markanvändning	Yta, ha	% hård- gjorda ytor	Befolk- nings- täthet P/ha	Referens
12	Vika (Oslo)	Cityområde	10	97	-	Lindholm 1976
13	Oppsal (Oslo)	Bostäder/flerfamiljshus	37	43	147	"-
14	Vestli (Oslo)	Bostäder/flerfamiljshus	37	33	120	"-
15	Risvollan (Trondheim)	Bostäder/enfamiljshus	20	18	30	"-
16	Vårby (Stockholm)	Bostäder/flerfamiljshus	~ 50	~ 45	50	Söderlund & Lehtinen 1970
17	Vårby (Stockholm)	Trafik	3	~ 80	55.000 f/d	"-
18	Tingstadstunneln (Göteborg)	Trafik	18	~ 50	68.000 f/d	Lisper
19	Högsbo (Göteborg)	Industri				Malmquist & Svensson 1974
20	Bergsjön (Göteborg)	Bostäder/flerfamiljshus	16	39	115	Malmquist & Svensson 1977
21	Bergsjösvängen (Göteborg)	Bostäder/enfamiljshus	5	44	85	Malmquist & Svensson 1977
22	Vegagatan (Göteborg)	Bostäder/flerfamiljshus	6	53	250	Malmquist & Svensson 1977
23	Floda (Göteborg)	Bostäder/enfamiljshus	18	14	22	Malmquist & Svensson 1977
24	Ryd (Linköping)	Bostäder/flerfamiljshus	4	57	71	Svensson m fl 1980
25	Ryd (Linköping)	Bostäder/enfamiljshus	18	34	27	Svensson m fl 1980

Nr	Namn	Markanvändning	Yta, ha	% hård- gjorda ytor	Befolk- nings- täthet p/ha	Referens
26	Lund	Industri och bostäder/ flerfamiljshus	50	50	27	Hogland & Niemczynowicz 1979
27	Floda (Göteborg)	Trafik	2	95		Malmquist & Hård 1981
28	Tensta (Stockholm)	Bostäder/flerfamiljshus	35	37	150	Stockholms VA-verk 1978
29	Akalla (Stockholm)	Bostäder/flerfamiljshus	66	41	100	- " -

Aritmetiska medelvärden av föroreningshalter i dagvatten i de undersökta områdena.

	Kemisk syre- förbrukning (COD) mg/l	Total- kväve mg/l	Total- fosfor mg/l	Bly µg/l	Zink µg/l	Koppar µg/l
<u>Bostadsområden</u>						
<u>≥ 50 P/ha</u>						
Antal områden	12	12	12	14	14	14
Medelvärde	100	2,5	0,40	220	360	100
Standardavvikelse	35	1,1	0,18	130	230	100
Lägsta/högsta halt	55/160	1,1/ 4,9	0,75/ 0,9	63/ 460	64/ 920	18/ 330
<u>Bostadsområden</u>						
<u>< 50 P/ha</u>						
Antal områden	4	2	3	4	4	4
Medelvärde	72	2,0	0,26	73	150	33
Lägsta/högsta halt	44/93	1,6/ 2,3	0,23/ 0,3	50/ 92	100/ 190	33/ 40
<u>Trafikområden</u>						
Antal områden	1	3	3	3	3	3
Medelvärde	200	2,0	0,30	230	240	54
Lägsta/högsta halt	-	1,7/ 2,1	0,18/ 0,4	160/ 300	150/ 290	41/ 77
<u>Industriområden</u>						
Antal områden	1	2	4	4	4	3
Medelvärde	110	3,2	0,42	140	490	130
Lägsta/högsta halt	-	1,6/ 4,8	0,19/ 0,69	90/ 210	250/ 620	70/ 170

7. LITTERATUR

Andersson L, 1978. Föroreningar i avloppsvatten från hushåll. SNV PM 1103. Stockholm.

Bengtsson L m fl, 1980. Snöhantering i tätort. Byggeforskningsrådet Rapport R 27:1980. Stockholm.

Bucht E, m fl, 1977. Dagvatten, resurs och belastning. SNV PM 873. Stockholm.

Carlsson L, Falk J, 1978. Water Budget for Urban Areas in Sweden - a Rough Approximation. Nordic Hydrological Conference in Helsinki 1978. In "Papers on Urban Hydrology 1977-1978", Geohydrologiska forskningsgruppen vid Chalmers Tekniska Högskola. Meddelande nr 37, s 25-37, 1978, Göteborg.

Forsberg C, Wenster P, 1976. Dagvatten i Uppsala 1975. Uppsala kommun, Hälsovårdsnämndens miljövårdsprogram. Uppsala.

Harremoës P, 1977. Betydningen af forurening fra regnafstrømning for val af urbane afløbssystemer - en oversigt af nordisk litteratur og værdering af status. Trettonde nordiska symposiet om vattenforskning i Röros 1977. Diffuse Vannforureninger. Nordforsk, miljövårdssekretariatet Publikation 1977:2. Helsingfors.

Heise P, Simonsen J, 1977 a. Gudenåundersøgelsen 1973-1975. Regnvandundersøgelser. Vandkvalitetsinstituttet, Rapport nr 17. Hørsholm.

Heise P, Pedersen S, 1977 b. Målning af vejvands forurensning - Holbaekmotorvejen. Rapport til Vejdirektoratets afvandingsgruppe. Vandkvalitetsinstituttet, ATV. Hørsholm.

Hogland W, Niemczynowicz J, 1979. Kvantitativ och kvalitativ vattenomsättningsbudget för Lunds centralort. Institutionen för teknisk vattenresurslära, Lunds tekniska högskola. Rapport nr 3029. Lund.

Horkeby B, Malmquist P-A, 1977. Mikroämnen i dagvatten. SNV PM 926. Stockholm.

Kaffehr B, 1976. Behandling av avloppsvatten med höga zinkhalter vid kommunala avloppsreningsverk. Chalmers tekniska högskola. Doktorsavhandling. Göteborg.

Lindholm O, m fl, 1976. Forurensning i overvann (med appendix). NIVA o-57/74. PRA 4.7. Oslo.

Lisper P, 1974. Om dagvattnets sammansättning och dess variation. Chalmers tekniska högskola, doktorsavhandling. Göteborg.

Malmquist P-A, Svensson G, 1974. Dagvattnets sammansättning i Göteborg. Delrapport. Geohydrologiska forskningsgruppen vid CTH, Meddelande nr 14. Göteborg.

Malmquist P-A, Svensson G, 1975. Tungmetaller i dagvatten. Studium av tungmetallkällor i ett bostadsområde. VATTEN nr 3 1975 s213-223. Lund.

Malmquist P-A, Svensson G, 1977. Urban Storm Water Pollutant Sources. International Symposium on Effects of Urbanization and Industrialization on the Hydrological Regime and on Water Quality, Proceedings. IAHS-AISH Publication No 123.

Malmquist P-A, 1978. Atmospheric Fallout and Street Cleaning - Effects on Urban Storm Water and Snow. Progress in Water Technology 1978, Vol 10, Nos 5/6, pp 495-505.

Malmquist P-A, Hård S, 1981. Grundvattenpåverkan av dagvatteninfiltration. Geohydrologiska forskningsgruppen vid CTH. Meddelande nr 59. Göteborg.

Melanen M, 1980. Quality of runoff in the Finnish Urban Areas. National Board of Waters Finland. Report 197. Helsinki (på finska med engelsk sammanfattning).

Stahre P, 1976. Dagvatten från industriområden, trafikleder m m. VATTEN vol 32 (1976) sid 220-226.

Stockholms VA-verk 1978. Dagvattenundersökningar på Järvafältet. Stockholm.

Svensson G, Ören K, 1979. Planeringsmodell för avloppssystem. NIVA-modellen tillämpad på Torslanda avrinningsområde. Geohydrologiska forskningsgruppen vid CTH, meddelande nr 41. Göteborg.

Svensson G, m fl, 1980. Dagvattnets mängd och beskaffenhet i stadsdelen Ryd i Linköping 1976-1977. Geohydrologiska forskningsgruppen vid Chalmers Tekniska Högskola, Meddelande nr 48. Göteborg.

Söderlund G, Lehtinen H, 1970. Föroreningar i dagvatten från stadsbebyggelse. VATTEN nr 4 1970 s326-335.

Malmqvist P-A, Lannér G, Högberg E, Lindvall P, 1979. Södra Näset - ett exempel på förenklad utformning av gator och dagvattensystem i ett upprustningsområde. Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH. Meddelande nr 47. Göteborg.

Stahre P, 1981. Flödesutjämning i avloppsnät. Byggforskningsrådet T13:1981, Stockholm.

Reinertsen T, 1981. Quality of storm-water runoff from streets. Institutt for vassbygging, Norges tekniske høgskole, Trondheim.

Bilaga 3. Resultaten från undersökning av mikroämnen i dagvatten från bostadsområdet Bergsjön i Göteborg (Horkeby och Malmquist, 1977).

Prov togs på dagvatten, regnvatten och stoftnedfall vid tre olika tillfällen, sommar, höst och vår. Tabell 1 visar exakta datum för provtagningarna. I tabell 2, 3 och 4 ges värden på analysresultaten från de tre olika provtagningarna.

Tabell 1. Provtagningsdatum.

	Dagvatten	Nedfall + regn(metaller)	Nedfall + regn(HCB,DDT,PCB)
Sommar	30/7 -76	28-30/7 -76	29/4-31/5 -76
Höst	2/11 -76	18/10-3/11 -76	20/9-20/10-76
Vår	27/4 -77	1/4 - 27/4 -77	6/5 - 6/6 -77

Tabell 2. Metallkoncentrationer i dagvatten resp atmosfäriskt nedfall.

Metall	Dagvatten µg/l			Nedfall µg/l regnvatten			Nedfall µg/dygn		
	sommar	höst	vår	sommar	höst	vår	sommar	höst	vår
As	4,2	1,3	1,3	0,52	2,4	0,8	0,14	0,2	0,1
Cd	5,2	12,1	1	-	4,3	1,0	-	0,4	0,15
Co	1,8	5	2,1	0,2	0,6	0,2	0,05	0,05	0,03
Cr	<0,2	5	9	<0,2	7	1	<0,05	0,6	0,15
Cu	215	350	174	4	30	18	1,1	2,7	2,7
Fe	420	3300	3860	120	695	120	32	63	18
Hg	-	0,08	0,09	-	0,15	0,29	-	0,014	0,04
Mn	78	-	115	<6	48	14	<2	4	2
Mo	2,2	<3	<2	<0,4	<3	<1	<0,2	<0,3	<0,2
Sb	<0,2	1,0	0,8	<0,2	0,8	0,6	<0,05	0,07	0,09
Ti	<60	-	<500	<40	<60	<100	<11	<6	<15
V	6,4	-	24	1,2	6	4	0,3	0,5	0,6
W	<1	<100	<2	<1	<100	<2	<0,3	<9	<0,3
Zn	335	685	243	52	127	95	14	11	14
Ni	10	34	<10	<10	6	<10	<3	0,5	<2
Pb	24	350	140	96	90	60	26	8	9
Sn	<50	<50	<100	<50	<50	<100	<15	<5	<15

P.g.a. att dagvattnet vid höstprovtagningen innehöll mycket klorid kunde vissa metaller, Mn, Ti och V ej analyseras samt var detektionsgränsen för wolfram för hög.

Tabell 3. PCB-, HCB- och DDT-koncentrationer i dagvatten, regnvatten och stoftnedfall.

Ämne	Dagvatten ng/l			Regnvatten ng/l			Nedfall ng/mån,m ²		
	sommar	höst	vår	sommar	höst	vår	sommar	höst	vår
PCB	2,5	35	18,5	1,5	<0,73	<0,5	(<2500)	224	1531
HCB	<0,1	<0,1	0,004	<0,7	<0,7	<0,03	<5	<5	8,78
DDT	<0,2	<0,7	<4	<0,08	<0,05	<0,1	<5	<5	<2,5

Provet på stoftnedfall vid sommarprovtagningen innehöll någon okänd förorening varför PCB-halten ej kunde analyseras exakt. Närvaro av PCB i proven stör vid HCB- och DDT-analysen varför dessa halter i allmänhet ej kan anges exakt.

Tabell 4. PAH-koncentrationer på partiklar i dagvatten.

Provtagning	Partikelmängd mg/l	Naftalenekviv. 2-ringar µg/l	Fenantrenekviv. 3-ringar µg/l	Fluorantenekviv. ≥4-ringar µg/l
sommar	10	20	8	0,5
höst	51	320	230	22
vår	57	260	230	40

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: Nederbördsräkare. 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, samspillet 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 föranklad utformning av gator och dagvattensystem i ett upprustningsområde. 1980.
- nr 48 Viktor Arnell, Håkan Strandner, Gilbert Svensson: Dagvattnets mängd och beskaftenhet 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. Göteborg 1980. 115 sidor. 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.
- nr 61 Lars O Ericsson och Stig Hård: Termisk registrering - en metod att kartera markvattenhalt. Slutrapport. 1981. 18 sidor. 25:- kr.
- nr 62 Jan Pettersson, Elisabeth Sjöberg: SÖDRA NÄSET - En intervjuundersökning rörande två alternativa upprustningsförslag av gator och dagvattentransport. 1981. 36 sidor. 25:- kr.
- nr 63 Olov Holmstrand: Praktisk tillämpning av ingenjörsgelogisk kartering. 1981. 114 sidor. 25:- kr.
- nr 64 Anders Sjöberg, Nils Mårtensson: REGNENVELOPEMETODEN. En analys av metodens tillämplighet för dimensionering av ett 2-års perkolationsmagasin. 25:- kr. 1982.
- nr 65 Gösta Lindvall: ENERGIFÖRLUSTER I LEDNINGSTRUNKAR - Litteraturstudie. 1982. 35 sidor. 25:- kr.

