

Till Anette

- för all uppmuntran du gav

FÖRORD

Detta examensarbete har utförts vid institutionen för vattenförsörjnings- och avloppsteknik på Chalmers tekniska högskola.

På uppdrag av Statens naturvårdsverk drivs ett projekt rörande nyckeltal för inläckning. Projektledare är docent Gilbert Svensson. Initiativ till examensarbete togs för att testa olika idéer för projektet.

Jag vill tacka min handledare Gilbert Svensson, på institutionen för vattenförsörjnings- och avloppsteknik på Chalmers tekniska högskola, för alla idéer och uppslag. Jag vill även tacka Lennart Nygren, på Tekniska kontoret i Vimmerby kommun, för hjälpen med att få fram alla uppgifter från ert datasystem. Jag vill slutligen framföra ett tack till Torbjörn Karlsson, Kent Johnsson och Inge Andersson, på Gatukontoret i Hultsfred kommun för att ni har hjälpt mig med att få fram de uppgifter jag ansett mig behöva, samt ett tack till övriga ej nämnda.

Alla enheter som har använts i detta examensarbete är SI-enheter där annat ej har angivits.

Göteborg i december 1993

Thomas Pettersson
thomas@sani.chalmers.se

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD	i
INNEHÅLLSFÖRTECKNING	ii
SAMMANFATTNING	iv
ABSTRACT	v
1. INLEDNING	
1.1 Bakgrund	1
1.2 Problembeskrivning	1
2. SYFTE	2
3. HYPOTES	3
4. METOD	
4.1 Allmänt	5
4.2 Val av områden	5
4.3 Dataunderlag	5
4.4 Databearbetning	6
4.5 Analys av resultat	6
4.6 Datorprogram	6
5. GENOMFÖRANDE	
5.1 Val av område	7
5.2 Datainsamling	9
5.3 Beräkning av inläckande vattenvolym	12
5.4 Modell för beräkning av inläckage	13
6. RESULTAT	
6.1 Verifiering av områdeskonstanter	16
6.2 Diskussion kring resultaten	20
7. SLUTSATSER OCH FÖRSLAG TILL FORTSÄTTNING	
7.1 Slutsatser	22
7.2 Förslag till fortsatta studier	22
7.3 Förslag till arbetsgång för att använda modellen	22
8. REFERENSER	24
BILAGOR	25
1. Nederbörd och temperatur - SMHI:s mätstation i Målilla	26
2. Grundvattennivåer i Vimmerby	27
3. Grundvattennivåer i privata brunnar i Virserum	29

4.	Extrapolerade grundvattennivåer i Virserum	30
5.	Avloppsvattenvolymer i Virserum	32
6.	Beräknad dricksvattenförbrukning i Virserum	34
7.	Inläckage i Vimmerby; tabell och diagram	35
8.	Inläckage i Virserum; tabell och diagram	38
9.	Ledningskarta över Vimmerby med områdesindelning	44
10.	Ledningskarta över Virserum	45
11.	Karta över SGUs grundvattennivåobservationsrör i Virserum	47
12.	Områdesdata för Vimmerby och Virserum	48
13.	Områdeskonstanter för Vimmerby och Virserum	49
14.	Inläckagets fördelning på grundvatten respektive regnvatten i Vimmerby	50
15.	Inläckagets fördelning på grundvatten respektive regnvatten i Virserum	52
16.	Korrelation verkligt - beräknat inläckage i Vimmerby	56
17.	Korrelation verkligt - beräknat inläckage i Virserum	57
18.	Preliminär översättning av områdesdata till områdeskonstant, K_{ber}^1	59
19.	Slutgiltig översättning av områdesdata till områdeskonstant, K_{ber}^1	60
20.	Områdesparametrars andel i områdeskonstanter	61

SAMMANFATTNING

I våra avloppsnät transporteras inte bara avloppsvatten utan icke oansenliga mängder inläckande grund- och regnvatten. Detta är ett problem i framför allt spillvattenledningar eftersom det mottagande reningsverket får ta emot stora mängder "rent" vatten som stör reningsprocesserna. Det är inte ovanligt att avloppsvattnet kan bestå av mer än 50% inläckage. Det finns idag ingen metod att beräkna inläckagets storlek i befintliga eller nyproducerade avloppsnät. Detta examensarbete har syftat till att ta fram en modell som skall kunna användas till detta. För att skapa denna modell har månadsvisa flödesvolymerna från flera delområden använts. Delområdena finns i Kalmar län, belägna i Vimmerby stad i Vimmerby kommun och i Virserums samhälle i Hultsfred kommun.

Det faktiska inläckaget har fastställts genom att subtrahera delområdets dricksvattenvolym och eventuell dagvattenvolym från dess spillvattenvolym. Modellen beskriver ett delområdes teoretiska inläckage som en funktion av dess grundvattennivå multiplicerat med en områdeskonstant som är unik för varje delområde. Mätningar av grundvattennivån i respektive delområde har gjorts i observationsrör och i privata brunnar. Inläckaget varierar med grundvattennivåns fluktuationer men inte med nederbörd och temperatur i denna modell.

Storleken på områdeskonstanterna för de olika delområdena visar ledningsnätets status. Ett stort numeriskt värde tyder på stort inläckage och tvärtom. Dessa områdeskonstanter kan bestämmas med två olika metoder. Den ena metoden är att utnyttja ett delområde som har kända flödesvolymerna så att inläckaget kan fastställas för en tidsperiod om minst 4 år bakåt i tiden samt att observationer av grundvattennivåer finns i området för samma tid. Finns ej dessa observationer kan extrapolering av grundvattennivåserie från privata dricksvattenbrunnar tillsammans med en grundvattennivåserie från SGU göras för den tiden. Med inläckaget och grundvattennivåerna kända görs en passning av områdeskonstanterna så att modellens beräknade inläckage stämmer väl överens med det verkliga. Den andra metoden är att ta fram data från ledningsnätet (längd, material mm) och från området (jordart mm). Dessa data tillsammans med tabellvärdena ger insatta i en ekvation direkt områdeskonstanten. Genom att jämföra områdeskonstanterna från de båda metoderna kan man få en uppfattning om hur stort det verkliga inläckaget (metod 1) är jämfört med ett "normalvärde" (metod 2). Detta kan vara av intresse vid t.ex. förnyelseplanering.

För att metod 2 skall kunna användas måste det finnas standardtabell framtagen. Dessa tabellvärden bestäms efter att ha passningsräknat fram områdeskonstanter (metod 1) för ett stort antal delområden med olika lednings- och områdesdata. Dessa lednings- och områdesdata sätts tillsammans med de okända ekvationskonstanterna/tabellvärdena in i ekvationen som skall ge de passningsframräknade områdeskonstanterna som resultat. Genom att även här utföra en passningsräkning erhålls ekvationskonstanterna d.v.s. tabellvärdena. I denna utredning ligger endast de områden som studerats till grund för denna tabell, vilket är för litet antal. De parametrar som är mest intressanta för att bestämma områdeskonstanterna är, enligt denna utredning, ledningslängd, ledningsmaterial och jordart. Det visar sig att betongledningarna är de tätaste, det numeriskt minsta tabellvärdet, följt av PVC-ledningarna och sist lergodsledningarna som är de klart sämsta, det största tabellvärdet. Tabellvärdena för ledningsparametrarna blir positiva och tabellvärdena för jordarten blir negativa. Detta kan förklaras med att ledningsdelen i ekvationen står för en fri inläckning i ledningsnätets sprickor och otätheter emedan jordartsdelen är en dämpande faktor av det fria inläckaget.

Det finns en osäkerhet i de värden som tagits fram i detta examensarbete på grund av att ett för litet antal delområden ligger som grund. Likaså bör nederbördens inverkan studeras mer.

ABSTRACT

In sewage collection systems, there is often a lot of infiltration and inflow. The infiltration/inflow makes problems to the processes in the wastewater treatment plant. Infiltration/inflow of about 50% or more of the sewage flow is not unusual. Today there is no method for calculation of infiltration/inflow in sewage systems. The purpose of this diploma thesis work is to create a model that is able to predict the infiltration/inflow. As a basis for the study a couple of subcatchments with their monthly flow volumes has been used. They are located in Vimmerby and Virserum in the Kalmar län.

The actual infiltration/inflow is determined by subtracting the drinking water and possibly the stormwater from the sewage. The infiltration/inflow is dependent on the fluctuation of the groundwater level but not the rainfall and temperature in the proposed model. The model describes the infiltration/inflow for a subcatchment as a function of the groundwater level multiplied with an area constant. The size of the numerical value of the area constant for the different subcatchments shows the status of the sewage system. A large value confirm a large infiltration/inflow and vice versa. The area constants can be established in two different ways. The first one is to use subcatchments with known infiltration/inflow values and groundwater levels for at least 4 years. With the infiltration/inflow and the groundwater level determined the area constant can be established by fitting the modeled flow on the observed flow and minimizing the error by the least square method. The other method is to obtain data from the pipe facilities (length, material etc.) and from the area (earth deposit etc.). These parameters evaluated by an equation gives the area constant directly. Comparing the results from the two methods gives a hint of the size of the difference between a "real" inflow (method 1) and a "normal" inflow (method 2). This procedure may be interesting when planning renewal of sewage system.

Keywords: infiltration/inflow, sewage system, pipe material, geohydrology, groundwater level, rainfall, temperature, calculation model, verifying

1 INLEDNING

1.1 Bakgrund

I avloppsledningar anslutna till avloppsreningsverk transporteras förutom spillvatten även inläckande grund- och dräneringsvatten, så kallat ovidkommande vatten. Detta inläckage varierar kraftigt för olika ledningsområden som bland annat tas upp i Agersborg (1986). Där uppmärksammas även osäkerheten som finns vid uppmätning av avloppsreningsverkens flödesdata. Denna variation av inläckage kan förklaras med olika geohydrologiska förhållanden och varierande ledningsutformning. Idag dimensioneras ledningsnäten, pumpstationer och reningsverk med enkla antaganden om storleken på inläckaget. Detta uttrycks ofta som en specifik avrinning per ansluten yta, VAV P28 (1976).

1.2 Problembeskrivning

Stora mängder ovidkommande vatten i spillvattennätet medför att reningsverken får problem med reningsprocesserna på grund av för mycket "rent" vatten. Det är otillfredsställande att inte kunna ställa inläckagets storlek mot börvärden för olika typer av nät och geohydrologi. Idag är inte ens definitionen av inläckaget till avloppsnäten definierad på ett entydigt sätt. Definitionen inläckage står för vatten som efter att ha passerat ett marklager når avloppsledningarna. Detta oberoende om inträngningen i själva ledningen skett via husdräneringar, trasiga rör eller felaktiga anslutningar, Bäckman (1985).

Problemen med dessa otydliga definitioner är att det är svårt att på ett tillfredsställande sätt beräkna dimensionerande spillvattenflöde med inläckaget inkluderat. Detta gäller särskilt i de områden där nyanläggning av ledningsnät skall göras. Ytterligare en nackdel med att inte ha något börvärde för inläckaget är att det är svårt att kontrollera om det verkliga inläckaget i ett befintligt avloppsnät är acceptabelt med hänsyn taget till aktuella parametrar för området ifråga.

2. SYFTE

Tanken med det här projektet är att få fram en modell som beskriver inläckaget av ovidkommande vatten i avloppsledningar. Detta för att på ett enkelt men ändå tillräckligt noggrant sätt kunna ta fram storleken på inläckaget i spillvattenledningar t.ex. i nyproducerade bostadsområden samt att även kunna bedöma om storleken på inläckaget i ett befintligt nät ligger inom rimliga gränser.

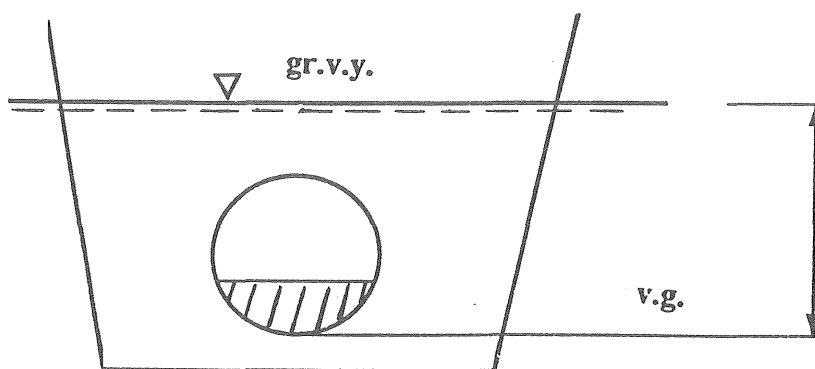
Modellen skall vara knuten till aktuella beskrivande parametrar för olika typer av områden. Parametrarna bör vara av geologisk, hydrologisk och geohydrologisk karaktär och framför allt vara knutna till typ av ledningsnät. Modellen skall ge resultatet som inläckande volym ovidkommande vatten för aktuellt område som funktion av bl.a. ledningslängd.

3. HYPOTES

En tänkbar modell för att beskriva ett områdes inläckage kan bygga på följande hypotes:

Inläckaget antas här i huvudsak bero på vissa hydrologiska och geohydrologiska parametrar, Wilson (1990), som nedan beskrivs i detalj:

Grundvattennivå - Grundvattenytans nivå i ett område jämförs med ledningarnas vattengång i ett antal punkter, se figur 3.1. Differensen mellan dessa visar om grundvattenytan ligger under, i höjd med eller över ledningens vattengång. Ligger grundvattenytan under vattengången så påverkar den inte inläckaget. Ligger den däremot över så påverkas inläckagets storlek av en funktion beroende av grundvattnets höjd över avloppsledningens vattengång, $f(\text{grvy}(t))$.



Figur 3.1 Principskiss av grundvattnets läge i förhållande till spillvattenledning

Nederbörd - Nederbördsmängden beaktas och ett "träskelvärde" bestäms, som måste överskridas för att ett bidrag till inläckaget skall erhållas. Tillskottet bestäms av funktionen $g(\text{ned}(t))$.

Temperaturen påverkar nederbördens bidrag till inläckaget. Under perioder med dygnsmedeltemperaturer lika med och under noll grader Celsius bidrar inte nederbörden med något tillskott. Vid dygnsmedeltemperaturer över noll påverkas inte nederbördens tillskott till inläckaget av temperaturen. Funktionen som beskriver både det nederbörd- och temperaturberoende tillskottet till inläckaget kan se ut som $g(\text{ned}(t), \text{temp}(t))$

Det teoretiskt beräknade inläckaget för ett avgränsat delområde bör ha följande utseende:

$$V^{\text{ber}}(t) = K^1 * f(\text{grvy}(t)) + K^2 * g(\text{ned}(t), \text{temp}(t)) \quad (3.1)$$

där $V^{\text{ber}}(t)$ är det teoretiskt beräknade inläckaget

f, g är funktioner

t är tiden

$\text{grvy}(t)$ är den tidsberoende grundvattennivån

ned(t), temp(t) är den tidsberoende nederbörden respektive temperaturen
 K^1 är en grundvattenkonstant
 K^2 är en regnkonstant

Konstanterna K^1 och K^2 för respektive delområde bestäms genom att variera dessa konstanter, med variablerna grvy(t), ned(t) och temp(t) låsta, tills det att det teoretiskt beräknade inläckaget överensstämmer med det verkliga, det vill säga när felet är så litet som möjligt. Felets storlek kan uppskattas i t.ex. minsta kvadratmetodens mening enligt följande:

$$E = \sum ((V^{ber} - V^{verkl}) / V^{ber})^2 \quad (3.2)$$

När områdeskonstanterna, K^1 och K^2 , har bestämts för aktuellt område blir nästa steg att tolka dessa som en summa av ett antal ingående parametrar som beskriver ledningsnätets utformning såsom ledningsdimension, ledningsmaterial, inkopplingar till husdräneringar, fogtäthet, rörgravens utformning, och ledningarnas ålder i respektive område etc. Varje utvald parameter som ingår i områdeskonstanterna bidrar med olika stora andelar till summan. Detta kan beskrivas med en ekvation. En sådan ekvation som "teoretiskt" tar fram ett värde på områdeskonstanterna, måste formuleras.

Områdeskonstanten K^1_{ber} , kan exempelvis ha följande principiella utseende:

$$K^1_{ber} = K_{material} * L_{material} + K_{jordart} * L_{tot} + K_{drän} * N_{inkoppl.drän} \quad (3.3)$$

där $K_{material}$, $K_{jordart}$, $K_{drän}$ är olika konstanter
 $L_{material}$ är respektive materials ledningslängd för ett område
 L_{tot} är totala ledningslängden för ett område
 $N_{inkoppl.drän}$ är antalet inkopplade husdräneringar på ledningsnätet

Konstanterna i ekvation 3.3 bestäms med samma metodik som tidigare för områdeskonstanterna. Konstanterna i ekvation 3.3 varieras tills felet mellan den "teoretiska" områdeskonstanten, K^1_{ber} , och den ur ekvation 3.1 framtagna områdeskonstanten, K^1 , är tillräckligt litet, på samma sätt som i ekvation 3.2. Felets storlek kan även här uppskattas i minsta kvadratmetodens mening.

Kan ekvationerna 3.1 och 3.3 formuleras och visas vara allmängiltiga för alla typer av delområden och ledningsparametrar har man erhållit en modell som kan beskriva och uppskatta mängden inläckande vatten i ett områdes spillvattennät, samt jämföra olika delområden och rangordna dessa i någon kvalitetsordning.

4. METOD

4.1 Allmänt

Tillvägagångssättet för beräkning av inläckage enligt hypotesen i kapitel 3 är följande. Samla in uppgifter från avloppsreningsverk och vattenverk över inkommande mängd avloppsvatten respektive utgående mängd dricksvatten för ett avgränsat område. Inläckaget definieras som skillnaden mellan inkommande avloppsvatten, exklusive avrinning från hårdgjorda ytor via direktanslutna dagvattenledningar, och utgående dricksvatten för vald tidsupplösning. Inom respektive område undersöks även aktuell grundvattennivå, nederbörd och temperatur. Dessa data sammanställs och ett samband mellan dessa parametrar söks. Detta samband skall efter modellering resultera i, som tidigare nämnts, områdeskonstanter som beskriver inläckaget för ett visst område. Dessa konstanter numeriska värde skall tolkas, och med utgångspunkt från ledningsnät och områdesdata söks ett samband mellan dessa.

Denna studie bör göras under en sammanhängande tidsperiod på några år och med tidsupplösningen månader.

4.2 Val av områden

De avrinningsområden som skall studeras skall inte vara större än att det kan göras en noggrannare analys av de hydrogeologiska parametrar som antas påverka inläckaget. Ett område kan vara ett reningsverks hela avrinningsområde eller en del av detta. Är det ett delområde skall detta vara klart avgränsat genom till exempel en pumpstation där flöden och volymsuppgifter har registrerats. Fördelen med ett mindre delområde framför ett helt avrinningsområde är att variationerna i geologi och topografi är mindre inom området, vilket ger mer enhetligt resultat.

4.3 Dataunderlag

De data som krävs för denna utredning är både flödes- och volymsuppgifter från avloppsrenings- och vattenverk för aktuella områden. De olika verken har oftast både månads- och dygnsvolym registrerade. En studie under några år (fyra till fem) med tidsupplösningen månader är lämplig.

Data om grundvattnets nivåer inom de olika områdena måste tas fram för aktuell tid. Det lämpligaste sättet att få fram dessa uppgifter är att välja ett område där det gjorts kontinuerliga mätningar av grundvattennivån. Mätningar bör ha gjorts med minst sex avläsningar per år för att få en tillräckligt bra mätserie. Skulle det saknas avläsningar under en tidsperiod får olinjär interpolation användas. För områden som helt saknar grundvattennivådata görs en extrapolering bakåt i tiden med hjälp av ett par månaders observationer av grundvattenytan i en eller flera privata dricksvattenbrunnar och med hjälp av någon av SGUs långa grundvattenserier från ett till området närbeläget observationsrör. Utnyttjande av långa grundvattenserier för olika ändamål finns i t.ex. Svensson och Sällfors (1988).

Nederbörd och temperatur under aktuell tid för utredningen skall också tas fram. Det bör vara uppgifter från en närbelägen väderstation. Det krävs också uppgifter från de valda områdenas ledningsnät såsom längd, dimension, material och ålder samt områdets totala areal.

4.4 Databearbetning

Inläckaget beräknas för respektive område och tidsperiod och plottas i ett diagram för att erhålla områdets hydrograf. Grundvattennivå, nederbörd och temperatur sammanställs för samma tidsperiod. Enligt hypotesen för beräkning av inläckage, i kapitel 3, sätts de här nämnda parametrarna in i två lämpliga funktioner f ($grvy(t)$) och g ($ned(t)$, $temp(t)$). När dessa två funktioner, som skall vara allmänt giltiga för ett godtyckligt område, är framtagna skall deras respektive konstanter, områdeskonstanter, bestämmas. Detta görs genom att summera felet mellan det verkliga och det av modellen framtagna inläckaget för varje månad under den valda tidsperioden för respektive område. Genom att variera konstanternas värde fås olika felsummor. När felsumman har minimerats är konstanterna för området bestämda. Hydrografen med det verkliga och det teoretiskt framräknade inläckaget skall stämma väl överens.

4.5 Analys av resultat

Områdeskonstanterna, som erhållits efter minimering av inläckagets felsumma, kommer att vara olika för de olika områdena eftersom de speglar områdets och ledningsnätets egenskaper. Med utgångspunkt från områdeskonstanterna görs en noggrannare analys av nätet och området för att hitta ett samband mellan områdeskonstanterna och områdets egenskaper. Detta samband skall resultera i en allmängiltig ekvation som sedan kan användas för att ge ett godtyckligt område, med utgångspunkt från lednings- och områdesdata, dess specifika områdeskonstant. Ekvationens variabler kan vara ledningslängd, dimension, material, inkopplade dräneringar, ålder, jordart, exploaterad yta och områdets lutningsförhållanden.

Med områdeskonstanterna bestämda ur ekvationen skall modellen beskriva inläckaget som $m^3/månad$ eller liter/sekund.

4.6 Datorprogram

Lämpliga datorprogram som kan användas för att bearbeta stora datamängder och beräkna olika parametrar är till exempel Microsoft Excel for Windows 4.0 (1992) och PC-Matlab (1990). För mer iterativt förfarande kan ett rent programmeringsspråk såsom Microsoft Visual Basic 2.0 (1992) vara användbart.

5 GENOMFÖRANDE

5.1 Val av områden

De områden som har valts att studeras är Vimmerby stad i Vimmerby kommun och Virserum samhälle i Hultsfreds kommun. Dessa är belägna i norra delen av Kalmar län. Geologin i områdena är mestadels morän- och sandjord.

Hela Vimmerby delas upp i sex delområden och i Virserum studeras två naturligt avgränsade delområden.

Vimmerby:

För området i Vimmerby ingår hela reningsverkets avrinningsområde. Det finns inga mindre delområden med tillgängliga flödesdata. Detta på grund av att de pumpstationer som finns inte är utrustade med flödesmätare ännu. Flödesvolymerna som finns att arbeta med är således de totala för hela Vimmerby stad. Avrinningsområdet delas ändå upp på mindre fiktiva delområden för att få mer enhetliga områdesdata att arbeta med, se figur 5.2 och bilaga 9. Dessa områdesdata varierar mycket inom olika delar av staden på grund av att bebyggelsen är från början av 1900-talet fram till 1980-talet. Delområdenas områdeskonstanter bestäms genom att de varierar, oberoende av varandra, för att minimera felsumman mellan det verkliga och det beräknade inläckaget. Uppdelningen i delområden medför att "ledningsnätet" för respektive delområde blir teoretiskt eftersom det saknar naturliga avgränsningar. Det är också möjligt att avgränsa Vimmerby till ett enda område men det medför att antalet delområden i denna utredning skulle bli för få.

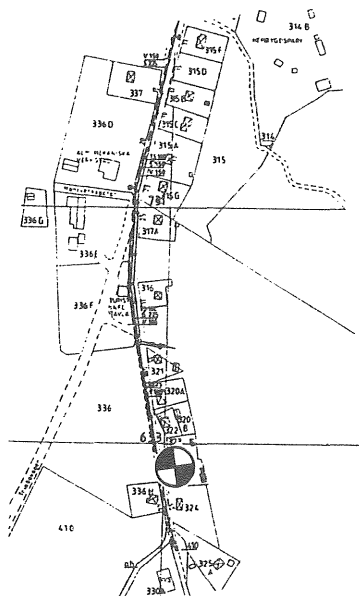
Varje delområde erhåller genom ovanstående betraktningssätt en fiktiv volym inläckande vatten som beror av grundvattennivå, nederbörd och temperatur, enligt hypotesen i kapitel 3. Efter denna modellering görs en summering av varje delområdes beräknade inläckage för alla de tidpunkter som har studerats. Denna fiktiva summa skall som tidigare nämnts jämföras med hela Vimmerbys verkliga inläckage för samma tid.

Ett krav är att varje delområde har en representativ och kontinuerlig serie med grundvattennivåobservationer. I Vimmerby stad finns ett nät av jämnt fördelade observationsrör för grundvattennivå som är en förutsättning för att ovanstående tillvägagångssätt, med att dela upp hela avrinningsområdet i mindre delområden, skall vara möjlig. Sättet som uppdelningen görs på redovisas i kapitel 5.2.

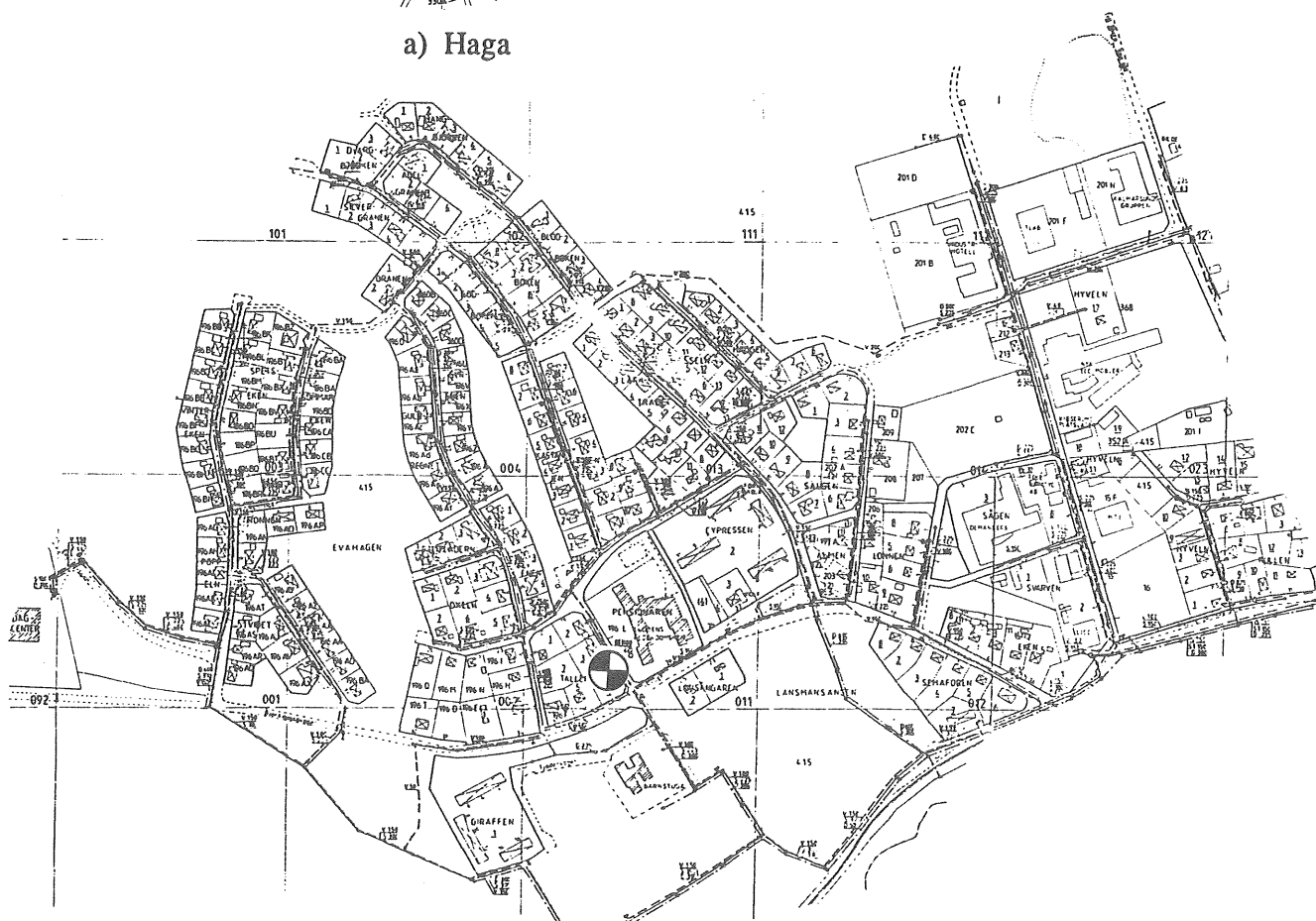
Virserum:

I Virserum är reningsverkets avrinningsområde uppdelat på ett flertal pumpstationer där registrering av pumptid görs en gång i veckan. Efter kapacitetsbestämning av pumparna kan utpumpad veckovolym avloppsvatten bestämmas. Eftersom man här känner varje pumpstations avloppsvattenflöde får man, till skillnad från Vimmerby, ett naturligt avgränsat delområde. Detta gör att man kan studera dessa mindre delområden separat eftersom deras inläckage kan bestämmas. Två delområden, Klacken och Haga, har valts för vidare studier, se figur 5.1 och bilaga 10.

Det finns inga observationsrör för grundvattennivå i de två valda delområdena eller i samhället i övrigt. Detta problem har lösts med hjälp av närbelägna observationsrör, utanför samhället, som tillhör SGU, se avsnitt 5.2.

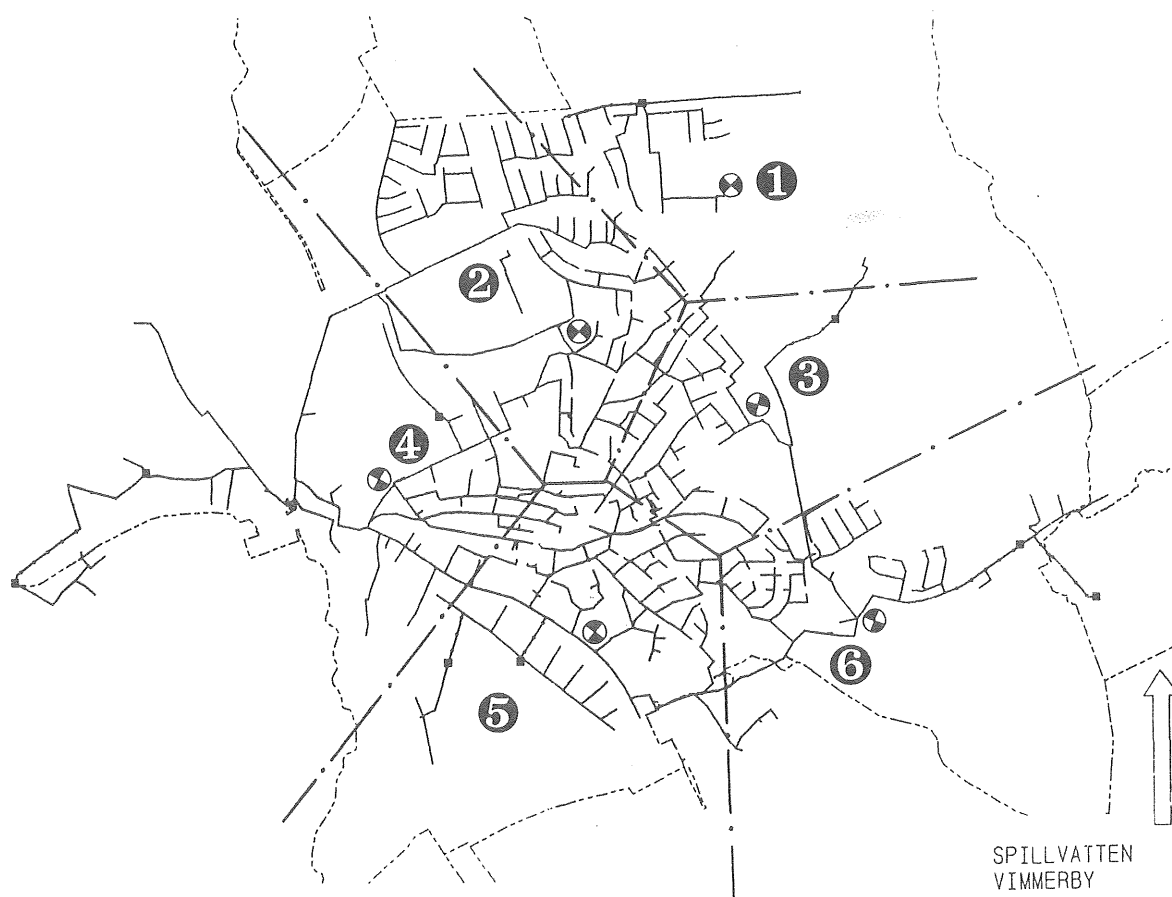


a) Haga



b) Klacken

Figur 5.1 Spillvattennätet och observationsbrunnar för grundvattennivå i Virserum.



Figur 5.2 Delområdets uppdelning av spillvattenledningar i Vimmerby, samt observationsrörens placering.

5.2 Datainsamling

De data som används för att göra denna studien är hämtade från 1989 till och med 1992.

Avloppsvattenvolymer och dricksvattenvolymer har hämtats från respektive verk. Tidsupplösningen är månader.

I Vimmerby har grundvattennivåer mätts kontinuerligt och dokumenterats sedan 1987 för ett tjugotal observationsrör som är utspridda över hela staden. I Virserum däremot har bara en kortare serie under 1984 gjorts för några få spridda trädgårdsbrunnar.

Information om ledningsnäten har tagits fram genom studier av VA-kartor för respektive område samt uppgifter från Tekniska kontoret i Vimmerby kommun (1993) och Gatukontoret i Hultsfreds kommun (1993).

Nederbörds mängd och temperaturuppgifter under aktuell tid har hämtats från SMHI (1993), bilaga 1. SMHIs mätstation som har utnyttjats är belägen i Målilla. Dessa meteorologiska uppgifter gäller för delområdena i både Vimmerby och Virserum. Det geografiska avståndet till Målilla är ungefär 3 mil från Vimmerby och 1,5 mil från Virserum.

Vimmerby:

Vimmerby kommun har ett väl fungerande datasystem där alla uppgifter över avlopps- och vattenflöden finns lagrade i en databas sedan 1985. Fram till och med 1992 har endast totala flödesvolymerna för hela staden registrerats, men under 1993 skall även flöden i pumpstationerna börja registreras. Därför görs denna studie över reningsverkets hela avrinningsområde med tillhörande data för avlopps- och vattenvolymerna. De data som används är från 1989-01-01 till och med 1992-07-31.

En relativt regelbunden observation av grundvattennivåer har gjorts i Vimmerby sedan 1987. Ett tjugotal observationsrör är jämnt fördelade över staden. Antalet observationstillfällen per rör och år varierar mellan fem och nio. För att få en kontinuerlig serie grundvattennivåer med värden för varje månad har en interpolation i minsta kvadratmetodens mening gjorts. Av de observationsrör för grundvattennivå som finns i staden, väljs de sex bästa rören ut, det vill säga de som har de längsta serierna utan avbrott samt har en geografisk jämn spridning över staden. Den geografiska spridningen krävs för att observationsrören även skall kunna användas till att dela in hela avrinningsområdet i storleksmässigt likvärdiga delområden enligt Thiessens metod, Wilson (1990). Observationsrören skall representera varje delområdes grundvattennivåvariation, se figur 5.1. Grundvattenserierna för de sex rören finns redovisade i bilaga 2.

Virserum:

De två delområdenas pumpstationer, Klacken och Haga, transporterar varje delområdes avloppsvatten vidare till reningsverket. Dessa pumpstationer har pumptidsmätare som avläses manuellt varje vecka. Efter kapacitetsbestämning av respektive pump beräknades de månadsvisa avloppsvattenvolymerna för delområdena, se bilaga 5.

För att få respektive delområdes dricksvattenförbrukning per månad eller dygn måste man göra en del manipulationer med vattenverkets månadsförbrukningar eftersom dessa visar Virserums totala vattenförbrukning. Först bestäms, för hela samhället, varje månads procentuella andel av totala årsförbrukning för de år som ingår i studien. Efter att denna årsvariation bestämts summeras de aktuella hushållens årliga vattenförbrukning för respektive delområde och år. Applicerar man sedan den framtagna procentuella månadsfördelning av årsförbrukning på respektive delområde erhålls delområdenas respektive månadsförbrukning, se tabell 5.1. Uppgifter om hushållens årliga vattenförbrukning är hämtade från Ekonomikontoret i Hultsfreds kommun (1993). I bilaga 6 finns dessa siffror redovisade i detalj.

Några regelbundna observationer av grundvattennivån har inte gjorts i Virserum. Däremot har observationer gjorts i en privat vattenbrunn under 1984, som finns belägen vid delområdet Klacken. I denna och en privat brunn belägen i delområdet Haga på Rödmosavägen 41, har kompletterande mätningar gjorts under våren och sommaren 1993, se bilaga 3. För att kunna beräkna grundvattnets variationer under tiden 1989 till 1992 i respektive delområde har en lång grundvattennivåserie från SGU använts. Denna serie transformeras om till en grundvattennivåserie för vardera Klacken och Haga med hjälp av uppgifter från de privata brunnarna.

Tabell 5.1 Haga och Klackens årliga månadsförbrukning av dricksvatten

(m ³)	Haga				Klacken			
	1989	1990	1991	1992	1989	1990	1991	1992
Jan	60	61	70	42	3291	3037	3083	3395
Feb	55	54	66	40	3027	2708	2879	3255
Mar	60	60	73	44	3307	3008	3221	3570
Apr	59	58	74	40	3249	2894	3266	3215
Maj	70	66	76	48	3849	3295	3342	3889
Jun	74	60	72	55	4045	3029	3154	4447
Jul	72	59	76	46	3951	2982	3336	3766
Aug	65	65	79	45	3580	3252	3477	3668
Sep	60	64	73	40	3294	3212	3197	3225
Okt	61	65	78	48	3372	3239	3421	3935
Nov	60	61	72	40	3300	3061	3159	3287
Dec	60	65	77	44	3271	3254	3371	3538

SGU har ett nät med observationsrör för grundvattennivå spridda över hela landet. I Virserum finns sju observationsrör som är belägna fem kilometer utanför samhället. Det bästa av dessa observationsrörs grundvattenserier väljs, det vill säga den längsta kontinuerliga serien. Det valda observationsröret i Virserum har beteckningen 84055, se karta bilaga 11. För att erhålla en grundvattennivåserie i en privat brunn med hjälp av ett SGU-rör görs följande operationer:

Först söks ett samband mellan de privata brunnarnas grundvattennivåer och den kända grundvattennivåserien för den tiden då observationerna gjordes i de privata brunnarna under 1984 och våren och sommaren 1993. Ett medelvärde av grundvattennivåerna för just dessa tidpunkter fastställs för de båda serierna varpå differensen mellan dessa bestäms (denna differens antas gälla i de fortsatta beräkningarna) samt deras respektive topp- och bottenamplituder under denna tidsperiod räknas fram, se bilaga 3. En jämförelse mellan de två seriernas båda grundvattennivåamplituder görs och ett procentuellt förhållande mellan dessa beräknas. Det är den privata brunnens procentuella andel av SGU-seriens topp- och bottenamplituder som avses för den tiden när mätningar gjordes. Detta förhållande antas också gälla i fortsättningen.

Nu beräknas SGU-seriens medel-, max- och minvärde för tiden 1989-1992. När amplituden för den extrapolerade brunnsserien skall beräknas för en godtycklig tidpunkt, inom samma tidsperiod, multipliceras det tidigare framtagna amplitudförhållandet med SGU-seriens aktuella amplitud (aktuell grundvattennivå minus medelnivån). Nu adderas den framräknade amplituden till SGU-seriens medelgrundvattennivå, som justerats med den ovan beräknade differensen och den privata brunnens grundvattennivå för denna tidpunkt är bestämd. Detta förfarande upprepas varje månad för tiden 1989-1992. Efter att detta har gjorts är den extrapolerade grundvattennivåserien för den privata brunnen komplett.

De extrapolerade Grundvattennivåserierna för områdena Klacken och Haga finns redovisade i bilaga 4. Nu har en tillräckligt god approximation av de verkliga grundvattennivåvariationerna erhållits.

5.3 Beräkning av inläckande vattenvolym

Första steget i modelleringsarbetet är att räkna ut hur stort inläckage varje delområde belastas med varje månad under åren 1989 till och med 1992. Inläckaget definieras, enligt kapitel 4.1, som skillnaden mellan inkommande avloppsvattenvolym, exklusive avrinning från hårdgjorda ytor via anslutna dagvattenledningar, och utgående dricksvatten till respektive delområde.

Vimmerby:

Vimmerby har en liten del kombinerat spillvattennät. Andelen hårdgjord yta som bidrar till att dagvatten kommer in i spillvattennätet är 10 ha. Avrinningskoefficienten är satt till 0,9. I tabell 5.2 visas ett exempel på inläckagets storlek per månad enligt ovan beskriven modell. I bilaga 7 finns en fullständig redovisning av inläckaget i Vimmerby. Man ser att inläckaget står för ca: 50 % av den totala andelen avloppsvatten som når avloppsreningsverket, vilket ytterligare belyser vikten av att få kunskap om inläckagets orsaker.

Virserum:

I delområdena Klacken och Haga, i Virserum, finns inga kombinerade ledningar. Inläckaget beräknas på samma sätt som i Vimmerby bortsett från nederbördspåverkan, se tabell 5.3. I bilaga 8 finns en fullständig redovisning av inläckaget i Virserum. Även här, liksom i Vimmerby, står inläckaget för en stor del av avloppsvattenmängden. Vid många tillfällen över 60 % av totala avloppsvattenmängden.

Tabell 5.2 Inläckagets storlek per månad beräknat från spillvatten, dricksvatten och dagvatten i Vimmerby 1989.

(m ³)	Spill.v	Dricksv.	Dagvatten	Inläckage	Ned.(mm)
Jan	142935	66671	180	76084	2
Feb	129867	62305	2880	64682	32
Mar	151517	66585	2520	82412	28
Apr	126052	67400	810	57842	9
Maj	137355	80240	1710	55405	19
Jun	132314	78547	2880	50887	32
Jul	126475	82282	3600	40593	40
Aug	147234	75688	8640	62906	96
Sep	121971	73555	2340	46076	26
Okt	122337	75586	6570	40181	73
Nov	115069	72662	2160	40247	24
Dec	118749	70024	3150	45575	35

Tabell 5.3 Inläckagets storlek per månad beräknat från spillvatten och dricksvatten i Virserum 1989.

(m3)	Haga			Klacken		
	Spill.v	Dricksv.	Inläckage	Spill.v	Dricksv.	Inläckage
Jan	94	60	34	8085	3291	4794
Feb	94	55	38	7606	3027	4579
Mar	168	60	108	8408	3307	5102
Apr	94	59	34	7254	3249	4005
Maj	75	70	5	7753	3849	3903
Jun	75	74	1	6548	4045	2503
Jul	94	72	22	5551	3951	1600
Aug	94	65	28	5953	3580	2374
Sep	56	60	-4	5883	3294	2590
Okt	94	61	32	5538	3372	2166
Nov	56	60	-4	6091	3300	2791
Dec	112	60	53	8715	3271	5443

5.4 Modell för beräkning av inläckage

När alla erforderliga datauppgifter är insamlade och framräknade, såsom avlopps- och vattenvolymer, grundvattennivåer, nederbörd och temperatur, börjar arbetet med att ta fram en modell som teoretiskt beskriver det verkliga inläckaget enligt hypotesen i kapitel 3.

Det teoretiska uttrycket för ett delområdes volym av inläckande vatten i spillvattenledningar är, som tidigare antagits enligt ekvation 3.1:

$$V^{\text{ber}}(t) = K^1 * f(\text{grvy}(t)) + K^2 * g(\text{ned}(t), \text{temp}(t))$$

Varje delområde får unika värden på konstanterna K^1 och K^2 . Skillnaderna mellan konstanterna för olika delområden resulterar i olika stort inläckage eftersom K^1 och K^2 är direkt proportionell mot inläckagets storlek. Skillnaderna kan förklaras av ledningsnätets och topografins olika egenskaper i respektive delområde.

Grundvattennivåns påverkan på inläckaget beskrivs av funktionen $f(\text{grvy}(t))$. Varje observationsrör för grundvattennivå antas vara representativt för respektive delområde. Differensen mellan grundvattenytans nivå och närmsta spillvattenbrunns vattengång i spillvattennätet, se bilaga 2 och 4, får tillsammans med en korrigeringsfaktor, A^{kor} , bilda funktionen:

$$f(\text{grvy}(t)) = \text{grvy}(t) - \text{vg} + A^{\text{kor}} \quad (5.1)$$

Korrigeringsfaktorn A^{kor} kan ses som en faktor som justerar områdets lokala grundvattennivåmätupunkt till att representera hela delområdets medelavstånd mellan grundvattenyta och ledningsnätets vattengång. Enligt ekvation (5.1) råder ett linjärt samband mellan grundvattennivå och inläckage. Det är mer troligt att ett kvadratisk eller exponentiellt samband råder. Funktionen kan då se ut:

$$f(\text{grvy}(t)) = (\text{grvy}(t) - \text{vg} + A^{\text{kor}})^2 \quad (5.2)$$

eller

$$f(\text{grvy}(t)) = \exp(\text{grvy}(t) - \text{vg} + A^{\text{kor}}) \quad (5.3)$$

Nederbördens och temperaturens inverkan på inläckaget beskrivs av funktionen $g(\text{ned}(t), \text{temp}(t))$. Nederbördens indirekta påverkan på inläckaget avspeglas på grundvattennivån vars påverkan är beskriven enligt ovan. Den direkta påverkan antas vara proportionell mot den del av nederbörden som överstiger ett visst värde under den valda tidsupplösningen, som i vårt fall är månader. Detta värde kallas regntröskel och skrivs $\text{ned}^{\text{tröskel}}$. Så långt skrivs funktionen:

$$g(\text{ned}, \text{temp}(t)) = (\text{ned}(t) - \text{ned}^{\text{tröskel}}) \quad (5.4a)$$

Ett villkor är att det minsta värdet funktionen kan anta är noll. Detta åstadkoms genom att multiplicera en teckenfunktion, sgn (signum), till ekvation 5.4a. Funktionen får då följande utseende:

$$g(\text{ned}(t), \text{temp}(t)) = (\text{ned}(t) - \text{ned}^{\text{tröskel}}) * (\text{sgn}(\text{ned}(t) - \text{ned}^{\text{tröskel}}) + 1) / 2 \quad (5.4b)$$

Temperatures inverkan antas vara sådan att nederbördspåverkan på inläckaget är noll när medeltemperaturen är densamma. Detta kan åstadkommas genom att multiplicera ovanstående funktion, 5.4b, med teckenfunktionen $(\text{sgn}(\text{temp}(t) - 1) + 1) / 2$. Funktionen får då följande utseende:

$$g(\text{ned}(t), \text{temp}(t)) = (\text{ned}(t) - \text{ned}^{\text{tröskel}}) * (\text{sgn}(\text{ned}(t) - \text{ned}^{\text{tröskel}}) + 1) / 2 * (\text{sgn}(\text{temp}(t) - 1) + 1) / 2 \quad (5.4c)$$

Man kan också anta att nederbörden har en viss påverkan en tid efter det att den har fallit. Detta kan beskrivas i ekvationen genom att addera funktionen 5.4c för de två föregående månaderna. Additionen ser ut enligt följande :

$$g(\text{ned}(t-1), \text{temp}(t-1)) + g(\text{ned}(t-2), \text{temp}(t-2))$$

Ekvationen innehåller slutligen följande funktioner:

$$V^{\text{ber}}(t) = K^1 * (\text{grvy}(t) - \text{vg} + A^{\text{kor}})^2 + K^2(-1) * g(\text{ned}(t-1), \text{temp}(t-1)) + K^2(-2) * g(\text{ned}(t-2), \text{temp}(t-2)) \quad (5.5)$$

Den fullständiga ekvationen för den teoretiskt beräknade volymen inläckande vatten vid en viss tidpunkt blir, om ett kvadratisk samband för grundvattennivåns variationer antas, följande:

$$V^{\text{ber}}(t) = K^1 * (\text{grvy}(t) - \text{vg} + A^{\text{kor}})^2 + (K^2(0) * (\text{ned}(t) - \text{ned}^{\text{tröskel}}) * (\text{sgn}(\text{ned}(t) - \text{ned}^{\text{tröskel}}) + 1) * (\text{sgn}(\text{temp}(t) - 1) + 1) + (K^2(-1) * (\text{ned}(t-1) - \text{ned}^{\text{tröskel}}) * (\text{sgn}(\text{ned}(t-1) - \text{ned}^{\text{tröskel}}) + 1) * (\text{sgn}(\text{temp}(t-1) - 1) + 1))$$

$$+(K^2(-2) * (ned(t-2) - ned^{tröskel}) * (\text{sgn}(ned(t-2) - ned^{tröskel}) + 1) * (\text{sgn}(temp(t-2) - 1) + 1)) / 4 \quad (5.6)$$

Denna ekvation beskriver det teoretiskt beräknade inläckaget för respektive delområde. Grundvattenytans nivå, $grvy(t)$, nederbördsmängden, $ned(t)$, medeltemperaturen, $temp(t)$ och den till varje observationsröret närmsta kända vattengången, vg är de parametrar som är kända för varje delområde.

De okända konstanterna K^1 , $K^2(0)$, $K^2(-1)$, $K^2(-2)$, A^{kor} och $ned^{tröskel}$ måste bestämmas för respektive delområde. Detta görs genom att dessa konstanter varieras på ett sätt så att de teoretiskt beräknade volymerna av inläckande vatten, V^{ber} i ekvation 5.6, kommer så nära de verkliga volymerna, V , som möjligt. Felet beräknas med hjälp av minsta kvadratmetoden genom att summera differensen mellan det verkliga och det beräknade inläckaget för respektive månad och år. Konstanterna kan anses som bestämda då denna felsumma har ett minimum för alla de tidpunkter som valts att studeras. Denna iteration måste göras med hjälp av dator eftersom det krävs ett väldigt stort räknearbete för att komma fram till detta "korrekta" värde på konstanterna. Konstanterna K^1 , K^2 och $ned^{tröskel}$ kommer sedan att spegla delområdets egenskaper såsom topografi och ledningsutformning. Korrigeringskonstanten, A^{kor} , är som tidigare nämnts enbart en kalibreringskonstant och är utan betydelse för den fortsatta utredningen där delområdets egenskaper knyts till dessa områdeskonstanter.

Vimmerby:

Vimmerby har delats upp på sex delområden. Det finns dock enbart uppgifter om hela avrinningsområdets inläckage. Konstanterna K^1 och A^{kor} bestäms för vart och ett av de sex delområdena och konstanterna $K^2(0)$, $K^2(-1)$, $K^2(-2)$ och $ned^{tröskel}$ bestäms för det totala området. För att bestämma konstanterna måste passningsräkning tillämpas. När denna passningsräkning är slutförd, det vill säga när felsumman för hela området blivit minimerad, kan man anse att varje delområde har fått "korrekta" värden på sina konstanter trots att deras uppdelning av Vimmerbys totala ledningsnät är fiktiv.

Det totala inläckaget för hela området blir således :

$$V(t) = [\sum_i (K^1_i * f(grvy_i(t)))] + K^2(0) * g(ned(t), temp(t)) \\ + K^2(-1) * g(ned(t-1), temp(t-1)) + \\ + K^2(-2) * g(ned(t-2), temp(t-2)) \quad (5.7)$$

Virserum:

Eftersom delområdena i Virserum är väl definierade med pumpstationer får respektive delområde till skillnad från Vimmerby, bara en konstant av vardera K^1 och A^{kor} . Konstanterna $K^2(0)$, $K^2(-1)$, $K^2(-2)$ och $ned^{tröskel}$ får, på samma vis som Vimmerby, också bara ett värde per delområde. På samma sätt som i Vimmerby minimeras felet mellan beräknat och verkligt inläckage för att bestämma områdeskonstanterna för respektive delområde.

6. RESULTAT

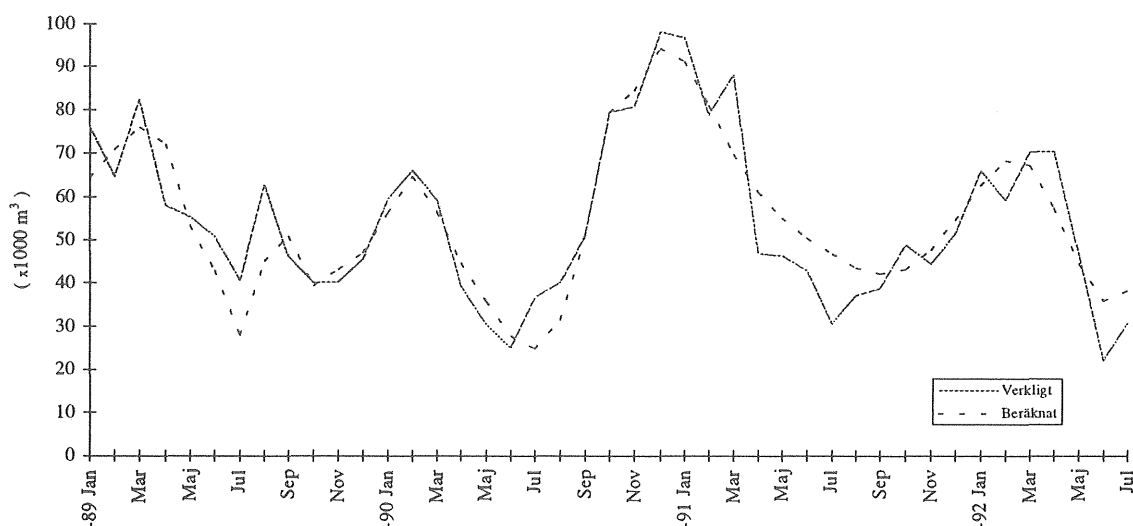
6.1 Verifiering av områdeskonstanter

När passningsräkningen, för att minimera felet mellan beräknat och verkligt inläckage, är klar har vi, som tidigare nämnts, erhållit våra mest riktiga områdeskonstanter som bäst beskriver det verkliga inläckaget, se tabell 6.1 och bilaga 13.

Tabell 6.1 Områdes- och regnkonstanter för Vimmerby och Virserum.

Område	Vimmerby						Virserum	
	1	2	3	4	5	6	Haga	Klacken
K ¹	3,8	5	0	542	0	24,5	4,61	18,88
K ² (0)	0,44	Samma för hela Vimmerby					0,00085	0,0036
K ² (-1)	0,99	Samma för hela Vimmerby					0,00051	0
K ² (-2)	0	Samma för hela Vimmerby					0	0
Regntröskel	127	Samma för hela Vimmerby					19	53

Modellens teoretiskt erhållna hydrografer för respektive delområdes inläckage stämmer väl överens med de verkliga. Figur 6.1 och bilaga 16 visar den teoretiska och den verkliga hydrografen av inläckande vatten i Vimmerbys spillvattennät. Hydrografer för områdena i Virserum visas i bilaga 17. Ett tillvägagångssätt för att beräkna ett områdes inläckage är att direkt använda denna modell och kalibrera denna mot kända uppgifter från området såsom spill-, dricksvattenflöden och grundvattennivåer samt eventuellt nederbörd och temperatur. Tillvägagångssättet är beskrivet i kapitel 5. Denna metod kräver att man känner till några tidigare års flöden och grundvattennivåer.



Figur 6.1 Hydrograf över verkligt och beräknat inläckage i Vimmerby

Ur tabell 6.1, ovan, kan man utläsa att regnet inte påverkar inläckaget i Vimmerby, eftersom regntröskeln är högre än den största månadsnederbörden under tiden 1989 till och med 1992, se även bilaga 14. I Virserum har regnet en viss påverkan på inläckaget i området Haga men litet eller ingen påverkan i området Klacken. Klackens relativt höga regntröskel medför att det endast är vid riktigt regnrika månader som nederbörden påverkar inläckaget. Detta är så marginellt att det kan försummas, se bilaga 15. Ekvationerna som skall beskriva områdeskonstanterna, utifrån egenskaperna på ledningsnätet, begränsas härav till en enda, nämligen ekvationen för konstanten K^1 . Detta på grund av regnets till synes marginella påverkan på inläckaget (undantaget Haga som får studeras närmare i ett annat projekt).

Den slutgiltiga ekvationen som beskriver inläckaget ser efter modifiering av tidigare ekvationer, 3.1 och 5.7, ut enligt följande:

$$V^{ber}(t) = K^1 * f(grvy(t)) = K^1 * (grvy(t) - vg + A^{korr})^2 \quad (6.1)$$

där $V^{ber}(t)$ är inläckande volym ($\times 1000 \text{ m}^3$)
 K^1 är en grundvattennivåberoende områdeskonstant (m)
 $grvy(t)$ är grundvattennivå i observationsrör/privat brunn (m)
 vg är närliggande spillvattenbrunns vattengång (m)
 A^{korr} är en korrigeringsfaktor (m)

Vill man göra uppskattningar av inläckaget för ett nytt område där man inte har tillgång till några tidigare flödesuppgifter och således inte kan använda det ovan beskrivna tillvägagångssättet för att bestämma områdeskonstanterna, måste man bestämma dessa på något annat sätt. Det som då krävs är att ta fram ett samband mellan områdeskonstanten K^1 och egenskaperna i ledningsnätet för respektive delområde. Områdesdata redovisas i bilaga 12. Ett sätt att göra detta är att "översätta" ledningsdata till områdeskonstanter med hjälp av en ekvation för konstanten K^1 , se ekvation 3.3. Denna ekvationen är kopplad till den delen av inläckaget som är påverkad av grundvattnet. Den bör vara beroende av ledningarnas längd, dimension, material och i viss mån även dess ålder. Vidare bör även jordarten påverka storleken på inläckaget eftersom ledningsnätet har egenskapen att dränera av området från grundvatten då ledningsnätet är behäftat med otätheter. Inkopplade husdräneringar bör undersökas eftersom de kan bidra till mängden ovidkommande vatten i spillvattennätet vid stigande grundvattennivå. Påverkan av den exploaterade ytans storlek bör undersökas likaså.

Ekvationen 3.3 för konstanten K^1 ser ut enligt följande:

$$K^1 = K_{material} * L_{material} + K_{jordart} * L_{tot} + K_{drän} * N_{inkoppl.drän}$$

Läggs den exploaterade ytans storlek till i ekvationen och de olika ledningsmaterialen separeras fås följande tänkbara utseende på ekvationen:

$$K^1 = A * L_{btg} + B * L_{PVC} + C * L_{lerg} + K_{jordart} * L_{tot} + K_{drän} * N_{inkoppl.drän} + K_{expl} * Y_{taexpl.} \quad (6.2)$$

där A , B och C är konstanter för respektive ledningsmaterial
 L_{btg} är längden betongledning
 L_{PVC} är längden PVC-ledning

L_{lerg} är längden lergodsledning
 L_{tot} är total ledningslängd
 K_{jordart} är en konstant för aktuell jordarts inverkan på total ledningslängd
 $K_{\text{drän.}}$ är en konstant som beaktar inverkan av antalet husdräneringar som är inkopplade på spillvattennätet (m)
 K_{expl} är en konstant som beaktar den exploaterade ytans inverkan
 $N_{\text{inkoppl.drän}}$ är antalet inkopplade dräneringar på spillvattennätet
 $Y_{\text{taexpl.}}$ är total exploaterad yta inom ledningsnätets område

Ekvationen ovan beaktar ledningarnas längd och material men inte dess dimension och ålder. Denna förenkling görs i det här läget för att få en mera översiktlig ekvation. Visar det sig att denna förenkling gör ekvationen för grov, det vill säga att den ger en dålig överensstämmelse med de tidigare erhållna områdeskonstanterna, K^1 , för de åtta olika delområdena får den byggas på med flera parametrar som, tidigare nämndes, exempelvis ledningarnas dimension och ålder. De erhållna områdeskonstanterna används för att bestämma de nya konstanterna i ekvation 6.2.

Ekvation 6.2 kan ha olika alternativa utseende. Olika ekvationsalternativ provas för den ingående ledningsparametrarnas längd. Det ekvationsalternativ som ger minst fel väljs. Felsumman beräknas, som tidigare, som summan av kvadraten på differenserna mellan "verklig" (K^1 i tabell 6.1) och med ekvationen beräknad områdeskonstant för alla studerade delområden.

Tre olika ekvationsalternativ av ledningsparametrarna L_{btg} , L_{PVC} och L_{lerg} provas.

1. Linjärt samband, med tillhörande konstanter A1, B1 och C1. (exempel $\dots + B1 * L_{\text{PVC}} + \dots$)
2. Kvadratisk samband, med tillhörande konstanter A2, B2 och C2.
(exempel $\dots + B2 * (L_{\text{PVC}})^2 + \dots$)
3. Andragradspolynom, med tillhörande konstanter A1, A2, B1, B2, C1 och C2.
(exempel $\dots + B1 * L_{\text{PVC}} + B2 * (L_{\text{PVC}})^2 + \dots$)

De övriga parametrarna varierar inte utan behålls som de är i ekvation 6.2. För att komma fram till det resultat som ger den minsta felsumman måste en passningsräkning göras. Denna görs med hjälp av "Problemlösaren", som är en hjälpfunktion i Excel for Windows 4.0 (1992). De begränsningar som görs är att K_{jordart} skall vara mindre eller lika med noll. Denna begränsning görs för att få en typ av ekvation som är sådan att ledningsmaterialkonstanterna A, B och C skall bidra med positiva andelar till områdeskonstanten och att jordartskonstanten K_{jordart} bidrar med en negativ andel. Detta grundar sig på tanken att ledningsmaterialdelen i ekvation 6.2 skall stå för en fri inläckning i ledningsnätets sprickor och otätheter. Jordartsdelen skall stå för en dämpande faktor som förhindrar det fria inläckaget av grundvatten. Områdeskonstanten K^1 uppdelning i sina komponenter, som beskrivs nedan, visas i tabell 6.4.

Resultaten av passningsräkningarna ger för de olika ekvationsalternativen olika ekvationskonstanter. Dessa visas i bilaga 18. De ingående områdesparametrarna finns redovisade i bilaga 12, och visar där i detalj delområdenas ledningsdata och övriga data.

Av bilaga 18 framgår att alternativ tre är det som ger bäst resultat, det vill säga minst felsumma (noll) och mest rimliga siffrorna, se tabell 6.2.

Ekvationen har, enligt alternativ tre, följande utseende för områdeskonstanten K^1 :

$$K^1 = A1 * L_{btg} + A2 * (L_{btg})^2 + B1 * L_{PVC} + B2 * (L_{PVC})^2 + C1 * L_{lerg} + C2 * (L_{lerg})^2 + K_{jordart} * (L_{tot})^2 + K_{drän.} * N_{inkoppl.drän} + K_{expl} * Y_{ta_{expl}} \quad (6.3)$$

där K^1 är den grundvattennivåberoende områdeskonstanten (m)
 $A1, B1$ och $C1$ är konstanter för respektive ledningsmaterial (-)
 $A2, B2$ och $C2$ är konstanter för respektive ledningsmaterial (m^{-1})
 L_{btg} är längden betongledning (km)
 L_{PVC} är längden PVC-ledning (km)
 L_{lerg} är längden lergodsledning (km)
 L_{tot} är total ledningslängd (km)
 $K_{jordart}$ är en konstant för aktuell jordarts inverkan på total ledningslängd (m^{-1})
 $K_{drän.}$ är en konstant som beaktar inverkan av antalet husdräneringar som är inkopplade på spillvattennätet (m)
 K_{expl} är en konstant som beaktar den exploaterade ytans inverkan (m^{-1})
 $N_{inkoppl.drän}$ är antalet inkopplade dräneringar på spillvattennätet (-)
 $Y_{ta_{expl}}$ är total exploaterad yta inom ledningsnätets område (m^{-1})

Tabell 6.2 Utgångsekvationens preliminära konstanter enligt alternativ tre.

Konstant	värde
A1	-3,58
A2	1,65
B1	12,17
B2	5,16
C1	333,7
C2	700,9
$K_{jordart}$; morän	-1,23
$K_{jordart}$; grus	-9,47
$K_{jordart}$; sand	-2,05
$K_{drän.}$	0,00
$K_{expl.}$	0,00

Vid en närmare granskning av resultatet för alternativ tre visar det sig att konstanterna $K_{drän.}$ och $K_{expl.}$ blir noll, det vill säga de har ingen inverkan på inläckaget enligt denna teori. Dessa tas därför bort ur ekvationen som får följande utseende:

$$K^1 = A1 * L_{btg} + A2 * (L_{btg})^2 + B1 * L_{PVC} + B2 * (L_{PVC})^2 + C1 * L_{lerg} + C2 * (L_{lerg})^2 + K_{jordart} * (L_{tot})^2 \quad (6.4)$$

Med den nya ekvationen 6.4 får de kvarvarande konstanterna ett litet annorlunda utseende efter att ytterligare en passningsräkning har utförts (för de tre olika alternativen), se bilaga 19. Ekvationskonstanterna för alternativ tre visas i tabell 6.3 och deras uppdelning i positiva och negativa andelar visas i tabell 6.4 och bilaga 20.

En mer noggrann analys av områdesdatats inverkan på områdeskonstanterna görs inte här utan vi nöjer oss med detta resultat som direkt för ögat ser rimligt ut. En mer allmän diskussion kring ekvationskonstanternas värde och hur olika kombinationer av dessa påverkar det teoretiskt beräknade inläckaget jämfört med ett verkligt tas upp i kapitel 6.2.

Tabell 6.3 Den modifierade ekvationens konstanter enligt alternativ tre.

Konstant	värde
A1	-3,58
A2	1,65
B1	12,17
B2	5,10
C1	334,0
C2	700,9
$K_{\text{jordart}} ; \text{morän}$	-1,23
$K_{\text{jordart}} ; \text{grus}$	-9,47
$K_{\text{jordart}} ; \text{sand}$	-2,05

Tabell 6.4 Områdeskonstanternas uppbyggnad av positiv ledningsmaterialdel och negativ jorddel.

Område	Områdeskonstant K^1 andelar				Summa, K^1
	betongdel	PVCdel	lergodsdel	jordartsdel	
1	49,80	51,67	0	-97,67	3,80
2	579,77	195,91	0	-770,68	5,00
3	143,64	11,04	0	-154,68	0
4	212,10	24,51	1618,4	-1313,0	542
5	368,48	91,63	342,04	-802,15	0
6	462,64	35,56	0	-473,70	24,50
Haga	-1,70	0	6,95	-0,64	4,61
Klacken	72,08	22,01	40,37	-115,58	18,88

6.2 Diskussion kring resultaten

Går man in litet mer i detalj och tittar på de erhållna ekvationskonstanterna från kapitel 6.1 ser man att ledningsmaterialkonstanterna i tabell 6.3 skiljer sig ganska mycket storleksmässigt från varandra. Det gäller att ha i minnet att de endast är baserade på åtta delområden som egentligen bara är tre eftersom Vimmerby delats upp i sex fiktiva delområden se kapitel 5.1 och 5.2. Det finns en stor osäkerhet inbyggd i resultaten men dessa kan ändå ge en fingervisning om att denna metod är en framkomlig väg för att hitta en modell som kan beskriva inläckaget av ovid-

kommande vatten i spillvattenledningar, till och med kunna vara rådgivande vid nyanläggning av områden såsom val av ledningsmaterial.

Betongkonstanterna A1 och A2 är förhållandevis små och bidrar endast med en liten del till områdeskonstanten K^1 . Tittar man på vad detta betyder rent fysiskt så borde betongledningarna i ett ledningssystem läcka in mycket litet vatten. PVC-konstanterna B1 och B2 är relativt sett mycket större än betongkonstanterna, ungefär fem gånger, och detta borde innebära att PVC-ledningarna bidrar med en större mängd ovidkommande vatten än betongledningarna. Lergodskonstanternas värde är upp till hundra gånger större än betongledningarnas. Lergodsledningarna skulle då bidra med lika mycket mer ovidkommande vatten än betongledningarna per km ledning. Är detta rimligt? En diskussion kring detta inleds med att ta reda på mer fakta kring rören på respektive ort och delområde. En del finns redovisade i bilaga 12, områdesdata för Vimmerby och Virserum.

Det visar sig att lergodsrör finns i delområde 4 och 5 i Vimmerby. Dessa områden ligger i de centrala och samtidigt de äldsta delarna av staden. Enligt tekniska kontoret i Vimmerby kommun (1993) är de flesta lergodsrör nedlagda runt 1930 förutom ett fåtal som lades redan 1906, samtidigt som områdena byggdes. Dessa ledningar ligger mestadels på gammal åkermark och dyjordar som på senare tid fått ge plats för gator och bebyggelse. Ledningarna lades på den tiden ner på fast botten men utan någon grundförstärkning. Gatans överbyggnad och dess trafik har orsakat sättningar som gjort att ledningarna skadats med inläckage som följd. I Virserum finns det också en del lergodsledningar som är lagda på 1930 talet och följaktligen också utsatta för sättningsskador med inläckage som följd, enligt Lantmäteriet i Hultsfred (1993). Lergodsledningar från denna tid har även sämre tätning i skarvarna oftast cement eller tjärdrev. Detta kan till viss del bekräfta det stora värdet på lergodskonstanterna.

Att PVC-ledningarna står för ett större inläckage än betongledningarna kan kanske till en del förklaras med att dålig packning av fyllningsmaterialet på sidorna om rören har medfört att rören efter hand deformerats och spruckit. Detta har också bidragit till att skarvarna deformerats och därför blivit otäta. Att packningen är mer viktig för PVC-rör än betongrör kan vara en förklaring till att PVC-konstanterna är större än betongkonstanterna. Husens serviceledningar är ofta lagda med PVC-rör och är inte allt för sällan anslutna till husens dränering med grundvatteninläckage som följd.

Resonemanget ovan är baserat på uppgifter som erhållits efter samtal med personer i branschen men även egna teorier är inkluderade. Bristerna i detta resonemang är återigen att det är för få delområden som ligger till grund för de erhållna resultaten. En fortsatt studie på detta område skulle vara av värde. Med ett större antal områden skulle denna teori kunna verifieras eller möjligen förkastas. Även en statistisk analys över vilka parametrar som är viktiga för storleken på inläckaget bör göras.

7. SLUTSATSER OCH FÖRSLAG TILL FORTSÄTTNING

7.1 Slutsatser

Avsikten med denna studie har varit att få fram en allmängiltig modell som skall kunna analysera och beskriva ett områdes inläckage med utgångspunkt från ledningsnätets utformning, grundvattennivå, nederbörd och markförhållanden. Detta resulterade i en modell som beror av grundvattennivån. Osäkerheter i den framtagna modellen baserar sig på att för få områden har studerats. Detta medför att man inte kan visa att ekvationerna är statistiskt riktiga. För att göra detta krävs en mer omfattande utredning baserad på många områden med flera olika typer av ledningsutformningar och jordarter samt en mera noggran statistisk analys av de olika ingående parametrar som påverkar inläckaget.

Regnkonstanterna $K_2(0)$, $K_2(-1)$, $K_2(-2)$ och $ned^{tröskel}$ är svåra att bestämma eftersom endast delområde Haga visade sig vara direkt nederbördsberoende. Förklaringen till detta är att tidsupplösningen har varit månader vilket är för lång tidsperiod för att regnet skall få någon direkt inverkan på inläckaget. Nederbörden ingår trots allt indirekt i grundvattennivåns fluktuationer. Med en tidsupplösning av dygn eller timmar kommer regnet med all säkerhet att ha en tydligare inverkan på mängden inläckage i spillvattennätet. Utredningen har härav begränsat sig till att enbart beakta grundvattennivåpåverkat inläckage. Detta inläckage har dock den största andelen på de flesta håll. Därför bör denna rapport vara av intresse för dem som vill bedriva vidare studier inom området, men även vara till nytta för kommuner och andra större ägare till ledningsnät. Nedan, i kapitel 7.3, följer en arbetsgång för dem som vill analysera ett område enligt denna modell.

7.2 Förslag till fortsatta studier

En fortsatt studie bör inriktas på att ta fram noggrannare ekvationskonstanter eller tabellvärden till ekvation 6.4 för att så tillförlitliga områdeskonstanter som möjligt skall erhållas. För att detta skall kunna genomföras måste en sådan studie innehålla ett större antal delområden (ca 20 st.) för att ett bra resultat skall erhållas. Dessa olika delområden bör ligga i områden som är belägna på olika jordar och även bestå av ledningsnät med varierande ålder.

Ålder av ledningsnätet bör studeras mera i detalj eftersom att betongledning tydligen i denna rapport visar sig vara de tätaste. Detta kan vara litet motsägelsefullt eftersom äldre betongrör ofta är behäftade med sprickor. Åldern på ledningsnätet kan vara en variabel som bör ingå i ekvation 6.4.

En statistisk analys, liknande analyser av statistiska faktorförsök, bör göras av ingående parametrars inverkan på inläckaget. Ur denna kan de viktigaste parametrarna för inläckaget bestämmas.

Vidare bör det vara av intresse att studera inläckaget vid kortare tidsupplösningar än månader som har varit fallet i denna studie. Om en tidsupplösning av dygn och/eller timmar studeras bör regnet få en tydligare och mer direkt inverkan på inläckaget.

Klimatets inverkan på inläckaget bör också vara en viktig faktor som kan ge olika effekter på inläckagets årliga variationer. Ett speciell typ är Norrlandsklimat med mycket vatten magasin-

rat i snö och djup tjäle. Eftersom tjälen släpper först långt fram på våren och sommaren blir vattengenomsläppligheten mycket dålig under långa tider av året.

7.3 Förslag till arbetsgång för att använda modellen

Denna översikt är tänkt att kunna användas som en kortfattad användarmanual för dem som vill analysera inläckaget i ett spillvattennät för ett väl avgränsat delområde med hjälp av den framtagna modellen. Till exempel en pumpstations avrinningsområde eller ett helt avloppsreningsverks avrinningsområde. Detta kan vara aktuellt vid exempelvis förnyelseplanering där resultatet kan visa vilket område som läcker in mest ovidkommande vatten. På grund av nederbördens marginella direktpåverkan på inläckaget (se kapitel 6.1) beaktas här enbart det grundvattennivåpåverkade inläckaget. Analys av ett bestämt delområde bör göras på följande sätt.

Arbetsgång:

Undersök områdeskonstanten K^1 för aktuellt område genom att passningsräkna fram den. Denna kallas här för **metod 1** och är beskriven i kapitel 5.4. Jämför sedan denna med K^1 som beräknas med hjälp av lednings- och jordartsdata enligt ekvation 6.4 och tabell 6.3. Denna kallas här för **metod 2** och är beskriven i kapitel 6.1. Avvikelse tolkas som att då K^1 för metod 1 får ett större värde än K^1 för metod 2 tyder detta på att det aktuella området är sämre än " normalt", och kan vara aktuellt att förnya. Metod 2 beskriver alltså här K^1 's "normala" värde på inläckagestorleken för studerat område. (Ett sådant "normalvärde" är beroende av vilka tidigare områden som har studerats med metod 1, och senare översatts till konstanter/tabellvärden i ekvation 6.4, se kapitel 6.1) Denna arbetsgång förutsätter att tillräckligt många områden har undersökts för att, som ovan nämnts, konstanterna i ekvation 6.4 skall vara tillräckligt noggranna, se kapitel 7.2.

Metod 1:

1. Analysera månadsinflödet av avloppsvatten till pumpstationen/reningsverket under minst 4 år och beräkna inläckaget enligt kapitel 5.3.
2. För att kunna relatera detta inläckage till grundvattennivån i området måste grundvattennivåer för denna tid inhämtats från befintliga observationsrör i området eller extrapoleras enligt kapitel 5.2 - Virserum.
3. Bygg upp modellen som simulerar områdets månadsinläckage. I modellen ingår variablerna ovan samt vattengång i närmsta brunn till grundvattennivåobservationsröret eller motsvarande i området och dess korrigeringsfaktor A^{kor} .
4. När minsta felsumma av differensen verkligt och beräknat inläckage, kapitel 5.4 samt ekvation 3.2, erhållits är områdets eftersökta områdeskonstant K^1 erhållen.

Metod 2:

5. Analysera det aktuella områdets ledningsnät med avseende på ledningslängd för respektive ledningsmaterial samt bestämma områdets jordartsfördelning.
6. Sätt in de framtagna variablerna, i punkt 5, i ekvation 6.4, kapitel 6.1, samt tillhörande konstanter ur tabell 6.3 och områdets "normala" värde på områdeskonstanten är erhållen.

8. REFERENSER

Agersborg, F. (1986): Kartläggning av inläckageförhållanden med hjälp av reningsverkens årsrapporter, Internskrift 3:86 Institutionen för VA-Teknik, CTH, Göteborg

Bäckman, H. (1985): Överläckning från dag- till spillvattenledningar, meddelande nr 77, Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH, Göteborg

Ekonomikontoret i Hultsfreds kommun (1993): Personlig kontakt med Ylva Johansson

Gatukontoret i Hultsfred kommun (1993): Personlig kontakt med Torbjörn Karlsson, Hultsfred. Kent Johnsson, avloppsreningsverk/vattenverk, Virserum. Inge Andersson, kommunförrådet, Virserum

Lantmäteriet i Hultsfred (1993): Personlig kontakt med Börje Silkenäs, Hultsfred

Microsoft Excel for Windows 4.0 (1992): Användarhandbok 2 Microsoft Excel, Microsoft Corporation, USA

Microsoft Visual Basic 2.0 (1992): Programmers Guide, Microsoft Corporation, USA

PC-Matlab (1990): Manual; PC-Matlab for MS-DOS personal computers, The Math Works Inc., USA

SMHI (1993): Månadstabell, Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut, Klimatsektionen, Norrköping

Svensson, C. och Sällfors, G. (1988): Beräkning av dimensionerande grundvattentryck; 3. Övriga södra Sverige, meddelande nr 87, Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH, Göteborg

Tekniska kontoret i Vimmerby kommun (1993): Personlig kontakt med Lennart Nygren, Vimmerby

VAV P28 (1976): Beräkning av allmänna avloppsledningar, Svenska vatten- och avloppsföreningen, Stockholm

Wilson, E.M. (1990): Engineering hydrology, fourth edition, University of Salford, England

BILAGOR

1.	Nederbörd och temperatur - SMHIs mätstation i Målilla	26
2.	Grundvattennivåer i Vimmerby	27
3.	Grundvattennivåer i privata brunnar i Virserum	29
4.	Extrapolerade grundvattennivåer i Virserum	30
5.	Avloppsvattenvolymer i Virserum	32
6.	Beräknad dricksvattenförbrukning i Virserum	34
7.	Inläckage i Vimmerby; tabell och diagram	35
8.	Inläckage i Virserum; tabell och diagram	38
9.	Ledningskarta över Vimmerby med områdesindelning	44
10.	Ledningskarta över Virserum	45
11.	Karta över SGUs grundvattennivåobservationsrör i Virserum	47
12.	Områdesdata för Vimmerby och Virserum	48
13.	Områdeskonstanter för Vimmerby och Virserum	49
14.	Inläckagets fördelning på grundvatten respektive regnvatten i Vimmerby	50
15.	Inläckagets fördelning på grundvatten respektive regnvatten i Virserum	52
16.	Korrelation verkligt - beräknat inläckage i Vimmerby	56
17.	Korrelation verkligt - beräknat inläckage i Virserum	57
18.	Preliminär översättning av områdesdata till områdeskonstant, K^1_{ber}	59
19.	Slutgiltig översättning av områdesdata till områdeskonstant, K^1_{ber}	60
20.	Områdesparametrars andel i områdeskonstanter	61

Nederbörd och temperatur - SMHIs mätstation i Målilla

Nederbördsmängd och medeltemperatur vid SMHIs mätstation i Målilla

	1989		1990		1991		1992	
Månad	(mm)	(° C)	(mm)	(° C)	(mm)	(° C)	(mm)	(° C)
Jan	2	4	28	2	22	-1	18	0
Feb	32	3	30	5	39	-3	26	1
Mar	28	4	14	5	13	3	38	3
Apr	9	6	15	7	15	5	53	5
Maj	19	12	49	12	28	9	6	13
Jun	32	15	60	15	127	11	1	16
Jul	40	17	78	16	44	18	54	17
Aug	96	15	35	16	51	17	80	16
Sep	26	12	144	10	84	11	37	11
Okt	73	8	43	7	12	6	65	3
Nov	24	2	72	1	60	3	65	2
Dec	35	-2	24	0	28	1	5	-1

Grundvattennivåer i Vimmerby

Observationsrör för respektive delområde och dess marknivå, samt närmsta spillvattenbrunn

Område	1	2	3	4	5	6
obs. rör nr.	23	5	16	4	13	19
marknivå	153,18	123,84	146,15	106,00	105,99	119,65
närmsta brunn, nr:	3:37	3:14, 3:51	22:10	10:04	23:27	24:21
vattengång	156,00	122,16	143,33	104,51	105,09	117,50

Grundvattennivå för respektive observationsrör (m)

1989

Obs.rör nr.	23	5	16	4	13	19
Jan	153,00	122,72	143,82	104,01	105,90	118,88
Feb	153,06	122,72	143,83	104,01	105,91	118,96
Mar	153,07	122,72	143,81	104,01	105,92	119,03
Apr	152,97	122,72	143,81	104,02	105,92	119,00
Maj	152,83	122,40	143,76	103,98	105,63	118,75
Jun	152,80	122,24	143,65	103,98	105,62	118,60
Jul	152,18	122,06	143,55	103,94	105,19	118,29
Aug	152,23	122,30	143,49	104,11	105,74	118,75
Sep	152,20	122,44	143,44	104,09	105,92	118,83
Okt	152,13	121,97	143,37	103,96	105,65	118,60
Nov	152,34	121,58	143,36	103,90	105,40	118,51
Dec	152,67	121,42	143,44	103,93	105,39	118,63

1990

Obs.rör nr.	23	5	16	4	13	19
Jan	152,87	121,44	143,59	104,00	105,70	118,87
Feb	152,94	121,57	143,73	104,05	105,96	119,02
Mar	152,91	121,74	143,79	104,04	105,86	118,90
Apr	152,83	121,91	143,77	104,00	105,66	118,69
Maj	152,69	121,99	143,69	103,97	105,43	118,49
Jun	152,50	121,95	143,58	103,98	105,22	118,37
Jul	152,23	121,82	143,46	104,00	105,23	118,39
Aug	151,97	121,68	143,37	104,02	105,58	118,58
Sep	152,11	121,77	143,40	104,07	105,90	118,79
Okt	152,83	122,19	143,58	104,17	105,86	118,90
Nov	153,32	122,47	143,75	104,24	105,80	118,96
Dec	153,46	122,53	143,88	104,27	105,79	118,99

Grundvattennivå för respektive observationsrör (m)

1991

Obs.rör nr.	23	5	16	4	13	19
Jan	153,37	122,45	143,95	104,26	105,83	118,99
Feb	153,16	122,32	143,98	104,23	105,87	118,97
Mar	152,96	122,21	143,98	104,19	105,90	118,94
Apr	152,86	122,18	143,93	104,16	105,90	118,89
Maj	152,83	122,20	143,85	104,14	105,84	118,83
Jun	152,82	122,24	143,75	104,12	105,77	118,77
Jul	152,75	122,25	143,66	104,12	105,71	118,72
Aug	152,60	122,21	143,58	104,12	105,70	118,69
Sep	152,43	122,14	143,53	104,13	105,75	118,69
Okt	152,34	122,08	143,49	104,12	105,82	118,73
Nov	152,38	122,07	143,48	104,10	105,91	118,81
Dec	152,52	122,09	143,48	104,07	106,00	118,91

1992

Obs.rör nr.	23	5	16	4	13	19
Jan	152,68	122,13	143,51	104,04	106,05	118,99
Feb	152,81	122,17	143,54	104,00	106,04	119,03
Mar	152,84	122,17	143,58	103,98	105,94	118,98
Apr	152,71	122,13	143,62	103,97	105,74	118,84
Maj	152,44	122,03	143,64	103,95	105,48	118,64
Jun	152,03	121,86	143,60	103,92	105,21	118,44
Jul	151,54	121,63	143,50	103,87	104,98	118,29
Aug	151,17	121,44	143,37	103,82	104,86	118,24
Sep	151,13	121,38	143,29	103,80	104,93	118,31
Okt	151,65	121,56	143,31	103,85	105,29	118,55
Nov	152,79	122,02	143,46	103,97	105,92	118,94
Dec	153,91	122,48	143,64	104,09	106,49	119,30

Grundvattennivåer i privata brunnar i Virserum

Klacken, Tallvägen 1 (m)

Datum	Privat brunn	SGU 84055
840315	133,18	157,32
840413	133,33	157,54
840917	133,33	157,39
841106	133,41	157,51
930319	133,28	157,37
930401	133,29	157,38
930420	133,36	157,39
930728	133,14	157,32
931202	133,38	157,42
medelnivå	133,30	157,40

max. nivå	133,41	157,54
medelnivå	133,30	157,40
min. nivå	133,18	157,32

Amplitud

max (m)	0,11	0,14
	medel	medel
min (m)	0,12	0,08

Nivåskillnad mellan SGU-medel och Tallgatan-medel är 24,10 m

Haga, Rödmosavägen 41 (m)

Datum	Rödm.v.	SGU 84055
930319	133,21	157,37
930401	133,28	157,38
930420	133,47	157,39
930728	132,73	157,32
930702	133,62	157,42
medelnivå	133,26	157,38

max. nivå	133,62	157,42
medelnivå	133,26	157,38
min. nivå	132,73	157,32

Amplitud

max (m)	0,36	0,04
	medel	medel
min (m)	0,53	0,06

Nivåskillnad mellan SGU-medel och Rödmosav.-medel är 24,11 m

Vattengång i närmsta spillvattenbrunn: brunns nr: v.g (m) marknivå (m)

Tallvägen 1	259	134,68	136,49
Rödmosavägen 41	4	133,29	135,8

Extrapolerade grundvattennivåer i Virserum

	SGU		Amplituder relativt SGU-serien			
	gr.v. nivå	amplitud	Klacken		Haga	
			amplitud	% av SGU	amplitud	% av SGU
maxnivå	157,62	0,27	0,11	81	0,36	814
medelnivå	157,35	medel	medel	medel	medel	medel
minnivå	157,23	0,12	0,12	142	0,53	950

Grundvattennivå (m)

1989

Datum	SGU rör nr:84055	Klacken	Haga
Jan	157,37	133,26	133,37
Feb	157,32	133,20	132,91
Mar	157,37	133,26	133,37
Apr	157,37	133,26	133,37
Maj	157,32	133,20	132,91
Jun	157,29	133,16	132,63
Jul	157,25	133,10	132,25
Aug	157,27	133,13	132,44
Sep	157,25	133,10	132,25
Okt	157,29	133,16	132,63
Nov	157,32	133,20	132,91
Dec	157,29	133,16	132,63

1990

Jan	157,33	133,22	133,01
Feb	157,49	133,36	134,34
Mar	157,42	133,30	133,77
Apr	157,35	133,24	133,20
Maj	157,31	133,19	132,82
Jun	157,29	133,16	132,63
Jul	157,27	133,13	132,44
Aug	157,24	133,09	132,15
Sep	157,27	133,13	132,44
Okt	157,37	133,26	133,37
Nov	157,37	133,26	133,37
Dec	157,47	133,34	134,18

Grundvattennivå (m)

1991

Datum	SGU rör nr:84055	Klacken	Haga
Jan	157,53	133,39	134,67
Feb	157,40	133,29	133,61
Mar	157,41	133,30	133,69
Apr	157,37	133,26	133,37
Maj	157,37	133,26	133,37
Jun	157,36	133,25	133,29
Jul	157,44	133,32	133,94
Aug	157,30	133,17	132,72
Sep	157,27	133,13	132,44
Okt	157,32	133,20	132,91
Nov	157,35	133,24	133,20
Dec	157,35	133,24	133,20

1992

Jan	157,40	133,29	133,61
Feb	157,35	133,24	133,20
Mar	157,39	133,28	133,53
Apr	157,45	133,33	134,02
Maj	157,40	133,29	133,61
Jun	157,32	133,20	132,91
Jul	157,27	133,13	132,44
Aug	157,25	133,10	132,25
Sep	157,27	133,13	132,44
Okt	157,24	133,09	132,15
Nov	157,34	133,23	133,10
Dec	157,40	133,29	133,61

Avloppsvattenvolymer i Virserum

Avloppsvolymer beräknat efter pumptider

Haga: Pumpkapacitet: 18,72 (m³/h)

	1989		1990		1991		1992	
	(h)	(m ³)	(h)	(m ³)	(h)	(m ³)	(h)	(m ³)
Jan	5	94	8	150	24	449	11	206
Feb	5	94	17	318	8	150	10	187
Mar	9	168	10	187	11	206	17	318
Apr	5	94	7	122	15	281	15	281
Maj	4	75	6	112	13	243	10	187
Jun	4	75	7	131	15	281	5	94
Jul	5	94	14,5	271	19	356	5	94
Aug	5	94	6	112	7	131	7	131
Sep	3	56	5	94	11	206	5	94
Okt	5	94	16	300	5	94	5	94
Nov	3	56	13	243	8	150	9	168
Dec	6	112	19	356	11	206	11	206
Årsvolym		1104		2396		2752		2059

Klacken: Pumpkapacitet: Pump 1 41,5 (m³/h)
Pump 2 65,0 (m³/h)

	1989			1990		
	P1 (h)	P2 (h)	(m ³)	P1 (h)	P2 (h)	(m ³)
Jan	194	0,4	8085	168	0,4	7005
Feb	182	0,7	7606	207	0,3	8618
Mar	201	0,9	8408	184	0,4	7670
Apr	174	0,4	7254	198	0,6	8264
Maj	186	0,4	7753	164	0,5	6845
Jun	157	0,4	6548	151	0,8	6325
Jul	133	0,4	5551	173	0,3	7206
Aug	143	0,2	5953	143	0,3	5960
Sep	141	0,4	5883	175	0,1	7276
Okt	133	0,2	5538	203	0,4	8459
Nov	146	0,4	6091	128	20,7	6663
Dec	209	0,5	8715	273	0,6	11380
Årsvolym			83385			91670

	1991			1992		
	P1 (h)	P2 (h)	(m ³)	P1 (h)	P2 (h)	(m ³)
Jan	313	0,5	13035	189	0,7	7897
Feb	179	0,4	7462	180	0,1	7484
Mar	180	0,4	7503	259	0,5	10792
Apr	244	0,5	10169	224	0,7	9351
Maj	203	0,3	8452	267	1,8	11208
Jun	175	0,2	7283	255	0,6	10632
Jul	202	0,4	8417	171	0,3	7123
Aug	147	0,2	6120	172	0,3	7165
Sep	174	0,5	7261	173	0,2	7200
Okt	160	0,2	6660	157	0,2	6535
Nov	159	0,3	6625	229	0,3	9532
Dec	199	0,5	8299	206	0,2	8570
Årsvolym			97284			103488

Beräknad dricksvattenförbrukning i Virserum

Virserum vattenverks månadsförbrukning och månadsandel av årsförbrukningen för åren 1989 - 1992

	1989		1990		1991		1992	
	(m ³)	(%)	(m ³)	(%)	(m ³)	(%)	(m ³)	(%)
Jan	20490	7,92	18910	8,21	19200	7,93	21140	7,86
Feb	18850	7,29	16860	7,32	17930	7,40	20270	7,54
Mar	20590	7,96	18730	8,14	20060	8,28	22230	8,27
Apr	20230	7,82	18020	7,83	20340	8,40	20020	7,44
Maj	23970	9,27	20520	8,91	20810	8,59	24216	9,00
Jun	25190	9,74	18860	8,19	19640	8,11	27690	10,30
Jul	24600	9,51	18570	8,07	20770	8,57	23450	8,72
Aug	22290	8,62	20250	8,80	21650	8,94	22840	8,49
Sep	20510	7,93	20000	8,69	19910	8,22	20080	7,47
Okt	21000	8,12	20170	8,76	21300	8,79	24500	9,11
Nov	20550	7,95	19060	8,28	19670	8,12	20467	7,61
Dec	20370	7,88	20260	8,80	20990	8,66	22028	8,19
Årsvolym:	258640		230210		242270		268931	

Årsvattenförbrukning baserat på avläsningar av hushållens vattenmätare

Vattenförbrukning i Haga (m³)

1989	757
1990	737
1991	886
1992	531

Vattenförbrukning i Klacken (m³)

1989	41536
1990	36970
1991	38907
1992	43188

Beräknad månadsförbrukning Haga och Klacken

	Haga (m ³)				Klacken (m ³)			
	1989	1990	1991	1992	1989	1990	1991	1992
Jan	60	61	70	42	3291	3037	3083	3395
Feb	55	54	66	40	3027	2708	2879	3255
Mar	60	60	73	44	3307	3008	3221	3570
Apr	59	58	74	40	3249	2894	3266	3215
Maj	70	66	76	48	3849	3295	3342	3889
Jun	74	60	72	55	4045	3029	3154	4447
Jul	72	59	76	46	3951	2982	3336	3766
Aug	65	65	79	45	3580	3252	3477	3668
Sep	60	64	73	40	3294	3212	3197	3225
Okt	61	65	78	48	3372	3239	3421	3935
Nov	60	61	72	40	3300	3061	3159	3287
Dec	60	65	77	44	3271	3254	3371	3538
Summa	757	737	886	531	41536	36970	38907	43188

Inläckage i Vimmerby; tabell

Inkommande spillvattenflöde till reningsverket, separerat på 3 delar

1989

(m ³)	Spill.v	Dricksv.	Dagvatten	Inläckage
Jan	142935	66671	180	76084
Feb	129867	62305	2880	64682
Mar	151517	66585	2520	82412
Apr	126052	67400	810	57842
Maj	137355	80240	1710	55405
Jun	132314	78547	2880	50887
Jul	126475	82282	3600	40593
Aug	147234	75688	8640	62906
Sep	121971	73555	2340	46076
Okt	122337	75586	6570	40181
Nov	115069	72662	2160	40247
Dec	118749	70024	3150	45575

1990

Jan	132732	70826	2520	59386
Feb	133737	64807	2700	66230
Mar	131438	70995	1260	59183
Apr	114238	73496	1350	39392
Maj	120255	85362	4410	30483
Jun	111534	81176	5400	24958
Jul	120388	76679	7020	36689
Aug	121680	78406	3150	40124
Sep	138279	74469	12960	50850
Okt	166337	83040	3870	79427
Nov	154541	67318	6480	80743
Dec	166895	66747	2160	97988

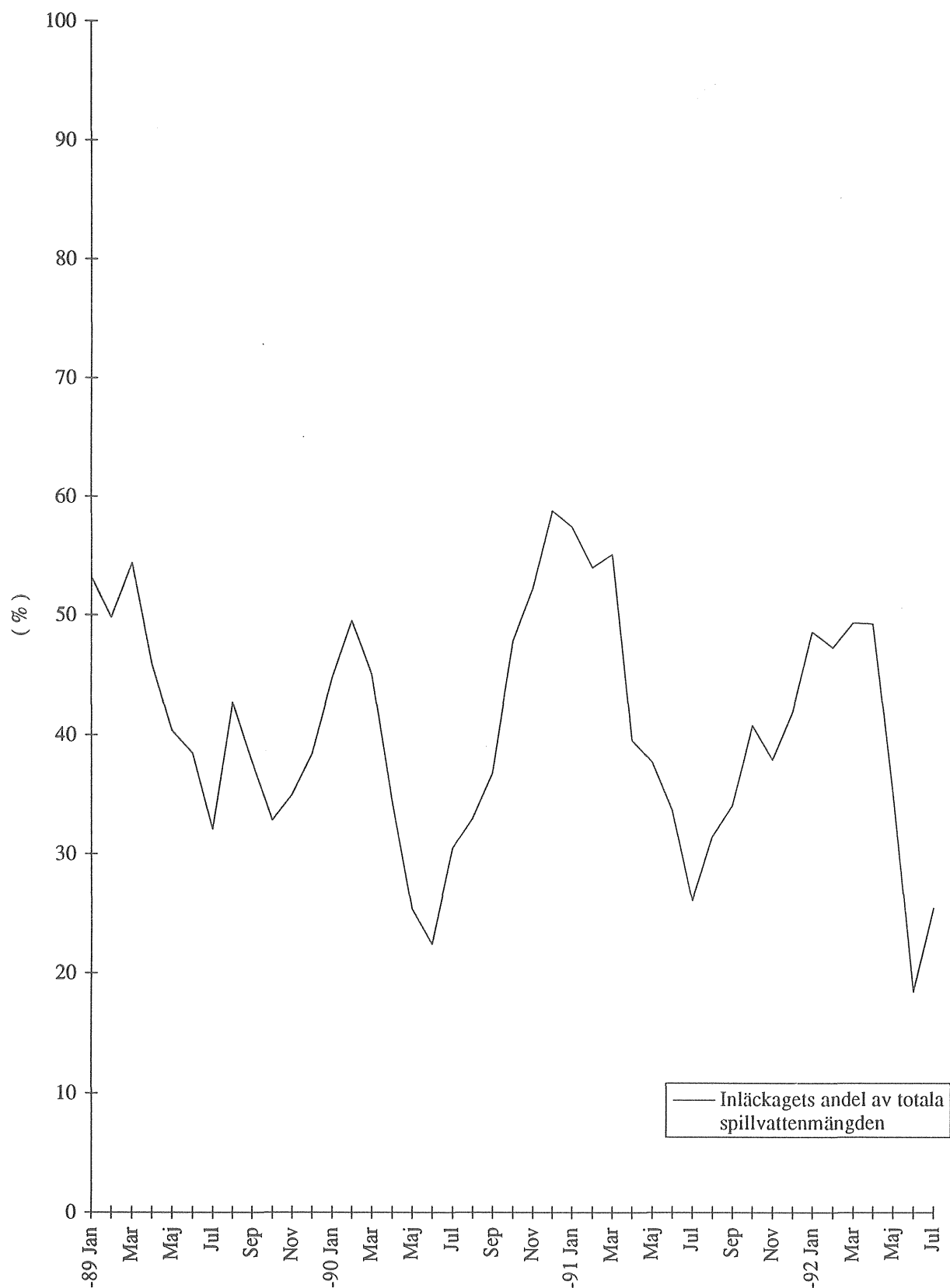
1991

Jan	168764	70019	1980	96765
Feb	145987	63719	3510	78758
Mar	160166	70774	1170	88222
Apr	118691	70459	1350	46882
Maj	122672	73866	2520	46286
Jun	127652	73245	11430	42977
Jul	117425	82872	3960	30593
Aug	118126	76344	4590	37192
Sep	113877	67548	7560	38769
Okt	119779	69867	1080	48832
Nov	117167	67360	5400	44407
Dec	122536	68643	2520	51373

1992

(m ³)	Spill.v	Dricksv.	Dagvatten	Inläckage
Jan	136061	68353	1620	66088
Feb	125659	63996	2340	59323
Mar	142727	68921	3420	70386
Apr	143348	68021	4770	70557
Maj	133653	86145	540	46968
Jun	120691	98379	90	22222
Jul	120844	85265	4860	30719

Inläckage i Vimmerby; diagram



Inläckage i Virserum, Haga; tabell

Inkommande spillvattenflöde till reningsverket, separerat på 2 delar

1989

(m ³)	Spill.v	Dricksv.	Inläckage
Jan	94	60	34
Feb	94	55	38
Mar	168	60	108
Apr	94	59	34
Maj	75	70	5
Jun	75	74	1
Jul	94	72	22
Aug	94	65	28
Sep	56	60	-4
Okt	94	61	32
Nov	56	60	-4
Dec	112	60	53

1990

Jan	150	61	89
Feb	318	54	264
Mar	187	60	127
Apr	122	58	64
Maj	112	66	47
Jun	131	60	71
Jul	271	59	212
Aug	112	65	47
Sep	94	64	30
Okt	300	65	235
Nov	243	61	182
Dec	356	65	291

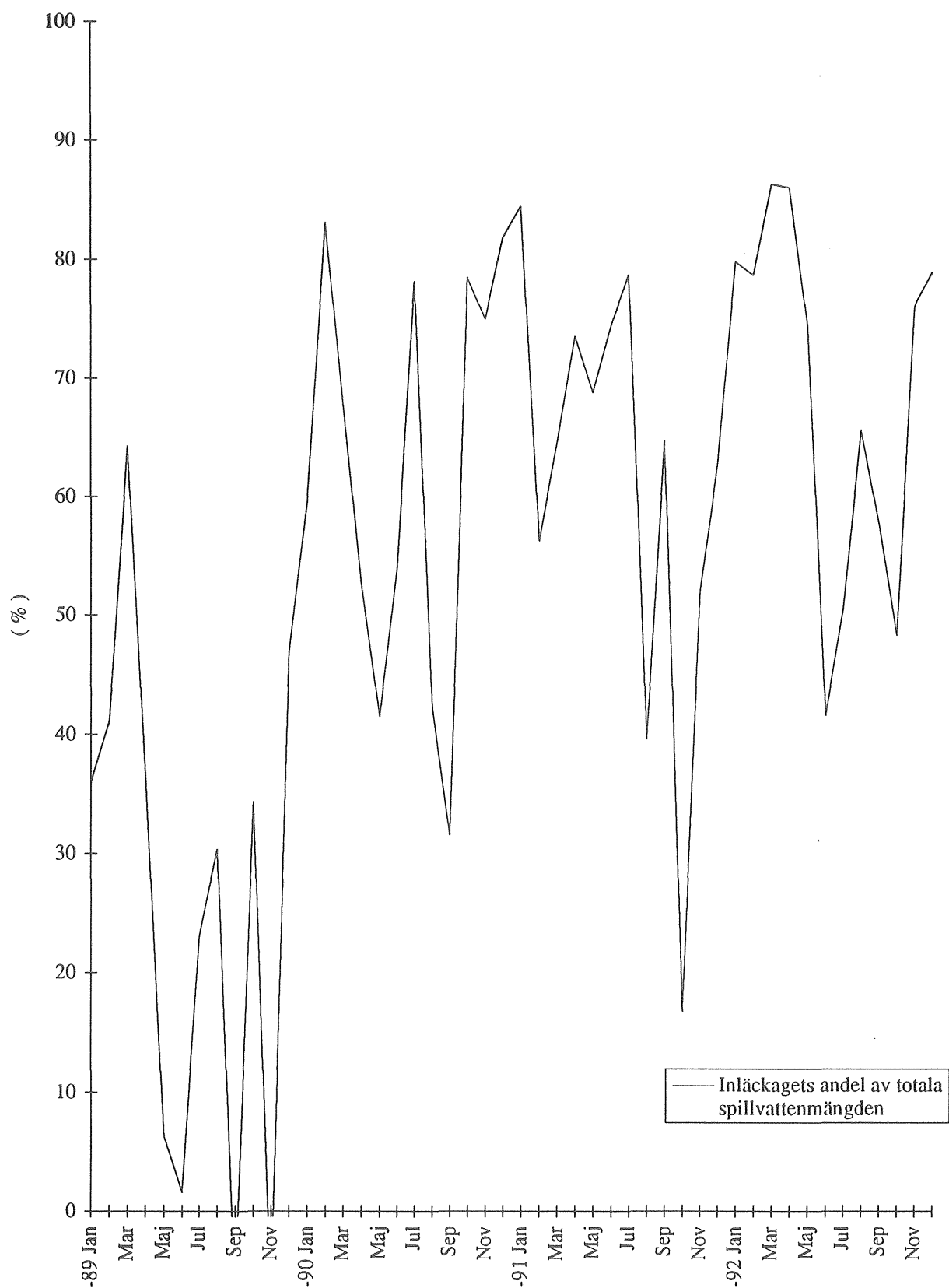
1991

Jan	449	70	379
Feb	150	66	84
Mar	206	73	133
Apr	281	74	206
Maj	243	76	167
Jun	281	72	209
Jul	356	76	280
Aug	131	79	52
Sep	206	73	133
Okt	94	78	16
Nov	150	72	78
Dec	206	77	129

1992

(m ³)	Spill.v	Dricksv.	Inläckage
Jan	206	42	164
Feb	187	40	147
Mar	318	44	274
Apr	281	40	241
Maj	187	48	139
Jun	94	55	39
Jul	94	46	47
Aug	131	45	86
Sep	94	40	54
Okt	94	48	45
Nov	168	40	128
Dec	206	44	162

Inläckage i Virserum, Haga; diagram



Inläckage i Virserum, Klacken; tabell

Inkommande spillvattenflöde till reningsverket, separerat på 2 delar

1989

(m ³)	Spill.v	Dricksv.	Inläckage
Jan	8085	3291	4794
Feb	7606	3027	4579
Mar	8408	3307	5102
Apr	7254	3249	4005
Maj	7753	3849	3903
Jun	6548	4045	2503
Jul	5551	3951	1600
Aug	5953	3580	2374
Sep	5883	3294	2590
Okt	5538	3372	2166
Nov	6091	3300	2791
Dec	8715	3271	5443

1990

Jan	7005	3037	3968
Feb	8618	2708	5911
Mar	7670	3008	4662
Apr	8264	2894	5370
Maj	6845	3295	3550
Jun	6325	3029	3296
Jul	7206	2982	4224
Aug	5960	3252	2708
Sep	7276	3212	4064
Okt	8459	3239	5220
Nov	6663	3061	3602
Dec	11380	3254	8126

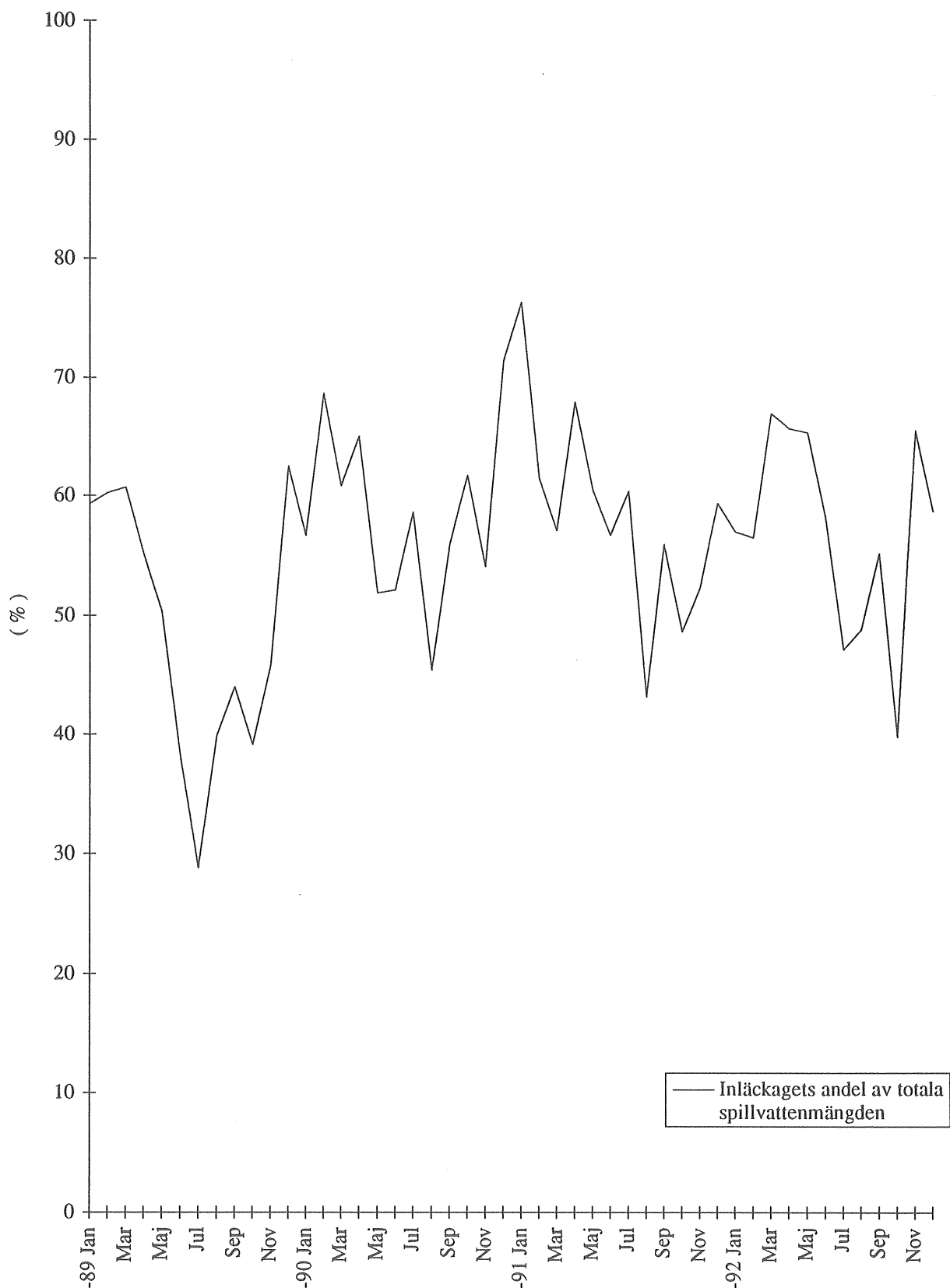
1991

Jan	13035	3083	9951
Feb	7462	2879	4582
Mar	7503	3221	4282
Apr	10169	3266	6902
Maj	8452	3342	5110
Jun	7283	3154	4129
Jul	8417	3336	5082
Aug	6120	3477	2643
Sep	7261	3197	4063
Okt	6660	3421	3239
Nov	6625	3159	3466
Dec	8299	3371	4928

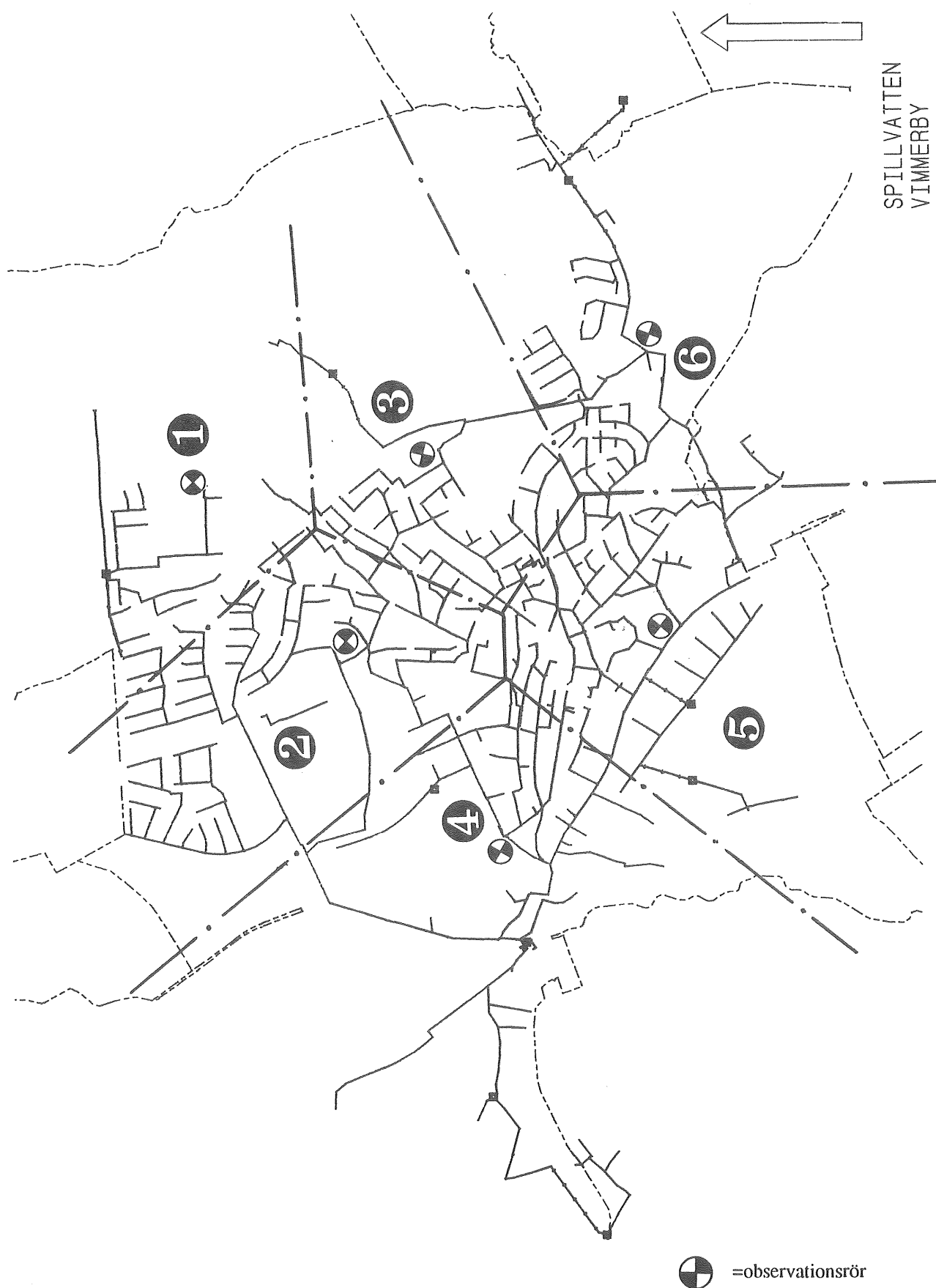
1992

(m ³)	Spill.v	Dricksv.	Inläckage
Jan	7897	3395	4502
Feb	7484	3255	4229
Mar	10792	3570	7222
Apr	9351	3215	6136
Maj	11208	3889	7320
Jun	10632	4447	6185
Jul	7123	3766	3357
Aug	7165	3668	3497
Sep	7200	3225	3975
Okt	6535	3935	2600
Nov	9532	3287	6246
Dec	8570	3538	5033

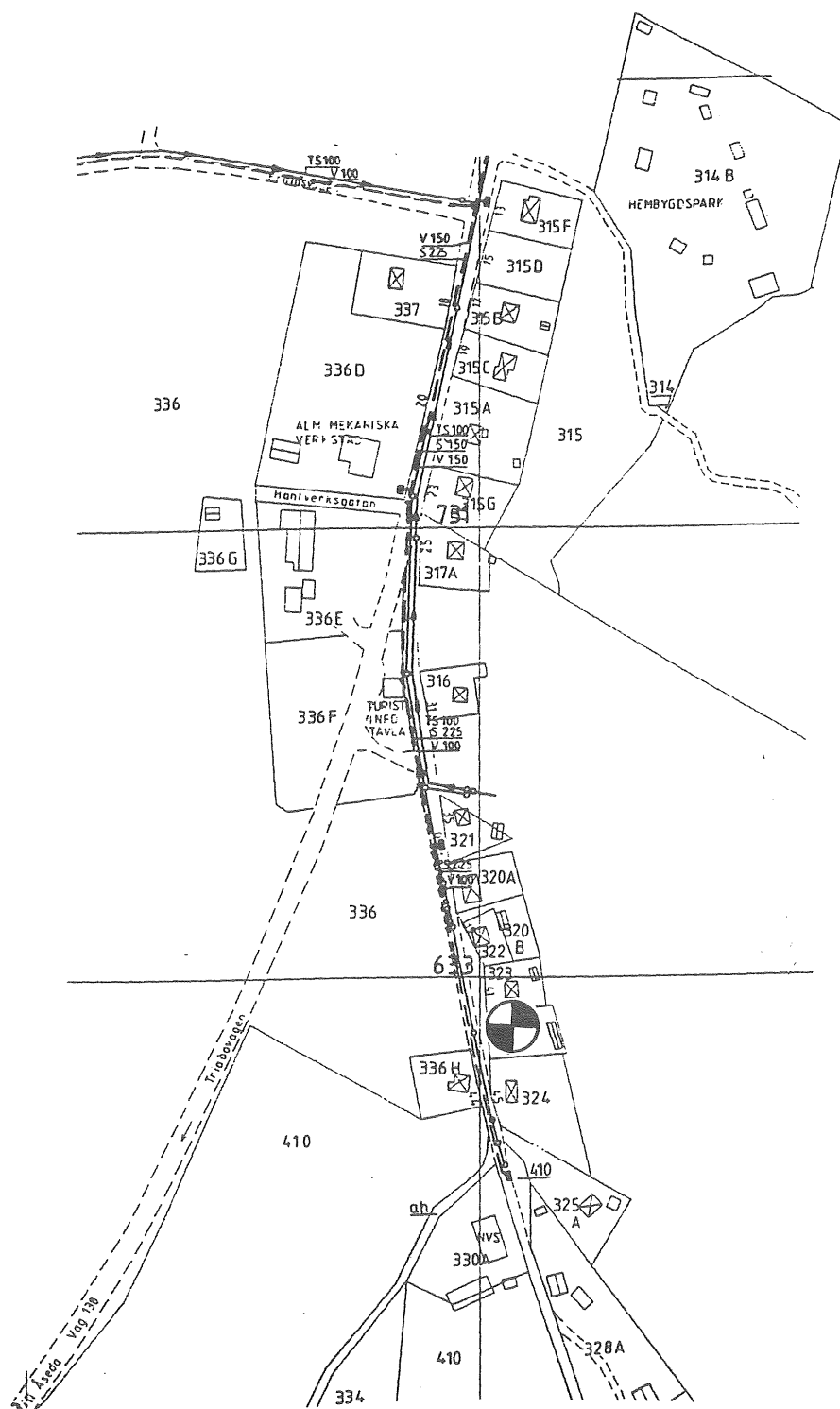
Inläckage i Virserum, Klacken; diagram



Ledningskarta över Vimmerby med områdesindelning

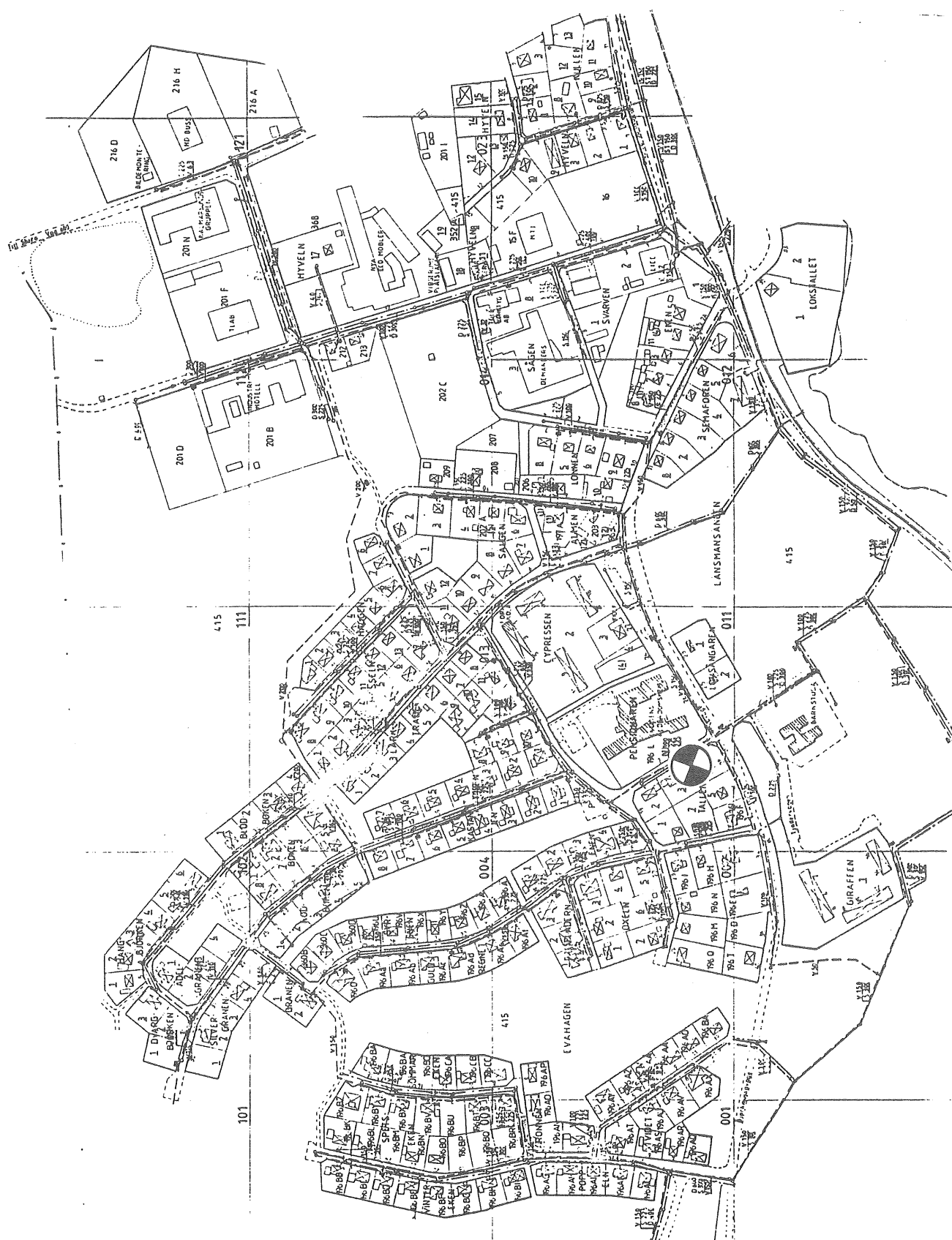


Ledningskarta över Virserum, Haga



 = privat observationsbrunn

Ledningskarta över Virserum, Klacken

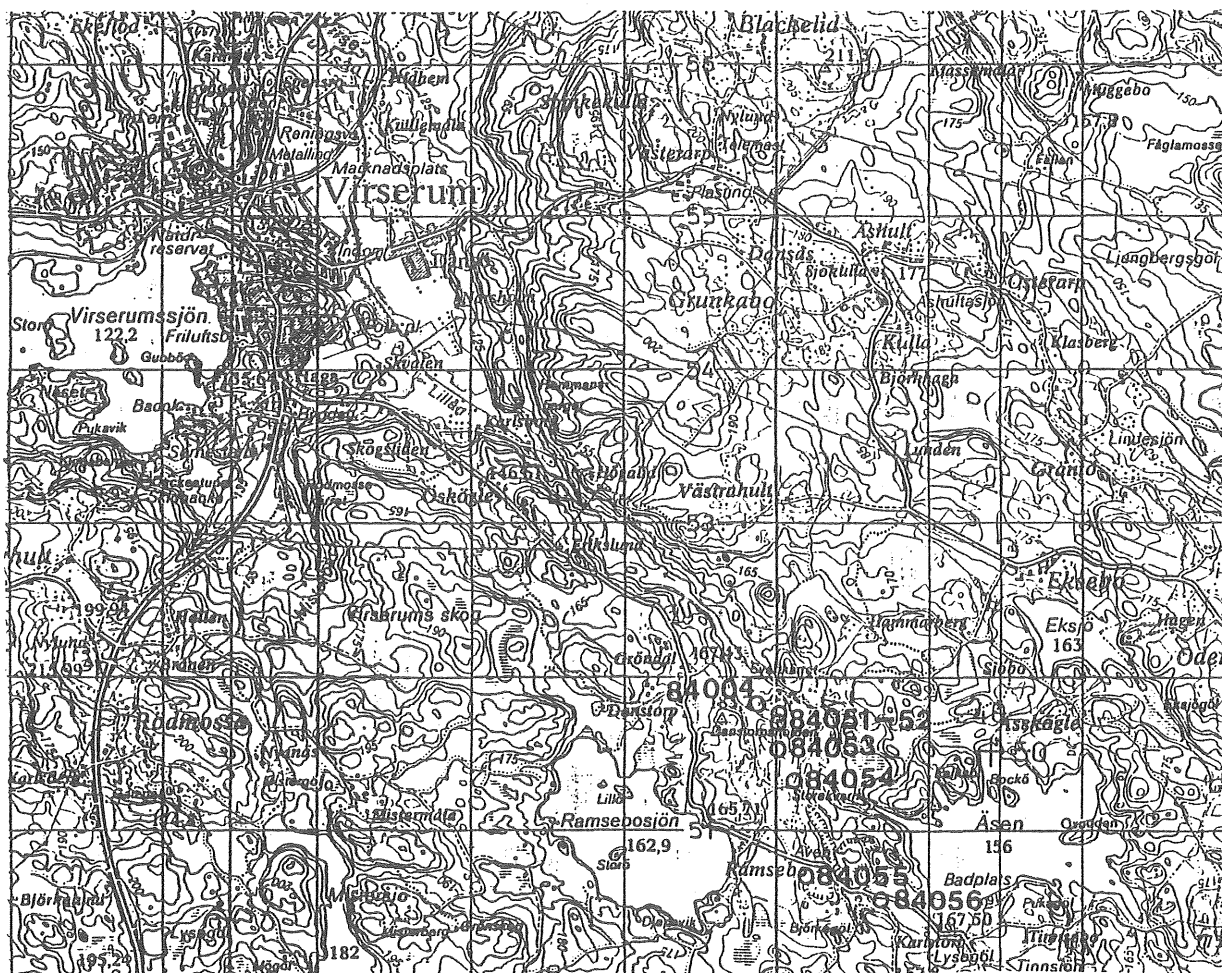


 = privat observationsbrunn

Karta över SGUs grundvattennivåobservationsrör i Virserum

84. Vimmerby

OMRADE	STATION	FDATUM	TDATUM	X	Y	TOP	FÖRS	REFNIVÅ	MÄTTYP	STNTP	AKVIFER	JORDART	BERGART
84	55	820815	6350700	1490200	6F5C	086005	163.17	N	R	JÖ	SA	GNE	



Områdesata för Vimmerby och Virserum

En sammanställning av delområdenas utformning av ledningsnäten. Spillvattenledningar, ledningsgrav och topografi är parametrar som antas påverka inläckaget.

Ledningar (m)

Ledningsslag dimension	Vimmerby område 1 - 6						Virserum	
	1	2	3	4	5	6	Haga	Klacken
- Betong TOTALT-	6690	19915	10534	12515	16140	17920	727	7800
φ 1000	0	0	0	300	235	0	0	0
φ 800	0	0	0	530	0	0	0	0
φ 600	0	50	0	940	520	0	0	0
φ 500	0	0	0	675	700	800	0	0
φ 400	0	865	380	390	750	600	0	0
φ 300	520	2460	70	1345	705	620	0	1580
φ 225	5250	11340	6570	6265	8680	11750	552	4245
φ 150	920	5200	3514	2070	4550	4150	175	1975
- PVC TOTALT-	2220	5110	725	1270	3150	1716	0	1150
φ 315	0	110	0	0	0	280	0	0
φ 250	0	400	0	40	0	0	0	0
φ 200	0	180	0	480	590	26	0	625
φ 160	350	620	65	370	1160	190	0	75
φ 110	1870	3800	660	380	1400	1220	0	450
- Lerrör TOTALT-	0	0	0	1275	480	0	15	960
φ 575	0	0	0	430	0	0	0	0
φ 450	0	0	0	470	0	0	0	0
φ 375	0	0	0	375	480	0	0	0
φ 150	0	0	0	0	0	0	15	960
Ledningsdjup (m)	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,5	2,3

Övriga markdata:

	Vimmerby område 1 - 6						Virserum	
	1	2	3	4	5	6	Haga	Klacken
Markyta över ledning								
- Gräs (%)	30	30	30	30	30	30	30	30
- Grus (%)	-	-	-	-	-	-	-	-
- Asfalt (%)	70	70	70	70	70	70	70	70
Jordart	morän	morän	morän	grus 50% sand 50%	sand	morän	morän	sa 20% mor.80%
Exploaterad yta (ha)	35,1	114	53,9	116,8	119,5	55,5	5,1	80,8
Lutningsförhåll. (%)	2,5	2	3	1,7	2	2	1,4	2,6
Inkoppl. drän. (st)	66	420	356	60	226	213	15	115
Byggnations år	80-talet	60-talet	50-talet	40-talet	30- o 70- talet	60-talet	40-talet	60-talet

Områdeskonstanter för Vimmerby och Virserum

Resultat av flera passningsräkningarförsök :

Vimmerby							
Datum	931212	931216	931221	931221	931221	931221	BÄSTA
$K^1_1 =$	3,8	23,9	3,48	0,35	1,87	1,78	3,8
$K^1_2 =$	5	1,5	1,81	6,14	5,79	5,91	5
$K^1_3 =$	0	0	0	0	0	0	0
$K^1_4 =$	542	53	561	566,2	569	570	542
$K^1_5 =$	0	0	0	0	0	0	0
$K^1_6 =$	24,5	13,3	29,5	44	26,6	26,7	24,5
K(0) regn=	0,44	0,27	0	0	0,48	0,48	0,44
K(-1)regn=	0,99	1,02	0,0276	0,03	1,04	1,04	0,99
K(-2)regn=	0	0	0	0	0	0	0
Regntröskel	127	128	0	13	128	128	127
Felsumma :	2934	3266	3209	3189	2934	2934	2934

Haga							
Datum	931221	931221	931221	931221	931221	940104	BÄSTA
$K^1 =$	4,9	5,02	4,99	4,62	4,54	4,61	4,61
K(0) regn=	0,00065	0,0079	0,00079	0,00086	0,00091	0,00085	0,00085
K(-1)regn=	0,00034	0,00043	0,00044	0,00051	0,00058	0,00051	0,00051
K(-2)regn=	0	0	0	0	0	0	0
Regntröskel	0	12	12	19	24	19	19
Felsumma :	112545	109376	109339	109282	109835	109278	109278

Klacken						
Datum	931221	931221	931221	931221	931221	BÄSTA
$K^1 =$	18,8	18,4	18,88	18,66	18,83	18,88
K(0) regn=	0,0041	0	0,0036	0,00326	0,00039	0,0036
K(-1)regn=	0	0	0	0	0	0
K(-2)regn=	0	0	0	0	0	0
Regntröskel	60	21	53	51	58	53
Felsumma :	94,5	94,7	94,46	94,47	94,46	94,46

Sammanfattning av de bästa resultaten :

Område	Vimmerby						Virserum	
	1	2	3	4	5	6	Haga	Klacken
$K^1 =$	3,8	5	0	542	0	24,5	4,61	18,88
K(0) regn	0,44	Samma för hela Vimmerby					0,00085	0,0036
K(-1)regn	0,99	Samma för hela Vimmerby					0,00051	0
K(-2)regn	0	Samma för hela Vimmerby					0	0
Regntröskel	127	Samma för hela Vimmerby					19	53
A^{kor}	4,34	0,66	0	0,44	0	0,02	0,18	1,95

Inläckagets fördelning på grundvatten respektive regnvatten i Vimmerby

1989

(x1000 m ³)	Inl.verkl	Inl.ber.	Grvy.ber	Regn ber
Jan	76,1	64,4	64,4	0,0
Feb	64,7	70,9	70,9	0,0
Mar	82,4	76,0	76,0	0,0
Apr	57,8	72,1	72,1	0,0
Maj	55,4	53,3	53,3	0,0
Jun	50,9	42,9	42,9	0,0
Jul	40,6	27,9	27,9	0,0
Aug	62,9	45,0	45,0	0,0
Sep	46,1	50,9	50,9	0,0
Okt	40,2	39,3	39,3	0,0
Nov	40,2	43,2	43,2	0,0
Dec	45,6	47,1	47,1	0,0

1990

Jan	59,4	56,2	56,2	0,0
Feb	66,2	64,8	64,8	0,0
Mar	59,2	56,3	56,3	0,0
Apr	39,4	44,6	44,6	0,0
Maj	30,5	35,7	35,7	0,0
Jun	25,0	27,8	27,8	0,0
Jul	36,7	24,8	24,8	0,0
Aug	40,1	31,5	31,5	0,0
Sep	50,9	50,8	43,4	7,5
Okt	79,4	79,5	62,6	16,8
Nov	80,7	84,5	84,5	0,0
Dec	98,0	94,2	94,2	0,0

1991

Jan	96,8	91,2	91,2	0,0
Feb	78,8	81,0	81,0	0,0
Mar	88,2	69,8	69,8	0,0
Apr	46,9	61,1	61,1	0,0
Maj	46,3	55,0	55,0	0,0
Jun	43,0	50,5	50,5	0,0
Jul	30,6	46,7	46,7	0,0
Aug	37,2	43,6	43,6	0,0
Sep	38,8	42,1	42,1	0,0
Okt	48,8	43,3	43,3	0,0
Nov	44,4	47,7	47,7	0,0
Dec	51,4	54,7	54,7	0,0

1992

(x1000 m ³)	Inl.verkl	Inl.ber.	Grvy.ber	Regn ber
Jan	66,1	62,7	62,7	0,0
Feb	59,3	68,3	68,3	0,0
Mar	70,4	67,2	67,2	0,0
Apr	70,6	57,4	57,4	0,0
Maj	47,0	44,5	44,5	0,0
Jun	22,2	36,0	36,0	0,0
Jul	30,7	38,4	38,4	0,0

Inläckagets fördelning på grundvatten respektive regnvatten i Virserum, Haga

1989

(m ³)	Inl.verkl	Inl.ber	Grvy.ber	Regn ber.
Jan	33,6	106,0	106,0	0,0
Feb	38,4	49,4	37,4	11,9
Mar	108,2	121,6	106,0	15,6
Apr	34,4	111,1	106,0	5,1
Maj	4,7	37,4	37,4	0,0
Jun	1,2	22,3	10,4	11,9
Jul	21,6	26,3	0,4	25,9
Aug	28,4	79,3	1,7	77,7
Sep	-3,8	46,9	0,4	46,5
Okt	32,2	61,3	10,4	50,9
Nov	-4,0	70,5	37,4	33,1
Dec	52,7	13,4	10,4	3,1

1990

Jan	89,2	58,7	50,2	8,5
Feb	264,2	301,2	285,9	15,3
Mar	127,2	176,4	170,3	6,1
Apr	64,0	81,2	81,2	0,0
Maj	46,6	53,0	26,6	26,4
Jun	70,6	61,9	10,4	51,6
Jul	212,0	74,2	1,7	72,5
Aug	47,5	47,6	2,6	45,0
Sep	29,5	117,7	1,7	116,0
Okt	234,9	191,4	106,0	85,4
Nov	182,3	141,7	106,0	35,7
Dec	290,8	263,5	249,8	13,7

1991

Jan	379,1	365,3	365,3	0,0
Feb	84,2	142,7	142,7	0,0
Mar	132,6	156,2	156,2	0,0
Apr	206,4	106,0	106,0	0,0
Maj	167,3	114,5	106,0	8,5
Jun	209,0	192,9	94,9	98,0
Jul	279,8	277,9	200,3	77,6
Aug	51,9	58,9	17,5	41,3
Sep	133,1	74,7	1,7	73,0
Okt	15,7	71,0	37,4	33,6
Nov	77,9	117,0	81,2	35,8
Dec	129,2	106,9	81,2	25,6

1992				
(m ³)	Inl.verkl	Inl.ber	Grvy.ber	Regn ber.
Jan	164,2	145,3	142,7	2,5
Feb	147,2	84,6	81,2	3,4
Mar	274,3	149,0	129,9	19,1
Apr	241,3	256,2	216,2	40,0
Maj	139,4	160,5	142,7	17,8
Jun	38,9	37,4	37,4	0,0
Jul	47,3	32,3	1,7	30,7
Aug	85,9	71,5	0,4	71,1
Sep	53,9	49,4	1,7	47,7
Okt	45,2	52,3	2,6	49,7
Nov	128,1	128,7	64,8	64,0
Dec	162,4	166,7	142,7	23,9

Inläckagets fördelning på grundvatten respektive regnvatten i Virserum, Klacken

1989

(x1000 m ³)	Inl.verkl	Inl.ber	Grvy.ber	Regn ber.
Jan	4,8	5,3	5,3	0,000
Feb	4,6	4,1	4,1	0,000
Mar	5,1	5,3	5,3	0,000
Apr	4,0	5,3	5,3	0,000
Maj	3,9	4,1	4,1	0,000
Jun	2,5	3,4	3,4	0,000
Jul	1,6	2,5	2,5	0,000
Aug	2,4	3,1	3,0	0,158
Sep	2,6	2,5	2,5	0,000
Okt	2,2	3,5	3,4	0,076
Nov	2,8	4,1	4,1	0,000
Dec	5,4	3,4	3,4	0,000

1990

Jan	4,0	4,4	4,4	0,000
Feb	5,9	7,4	7,4	0,000
Mar	4,7	6,1	6,1	0,000
Apr	5,4	4,9	4,9	0,000
Maj	3,5	3,9	3,9	0,000
Jun	3,3	3,4	3,4	0,029
Jul	4,2	3,0	3,0	0,094
Aug	2,7	2,4	2,4	0,000
Sep	4,1	3,3	3,0	0,331
Okt	5,2	5,3	5,3	0,000
Nov	3,6	5,3	5,3	0,036
Dec	8,1	7,0	7,0	0,000

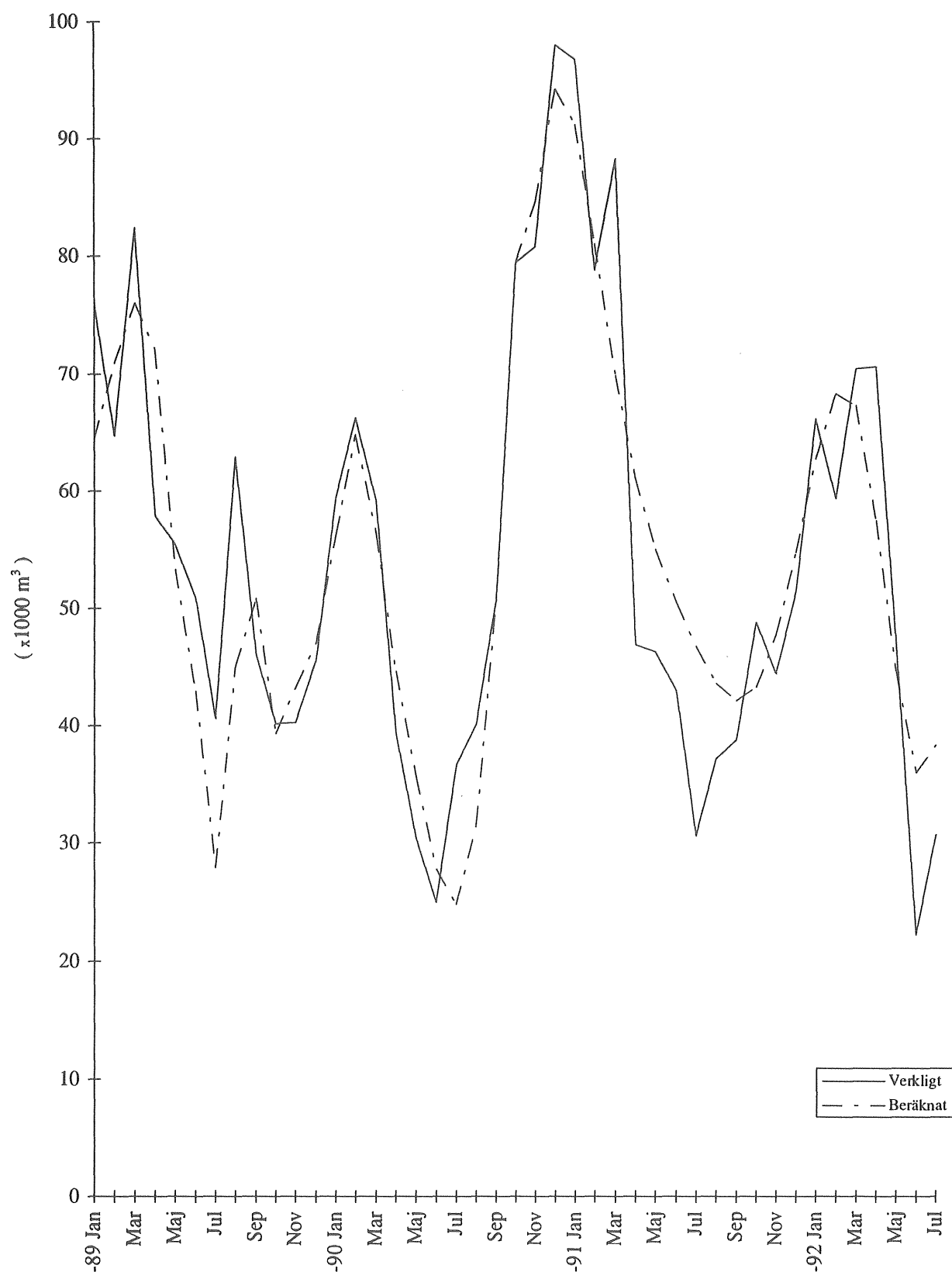
1991

Jan	10,0	8,2	8,2	0,000
Feb	4,6	5,8	5,8	0,000
Mar	4,3	5,9	5,9	0,000
Apr	6,9	5,3	5,3	0,000
Maj	5,1	5,3	5,3	0,000
Jun	4,1	5,4	5,1	0,270
Jul	5,1	6,5	6,5	0,000
Aug	2,6	3,6	3,6	0,000
Sep	4,1	3,1	3,0	0,115
Okt	3,2	4,1	4,1	0,000
Nov	3,5	4,9	4,9	0,029
Dec	4,9	4,9	4,9	0,000

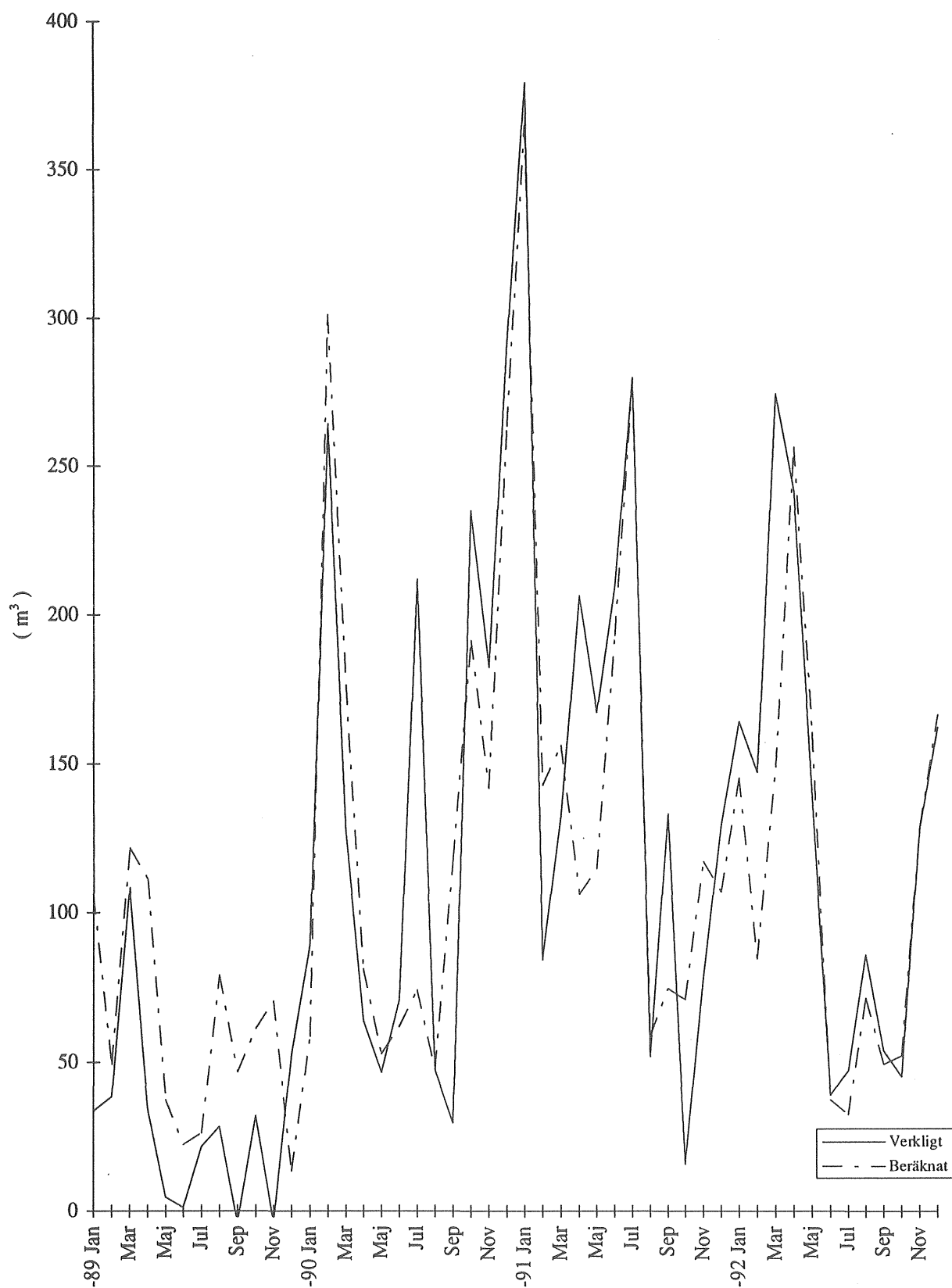
1992

(x1000 m ³)	Inl.verkl	Inl.ber	Grvy.ber	Regn ber.
Jan	4,5	5,8	5,8	0,000
Feb	4,2	4,9	4,9	0,000
Mar	7,2	5,6	5,6	0,000
Apr	6,1	6,6	6,6	0,002
Maj	7,3	5,8	5,8	0,000
Jun	6,2	4,1	4,1	0,000
Jul	3,4	3,0	3,0	0,007
Aug	3,5	2,6	2,5	0,101
Sep	4,0	3,0	3,0	0,000
Okt	2,6	2,4	2,4	0,047
Nov	6,2	4,7	4,6	0,047
Dec	5,0	5,8	5,8	0,000

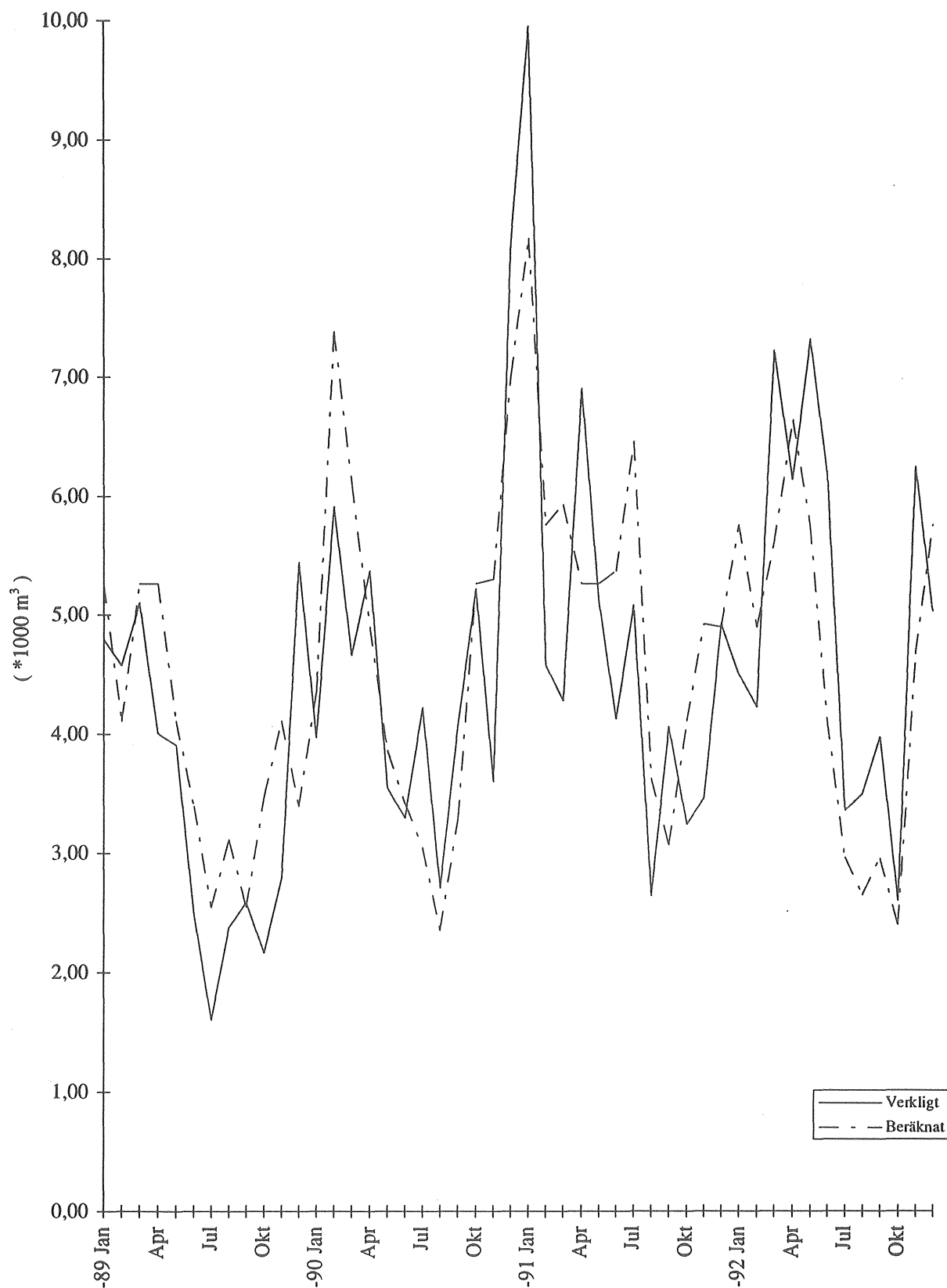
Korrelation verkligt - beräknat inläckage i Vimmerby



Korrelation verkligt - beräknat inläckage i Virserum, Haga



Korrelation verkligt - beräknat inläckage i Virserum, Klacken



Preliminär översättning av områdesdata till områdeskonstant, K^1_{ber}

Alternativ

1: Linjärt

$$K^1_{ber} = A1 * L_{btg} + B1 * L_{pvc} + C1 * L_{lerg} + K_{jordart} * (L_{tot.})^2 + K_{drän.} * N_{inkoppl.} + K_{expl.} * Y_{taExpl.}$$

Områdeskonstanter

Område	K^1	K^1_{ber}
1	3,8	0,20
2	5	4,86
3	0	8,47
4	542	540
5	0	-0,46
6	24,5	12,94
Haga	4,61	9,95
Klacken	18,88	40,44

Ekvationskonstanter

A1	1,00
B1	-2,97
C1	462
$K_{jordart} ; morän$	0,00
$K_{jordart} ; grus$	0,00
$K_{jordart} ; sand$	-0,61
$K_{drän.}$	0,00
$K_{expl.}$	0,00

Felsumma= 714

2: Kvadratisk

$$K^1_{ber} = A2 * (L_{btg})^2 + B2 * (L_{pvc})^2 + C2 * (L_{lerg.})^2 + K_{jordart} * (L_{tot.})^2 + K_{drän.} * N_{inkoppl.} + K_{expl.} * Y_{taExpl.}$$

Områdeskonstanter

Område	K^1	K^1_{ber}
1	3,8	1,86
2	5	5,83
3	0	12,92
4	542	542
5	0	0,26
6	24,5	20,27
Haga	4,61	0,92
Klacken	18,88	12,71

Ekvationskonstanter

A2	0,05
B2	-1,16
C2	324
$K_{jordart} ; morän$	0,00
$K_{jordart} ; grus$	0,00
$K_{jordart} ; sand$	-0,25
$K_{drän.}$	0,00
$K_{expl.}$	0,15

Felsumma= 241

3: Andragrads polynom

$$K^1_{ber} = A1 * L_{btg} + A2 * (L_{btg})^2 + B1 * L_{pvc} + B2 * (L_{pvc})^2 + C1 * L_{lerg.} + C2 * (L_{lerg.})^2 + K_{drän.} * N_{inkoppl.} + K_{expl.} * Y_{taExpl.}$$

Områdeskonstanter

Område	K^1	K^1_{ber}
1	3,8	3,80
2	5	5,00
3	0	0,00
4	542	542
5	0	0,00
6	24,5	24,50
Haga	4,61	4,61
Klacken	18,88	18,88

Ekvationskonstanter

A1	-3,58
A2	1,65
B1	12,17
B2	5,16
C1	333,7
C2	700,9
$K_{jordart} ; morän$	-1,23
$K_{jordart} ; grus$	-9,47
$K_{jordart} ; sand$	-2,05
$K_{drän.}$	0,00
$K_{expl.}$	0,00

Felsumma= 0

Slutlig översättning av områdesdata till områdeskonstant, K^1_{ber}

Alternativ

1: Linjärt

$$K^1_{ber} = A1 * L_{btg} + B1 * L_{pvc} + C1 * L_{lerg} + K_{jordart} * (L_{tot.})^2$$

Områdeskonstanter

Område	K^1	K^1_{ber}
1	3,8	-1,1
2	5	8,3
3	0	9,7
4	542	542
5	0	0,0
6	24,5	17,0
Haga	4,61	4,5
Klacken	18,88	18,9

Ekvationskonstanter

A1	1,00
B1	-4,20
C1	191,00
$K_{jordart}$; morän	0,00
$K_{jordart}$; grus	2,80
$K_{jordart}$; sand	-0,30

Felsumma= 187

2: Kvadratisk

$$K^1_{ber} = A2 * (L_{btg})^2 + B2 * (L_{pvc})^2 + C2 * (L_{lerg})^2 + K_{jordart} * (L_{tot.})^2$$

Områdeskonstanter

Område	K^1	K^1_{ber}
1	3,8	-4,6
2	5	6,9
3	0	5,4
4	542	542
5	0	0,3
6	24,5	22,5
Haga	4,61	-4,9
Klacken	18,88	12,1

Ekvationskonstanter

A2	-0,90
B2	-6,50
C2	-12229,00
$K_{jordart}$; morän	0,80
$K_{jordart}$; grus	178,80
$K_{jordart}$; sand	8,50

Felsumma= 243

3: Andragsgrads polynom

$$K^1_{ber} = A1 * L_{btg} + A2 * (L_{btg})^2 + B1 * L_{pvc} + B2 * (L_{pvc})^2 + C1 * L_{lerg} + C2 * (L_{lerg})^2 + K_{jordart} * (L_{tot.})^2$$

Områdeskonstanter

Område	K^1	K^1_{ber}
1	3,8	3,8
2	5	5,0
3	0	0,0
4	542	542
5	0	0,0
6	24,5	24,5
Haga	4,61	4,6
Klacken	18,88	18,9

Ekvationskonstanter

A1	-3,58
A2	1,65
B1	12,17
B2	5,10
C1	334,0
C2	700,9
$K_{jordart}$; morän	-1,23
$K_{jordart}$; grus	-9,47
$K_{jordart}$; sand	-2,05

Felsumma= 0

Områdesparametrars andel i områdeskonstanter

Andrags polynom: $K^1_{ber} = A1 \cdot L_{btg} + A2 \cdot (L_{btg})^2 + B1 \cdot L_{pvc} + B2 \cdot (L_{pvc})^2 + C1 \cdot L_{lerg} + C2 \cdot (L_{lerg})^2 + K_{jordart} \cdot (L_{tot})^2$

Område	K^1_{ber}	betongdel	PVCdel	lergodsdel	jordartsdel	K^1
1	3,80	49,80	51,67	0,00	-97,67	3,80
2	5,00	579,77	195,91	0,00	-770,68	5,00
3	0	143,64	11,04	0,00	-154,68	0
4	542	212,10	24,51	1618,4	-1313,0	542
5	0	368,48	91,63	342,04	-802,15	0
6	24,50	462,64	35,56	0,00	-473,70	24,50
Haga	4,61	-1,70	0,00	6,95	-0,64	4,61
Klacken	18,88	72,08	22,01	40,37	-115,58	18,88

Tryckt & Bunden
Vasastadens Bokbinderi AB
1995