



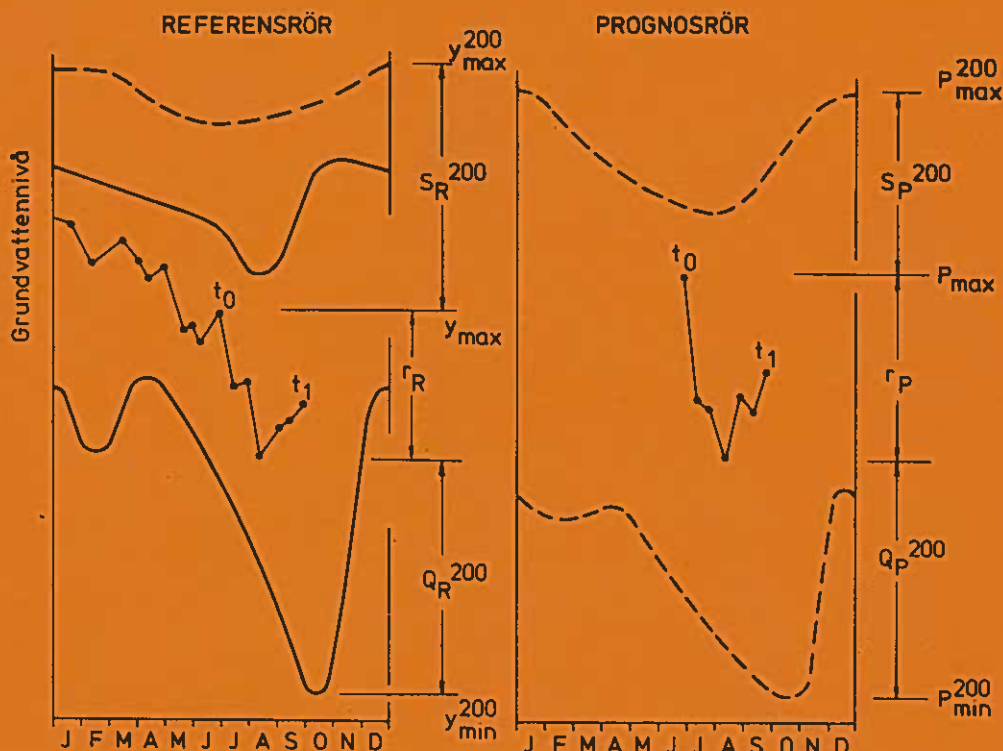
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN

Geologi
Geoteknik med grundläggning
Vattenbyggnad
Vattenförsörjnings- och avloppsteknik

ISSN 0347 · 8165

Beräkning av dimensionerande grundvattentryck

3. Övriga södra Sverige



Chester Svensson

Göran Sällfors



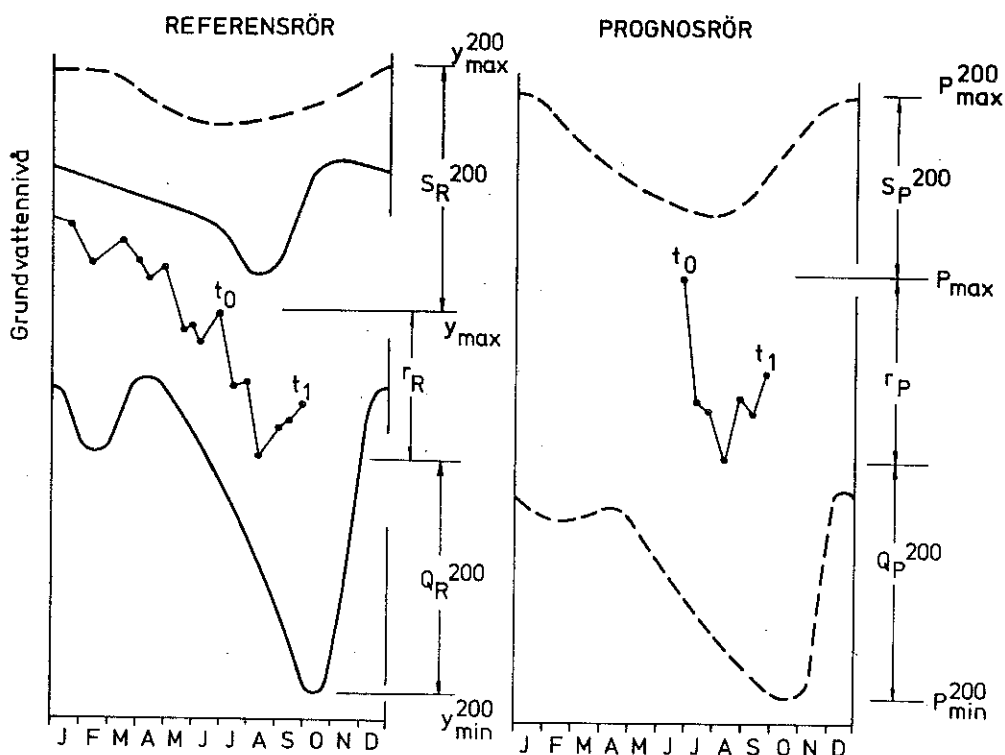
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN

Geologi
Geoteknik med grundläggning
Vattenbyggnad
Vattenförsörjnings- och avloppsteknik

ISSN 0347 · 8165

Beräkning av dimensionerande grundvattentryck

3. Övriga södra Sverige



Chester Svensson

Göran Sällfors

Adress: Geohydrologiska forskningsgruppen
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Tel. 031/72 21 67

FÖRORD

Denna skrift är del tre av en systematisk genomgång av de lokala förutsättningarna för användning av den metod för prognos av extrema grundvattennivåer som presenterades i en avhandling vid Geologiska institutionen, CTH, 1984 (Svensson, 1984).

Med prognosmetoden kan man, med viss noggrannhet, beräkna storleken av kommande maximala och minimala grundvatten(tryck)nivåer i en punkt med hjälp av ett ringa antal grundvatten(tryck)nivåobservationer. Det finns två förutsättningar för att man skall kunna använda metoden:

- 1) att det inom regionen finns minst ett, helst två (eller ännu hellre många) observationsrör med tämligen lång observationsserie. Rörets mätserie bör omfatta minst 15 år och mätintervallet bör vara ca 2 veckor (2 ggr per månad).
- 2) att man på den lokal där man avser att beräkna grundvattennivåer kan anlägga egna observationsrör (minst ett, helst två rör i samma område). I dessa rör skall man mäta grundvattennivån den 15:e och sista varje månad. (Detta är standardmätdatum i Sveriges geologiska undersöknings Grundvattennät.)

Vi har tidigare behandlat Göteborgsregionen och Stockholmsregionen (se Svensson & Sällfors, 1985 resp 1988). I ett examensarbete har Pär Lindhe studerat Norrlands kustland (Lindhe, 1986). Efter åtskilligt arbete med genomgång av tänkbara referensrör (i SGUs Grundvattennät) i södra och mellersta Sverige presenteras här våra resultat för området söder om Dalälven och utanför de båda storstadsregionerna.

Detta projekt har finansierats genom anslag från Byggforskningsrådet - BFR 870094-7. Projektet har genomförts vid Geologiska institutionen och Institutionen för geoteknik med grundläggning, Chalmers tekniska högskola, Göteborg.

I kapitel 1 behandlas hur grundvattennivåernas variationsbild kan användas för att bestämma lämpligt lägsta dimensionerande grundvattentryck. Detta utförs via ett varaktighetsdiagram och en reduceringsfaktor. I detta kapitel summeras olika typer av grund-

vattennivåvariationer och faktorer som påverkar vattennivåns variationsbredd. Den aktuella beräkningsmetoden presenteras med figurer och formler likaså.

I kapitel 2 redovisas vilka referensområden som bearbetats och de statistiska förarbeten som behöver utföras för det eller de referensrör som skall användas i prognostiseringen.

I kapitel 3 utförs en detaljerad beräkning för ett rör i Tivedenområdet. Först utförs beräkningen med ett referensrör och sedan med fem referensrör.

I kapitel 4 ges en relativt kort redovisning av våra erfarenheter av tester av metodens användbarhet i olika delar av södra Sverige.

I avsnitt 5 ges anvisningar om hur man anskaffar rådata för referensrör.

I bilaga 1 har vi sammanställt korta beskrivningar för de olika referensområdena och de lämpligaste referensrören i respektive område. Vi har också exemplifierat grundvattennivåerna i respektive område med en datoruppritning av nivåerna från ett rör. De årliga högsta och lägsta nivåerna i samtliga lämpliga referensrör har också listats däri.

I bilaga 2 finns en arbetsplan för prognosmetoden och bilaga 3 utgörs av ett lämpligt underlag för uppritning av grundvattennivåer. Vi har funnit att det däri angivna förhållandet mellan tids- och höjdskala är bra att arbeta med.

Vi vill tacka Eva Magnusson och Per-Anders Nygren, vilka genomfört datagenomgångar, programmering och beräkningar efter våra anvisningar. Basdata för rapporten har välvilligt ställts till vårt förfogande av Grundvattennätet vid Sveriges geologiska undersökning genom Jacob Johnsson.

Göteborg i maj 1988

Chester Svensson

Göran Sällfors

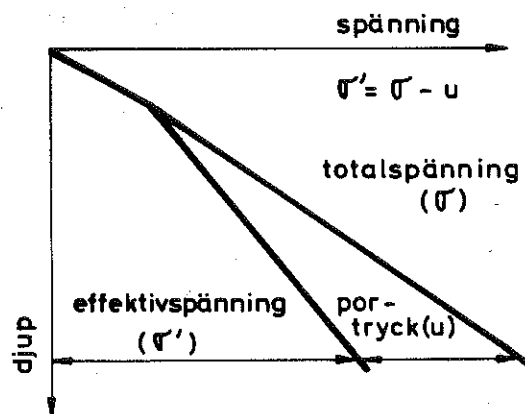
INNEHÅLL

	<u>Sid</u>
FÖRORD	i
INNEHÅLLSFÖRTECKNING	iii
1 TEORI OCH BERÄKNINGSMETOD	1
1.1 Varaktighet hos låga grundvattentryck	1
1.2 Grundvattennivåvariationer	5
1.2.1 Långtidsvariationer	6
1.2.2 Årstidsvariationer och årsvariationer	8
1.2.3 Korttidsvariationer	10
1.2.4 Faktorer som påverkar variationsbredden	11
1.3 Prognos av högsta grundvatten(tryck)nivå	13
1.4 Prognos av lägsta grundvattentryck	15
2 REFERENSRÖR	18
2.1 Statistisk behandling av årliga max- och minimivärden i referensrör	18
3 PROGLOS	24
3.1 Prognosrör	24
3.2 Val av referensrör	24
3.3 Beräkningsexempel	25
3.4 Exempel med flera referensrör	29
4 ANALYSER AV METODENS ANVÄNDBARHET	32
5 UPPFÖLJNING	36
REFERENSER	37
Bilaga 1: Beskrivning av referensområden och referensrör	
Bilaga 2: Arbetsplan	
Bilaga 3: Blankett för grundvattennivåuppritning	

1 TEORI OCH BERÄKNINGSMETOD

1.1 Varaktighet hos låga grundvattentryck

Vid sättningsberäkning för lösa jordar krävs utöver kunskap om jordens deformationsegenskaper och aktuella yttre laster även kännedom om tryckförhållandena i vattenfasen i jorden. Det är först då som effektivspänningsvariationen i djupled kan beräknas, se figur 1. Under förutsättning att de yttre lasterna inte varierar i tiden är totalspänningen konstant och det framgår då av figur 1 att effektivspänningen (σ') är beroende av portrycket u . Eftersom den i jorden rådande effektivspänningen u ingår i de flesta formler för sättningsberäkning innebär det att det portryck u som läggs till grund för sättningsberäkningen påverkar resultatet av analysen. De beräknade sättningarna blir större ju lägre portryck som används i beräkningarna.



Figur 1 Samband mellan totalspänning, effektivspänning och portryck.

Portrycket i jordprofilen är beroende av de tryck som verkar i ränderna, dvs den övre akviferens nivå samt grundvattentrycket i den undre slutna akviferen. Eftersom kornskelettet ej är inkompressibelt medför varje tryckförändring en deformation, som i sig medför en vattenströmning. Därmed åtgår viss tid för att portryckprofilen skall anpassa sig till de nya randvillkoren. Emellertid är modulen, dvs jordens styvhet, mycket stor vid tryckförändringar som resulterar i spänningar under förkonsolideringstrycket (den tidigare högsta effektivspänning som jorden varit

utsatt för). Portrycksprofilens utseende vid stationära förhållanden är endast beroende av variationer i permeabilitet i jordprofilen.

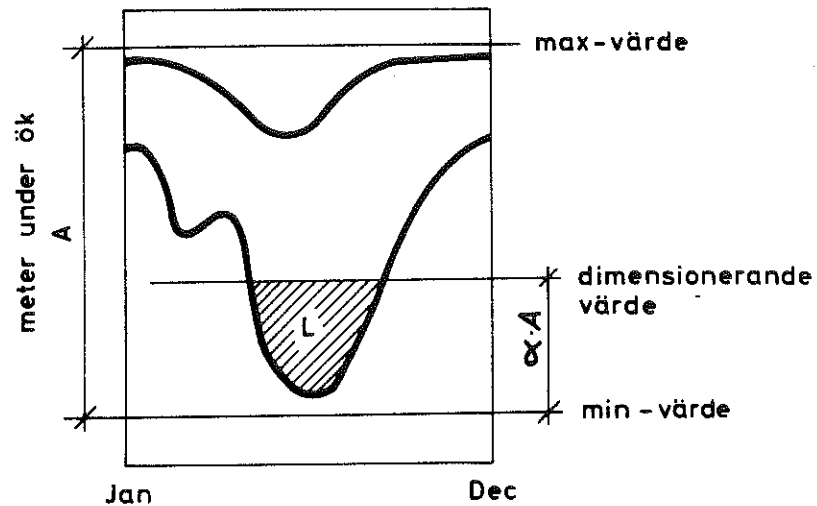
Av ovanstående framgår att en portrycksprofil som uppmätts under en kortare tidsperiod, inte nödvändigtvis eller snarare troligen inte representerar det portryck som bör användas vid sättningsberäkningen.

Eftersom grundvattentrycket i botten varierar i tiden bör detta beaktas genom att på samma sätt bestämma ett lägsta värde för grundvattentrycket. Det är dock ej självklart att detta lägsta värde bör användas i sättningsanalysen. Vilket värde som bör användas och hur det skall bestämmas diskuteras nedan.

Anledningen till att ett högre värde än det lägsta värdet för dimensioneringsperioden bör användas är att sättningarna som sker till följd av belastning över förkonsolideringstrycket ävenledes är tidsberoende. Modulen för jorden är där emellertid i regel mycket låg, vilket innebär att sättningarna blir stora. Mycket vatten skall således strömma ut och processen blir därmed långt utdragen i tiden. Endast en del av slutsättningen hinner inträffa under den tid som anläggningen dimensioneras för. Kortvariga låga grundvattentryck inverkar därför inte så mycket på sättningarna som en analys baserad på lägsta grundvattentryck skulle ange. Vilket värde på grundvattentrycket som bör läggas till grund för sättningsanalysen är beroende av en rad faktorer varav de viktigaste är

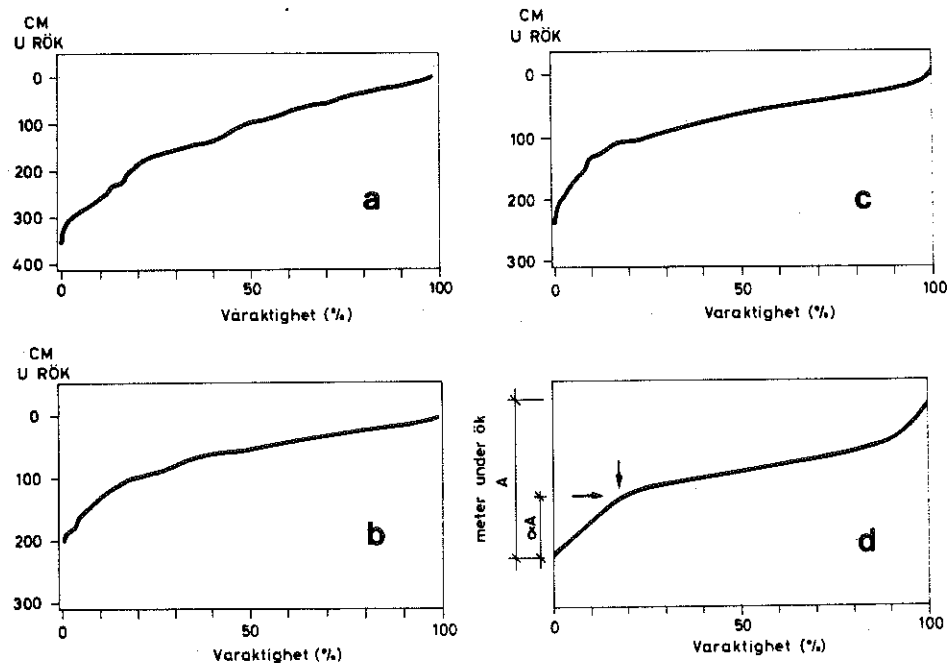
- dimensioneringsperiod
- jordlagrets mäktighet och permeabilitet
- varaktigheten i varje enskild period för grundvattentryck lägre än det valda värdet.

Frågeställningen kan något förenklat framställas som, vilket värde skall α ges så som det definieras i figur 2. Storleken på den skrafferade arean L ger ingen vägledning, enär randen endast är en yttre begränsningslinje för alla uppmätta portryck, och inte avslöjar något om varaktigheten.



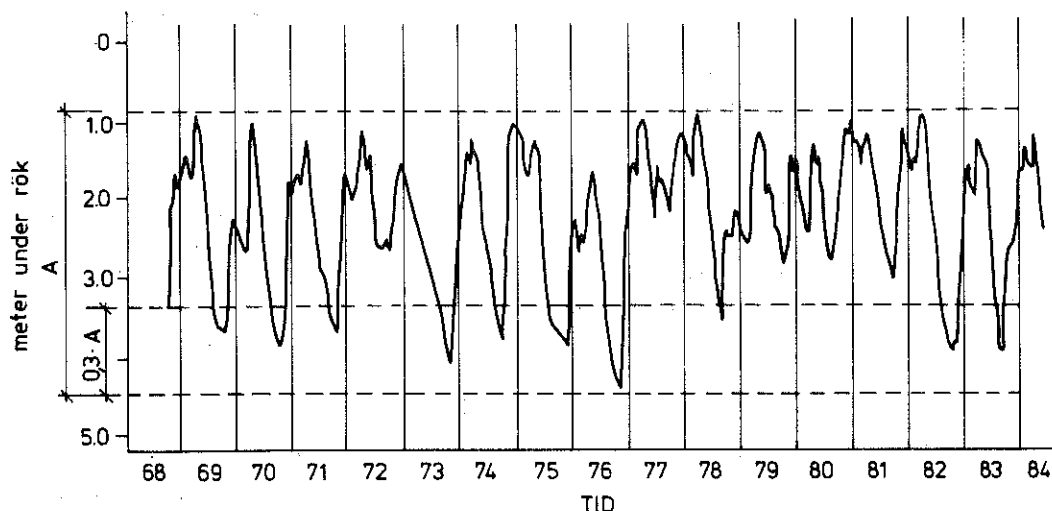
Figur 2 Definition av α , α är ett mått på hur stor del av variationsbredden som man kan bortse ifrån. Kurvorna representerar de högsta och lägsta nivåerna under hela mätserien för respektive datum.

Mätserierna har istället valts så att ett visst antal mätvärden med lika tidsavstånd valts ut för varje år. Dessa har sedan behandlats som en fördelning och ett varaktighetsdiagram (= fördelningsfunktion) för varje rör har kunnat ritas. Exempel på ett par sådana ges i figur 3.



Figur 3 Varaktighetsdiagram för grundvattennivå. a-c) är exempel för tre långa mätserier, d) är ett stiliserat varaktighetsdiagram.

På ordinatan återfinns grundvattentrycket och på abscissan varaktigheten, alltså hur stor andel av tiden som grundvattentrycket är lägre än det aktuella värdet. Kurvorna avser tidsperioder på 10-20 år. De flesta kurvor har ett ganska karakteristiskt utseende av den typ som anges i figur 4.



Figur 4 Exempel på konsekvens av $\alpha = 0,3$ för dimensionerande grundvattentryck vid sättningsberäkning.

En rimlig ansats skulle vara att välja det värde på α som erhålls vid knycken så som antytts i figur 3d. Att välja ett högre värde medför marginella "vinster" eftersom varaktigheten ökar mycket även för små öknings av grundvattentrycket.

En genomgång av drygt tjugotalet varaktighetsdiagram gav vid handen att en utvärdering enligt ovan pekade mot ett värde på $\alpha \approx 0,3$. Med användande av $\alpha = 0,3$ erhöles varaktigheter på mellan 6 och 15% med ett medelvärde på 10%. Exempel på vad $\alpha = 0,3$ innebär för en mätserie visas i figur 4.

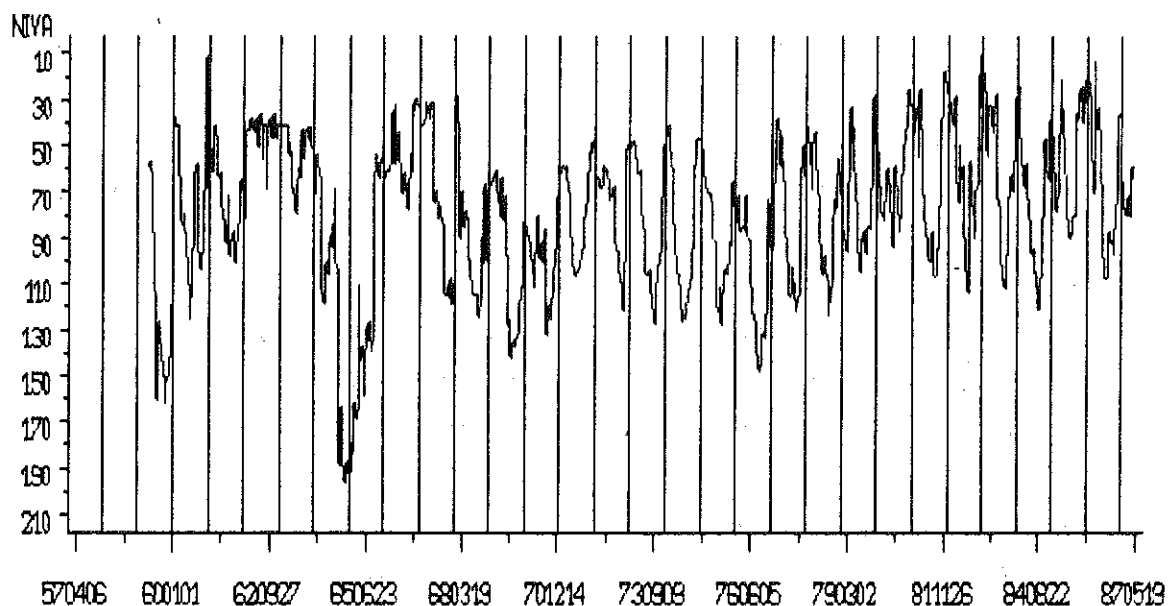
Genomgång av ett antal exempel visar, att vid dimensioneringstider på 50 å 60 år och typiska svenska leror med mäktigheter på 10 m eller mer, är $\alpha = 0,3$ ett rimligt värde. Om mäktigheten är mindre, eller då lerhalten är klart under 40%, kan ett lägre värde på α behöva väljas.

1.2 Grundvattennivåvariationer

Grundvattenytan i en öppen akvifer och grundvattentryckytan i en sluten akvifer kan betraktas som ett mått på akviferens fyllnadsgrad. Akviferen är ju bara ett mellanlager för grundvattnet på dess väg mellan infiltration och utflöde i vattendrag eller hav. Infiltrationens storlek bestäms av nederbördens storlek och tidsfördelning, marktemperaturen och markförhållanden (topografi, markmaterial, lagerföljd, permeabilitet o s v). Avtappningen av akviferen är i samma storsleksordning som tillförseln via infiltrationen, men sker i ett lugnare och mindre varierat tempo. Skillnaderna mellan tillförsel och avtappning ger sig till känna som en varierad vattennivå i den öppna akviferen (eller trycknivå i den slutna akviferen). Denna variation är således avhängig av ett stort antal faktorer, av vilka några i sin tur varierar i tiden (nederbörd, avrinning, lufttemperatur, marktemperatur, lufttryck m fl). Förutom dessa naturliga variationer kan grundvattennivån i vissa områden vara påverkad av mänsklig aktivitet. Grundvattenuttag, ledningsdragningar och tunneldrivning är exempel på aktiviteter som kan påverka grundvattennivån över stora områden. Exempel på normala grundvattennivåvariationer i västra Sverige visas i figur 5.

Grundvattennivåvariationerna har olika storlek (= variationsbredd = dubbla amplituden) och förlopp i tiden (ung. svängningstid). Vissa nivåförändringar sker sakta och har kanske ringa storlek medan andra kan ske fort och med större utslag. Vissa nivåvariationer kan bara märkas i sluten akvifer medan andra bara uppträder i bergborrhål.

Man kan indela grundvattnets nivåvariationer i olika typer efter varaktigheten. Vi har här bara användning för de variationer som uppträder i jordakviferer och som varar ett dygn eller längre. Av speciellt intresse för byggaren är årsvariationer och långtids-trender.



Figur 5 Grundvattennivån i rör 13004 i Djurarpsdalen vid Varberg under perioden 1959-1987. (Data från grundvattennätet.)

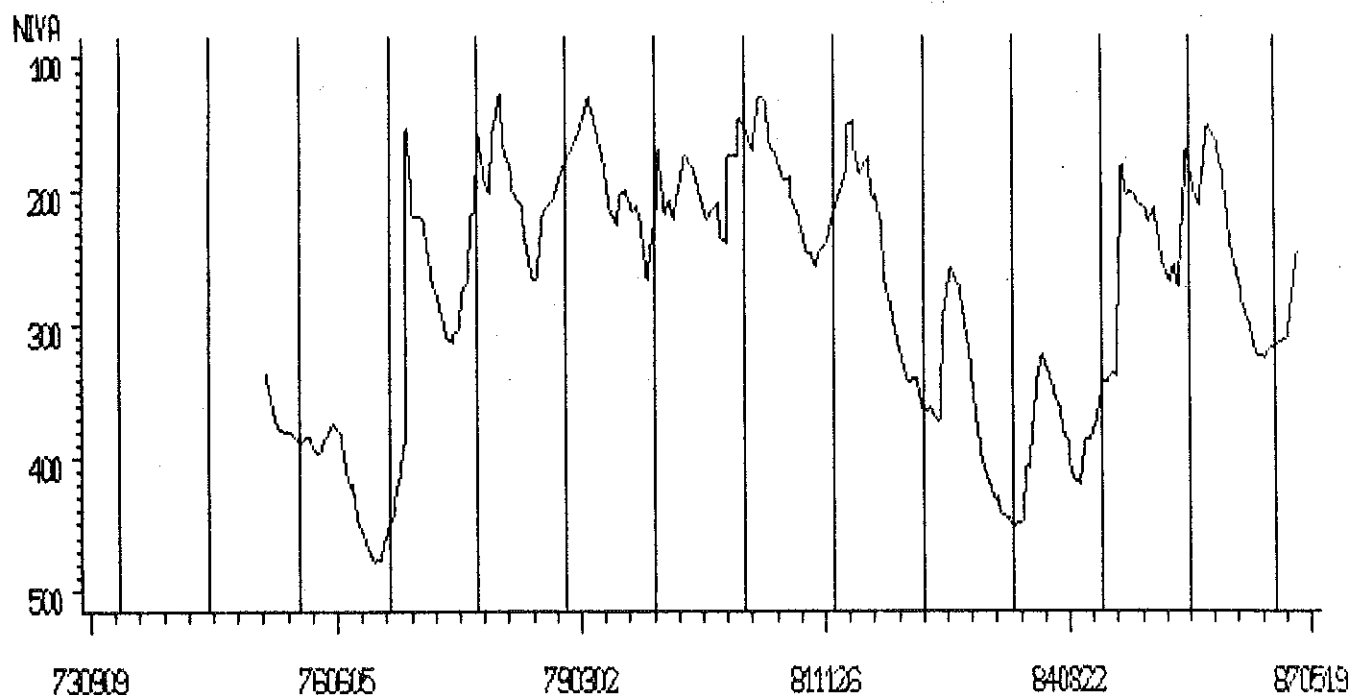
1.2.1 Långtidsvariationer

Naturliga variationer som har längre varaktighet än ett år beror av klimatvariationer mellan de olika åren. Vi har inget mått på vad som är normalnivå, utan får jämföra med andra år under längre tidsperioder. Ju längre tidsperiod man kan undersöka desto bättre. Vi har i Sverige dock tämligen korta grundvattennivåmätserier från opåverkade områden. Den längsta svenska mätserien finns från Abiskoområdet (SGU område 39), där vattennivån i en brunn är uppmätt sedan oktober 1955. De längsta mätserierna från södra Sverige finns från tre observationsrör i Djurarpsdalen, Varberg (SGU område 13), där man började mäta i april 1959 (SGU, R&M nr 43, 1985), se figur 5. Inom parentes kan nämnas att det i England finns en mätserie som påbörjades 1836 (Svensson, 1984)!

I och med att nederbörden varierar från år till år kan man förvänta att också grundvattenytans medelvärde under olika år varierar. Detta kan man belysa med en enkel (i Sovjet konstruerad) formel, där man använder en eller flera långa observationsserier. För en serie beräknar man först respektive års medelvärde. Där-

efter kan man beräkna ett årsindex genom att dividera skillnaden mellan medelvärdets höjd över hela seriens minvärde och hela seriens variationsbredd. Detta index antar värden mellan 0 (lägsta observerade nivå) och 1 (högsta observerade nivå).

I vissa fall går långtidvariationerna fram, t ex då de årliga variationerna är mindre än de cykliska variationer som har en period på ca 10 år. Ett exempel är vattennivån i rör 66001 i Kindaområdet i södra Östergötland, se figur 6. Där har under tiden 1975-87 de årliga variationerna varit ca 1,5 m (förutom 1976, 1982 och 1983). De årliga minvärdenas variation varierar mer än 2,3 m under observationsperioden. Detta rörs extrema vattennivåer går ej att prognostisera med nuvarande prognosmetod! Detta eftersom de kortvariga variationerna är relativt små jämfört med de långvariga.



Figur 6 Grundvattennivån i rör 66001 i Kindaområdet i södra Östergötland under perioden 1976-87. Här framgår tydligt långtidsvariationer hos vattennivån. Under perioden 1975-87 var variationerna hos de årliga lågnivåerna av samma storleksordning som de årliga variationerna. (Data från SGU, Grundvattennätet)

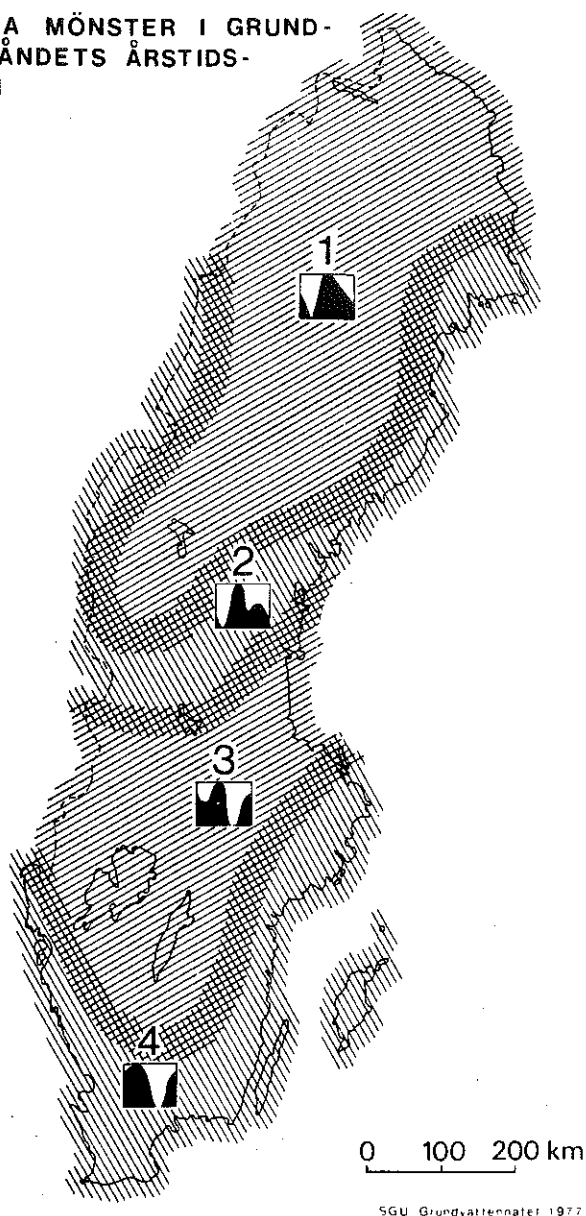
1.2.2 Årstidsvariationer och årsvariationer

I vårt klimat har vi stora skillnader mellan de olika årstiderna vad gäller t ex nederbörd och temperatur. Vi har också olikheter mellan olika delar av landet. Dessa olikheter kan vi direkt spåra i grundvattenytans variationsmönster. Under perioder med nederbörd stiger grundvattenytan och under torrperioder sjunker grundvattnet igen. Nederbördsmängden och nederbördsperiodens längd styr högvattennivåns storlek och varaktighet. Torrperiodens längd styr hur långt grundvattnets hinner sjunka undan (akviferen avtappas genom avrinning) innan nästa nederbördstillfälle inträffar. Köldperioder fungerar som torrperioder eftersom nybildningen av grundvatten i ytnära magasin är mycket liten om ens någon. Det i snö och tjäle magasinerade vattnet kommer sedan att tillföras akviferen under våren. Töperioder fungerar således som våtperioder.

En normal grundvattennivåbild från ett observationsrör i södra Sverige uppvisar en lågnivå under sensommaren och en högnivå under hösten-vintern-våren. I de områden där snömagasinering och tjäle kan inverka påtagligt uppträder högnivå under våren, års-lägsta under sensommaren, en mindre högnivå under hösten och en mindre accentuerad lågnivå under senvintern. I norra Sverige tar snö- och tjälemagasineringen över handen och ger de största förändringarna (fördröjningar) hos grundvattennivån med lågnivå under senvintern och högnivå under sommaren. En sammanställning har utförts av Grundvattennätet, se figur 7. En normal bild över grundvattenytans nivåförändringar i regim 4 under tiden 1959 - 1987 finns i figur 5.

Vid studier av olika klimatparametrar har man funnit att när man har mätserier som omfattar flera år behöver man indela i årsperioder som inte sammanfaller med kalenderåret. De så modifierade årsperioderna kallas hydrologiska år. Det hydrologiska året skall starta då de olika magasinens fyllnadsgrad är som lägst. För avrinningsstudier brukar man i Sverige använda 1 sept eller 1 okt som indelningsgräns.

REGIONALA MÖNSTER I GRUND-
VATTENSTÅNDETS ÅRSTIDS-
VARIATION



Figur 7 De fyra typmönstren hos grundvattnets nivåvariation under året i olika delar av Sverige. Varje ruta representerar ett år och en "enhetsvariationsbredd". Regim 3 och 4 är typiska för södra Sverige. Regim 4 är något olika i väster och öster. (SGU, Grundvattennätet)

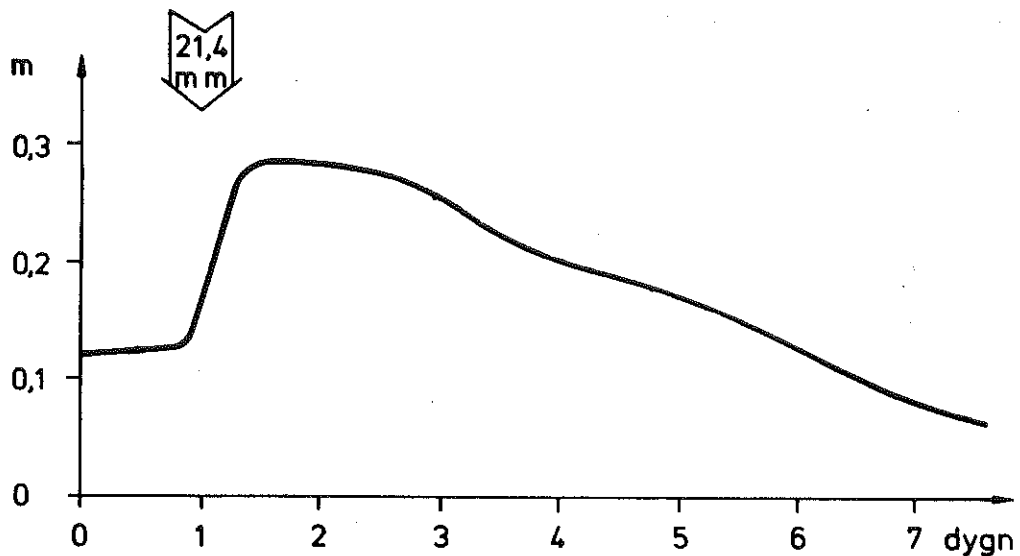
Det vore ganska rimligt att använda samma indelning för grundvattennivåer, men detta blir inte helt bra. Grundvattenmagasinens fyllnadsgrad avspeglas direkt i grundvattennivån. Med mätningar minst varannan vecka får man en bra bild av magasinens fyllnadsgrad. I Sverige inträffar normalt lägsta grundvattennivå under

sommarens senare del. Det är dock ganska vanligt med förskjutningar åt ena eller andra hållet. I Norrland inträffar normalt lägsta grundvattennivån strax före vårfloden, dvs efter vinterns "torrperiod". För att undvika missvisande extremvärden, som kan uppkomma om man använder ett bestämt datum som indelningsgräns, har vi funnit att det är bättre att använda en ojämn årsindelning, vilken bestäms av de årliga lägsta nivåerna (Svensson, 1984).

Vid bearbetningen av grundvattendata från Stockholmsområdet fann vi att spridningen av min-värdena var ganska stor under året. Ett par år har lägsta års-min inträffat under senvinter eller vår. Min-värde från senvinter är inte relevant eftersom det då finns stora mängder vatten ansamlad i snötäcke och i tjäle (Svensson & Sällfors, 1988). För automatiskt uttag med dator av extremvärden ur mätserier har vi därför valt att anta det min-värde som infaller under perioden 1 juni - 31 dec som mest relevant och indela åren därmed. Vi får härvid hydrologiska år för grundvatten med varierande längd, men med korrekta min-värden. Respektive års max-värde har därefter uttagits däremellan.

1.2.3 Korttidsvariationer

Grundvattenytans variation dag för dag är direkt knuten till rådande temperatur och fuktighetsförhållanden med viss tidsfördröjning. I slutet akvifer är fördröjningen liten - i storleksordningen timmar. I öppna akvifer är fördröjningen längre - i storleksordningen dygn. I figur 8 visas vattennivån i ett observationsrör under en veckas tid i en ganska liten slutet akvifer. I början av veckan inträffar ett regn varvid vattennivån stiger ganska snabbt. Efter det att stigningen upphört planar kurvan ut och något dygn senare börjar vattennivån sjunka igen. Avsänkningen går betydligt långsammare än stigningen. Av andra kurvor framgår att avsänkningen är snabbast under försommarens torrperioder när vegetationen suger upp mycket vatten. Avsänkningen kan då vara närmare decimetern per dygn, men mer normalt är den ett par centimeter. Detta förhållande kan man använda för att kontrollera rimligheten i egna intermittenta mätningar.



Figur 8 Grundvattennivåns variation under en vecka i observationsröret 52002. Ett regn faller tidigt under veckan med ty åtföljande snabb stigning. Efter viss tid faller vattenytan ånyo, men saktare än stigningen.

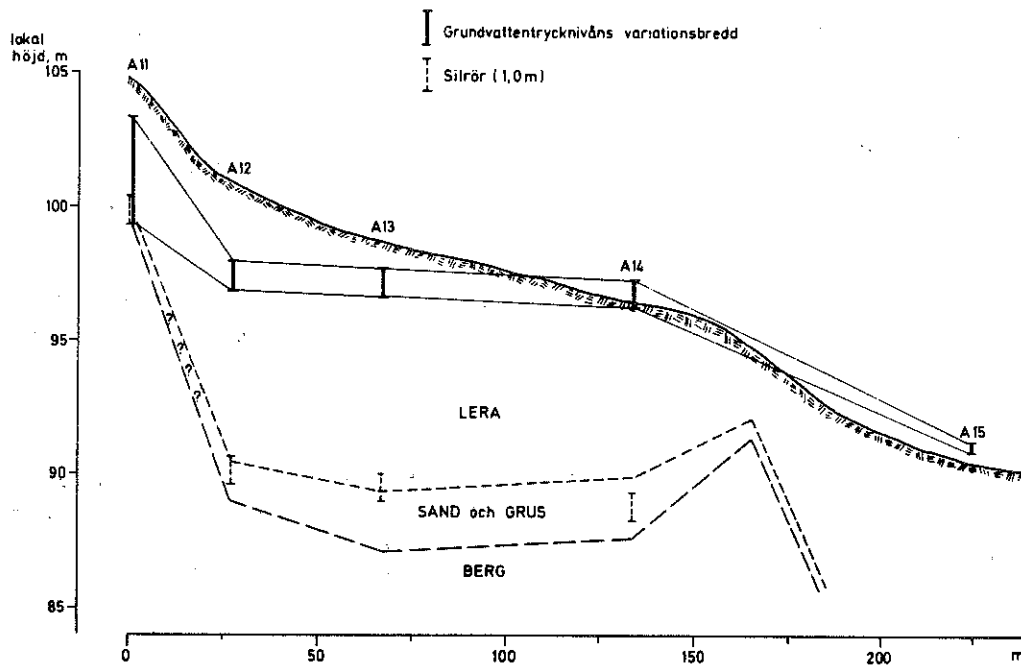
1.2.4 Faktorer som påverkar variationsbredden

Vattennivåns variationsbredd är olika på olika ställen på grund av skiftande topografi, geologiskt materiel och akvifertyp.

a) Terrängläge

Grundvattenytans djup under markytans brukar sägas följa terrängformen. Detta är en sanning med modifikation eftersom man finner att grundvattenytan ligger kanske flera meter djupt på höjderna medan vi finner artesiskt vatten i dalbotten. Detta beror på att grundvattnet hela tiden strömmar mot lägre nivåer. I dalbotten är avrinningen mer eller mindre uppdämd av olika orsaker medan den är tämligen fri i höjdlägen och dalsidor. I och med att nederbördens variation återspeglar i grundvattennivån kommer den att variera i höjdläget. I sluttningen och dalbotten tillförs vatten både i form av grundvatten och nederbördsinfiltration varför nivåvariationen minskar (medan den relativa totalnivån stiger). I dalbotten har vi tillflöde från nederbörd, grund-

vatten från dalsidorna och grundvatten längs dalbotten. Detta medför att vi får ett mer utjämnat förlopp eftersom de alla har olika fasförskjutning relativt nederbördens "input". Ett exempel på detta finns i figur 9.



Figur 9 Grundvattennivåns variation i olika delar av samma sluttning. I högläge stora variationer och i lågläge små variationer. (Svensson, 1984)

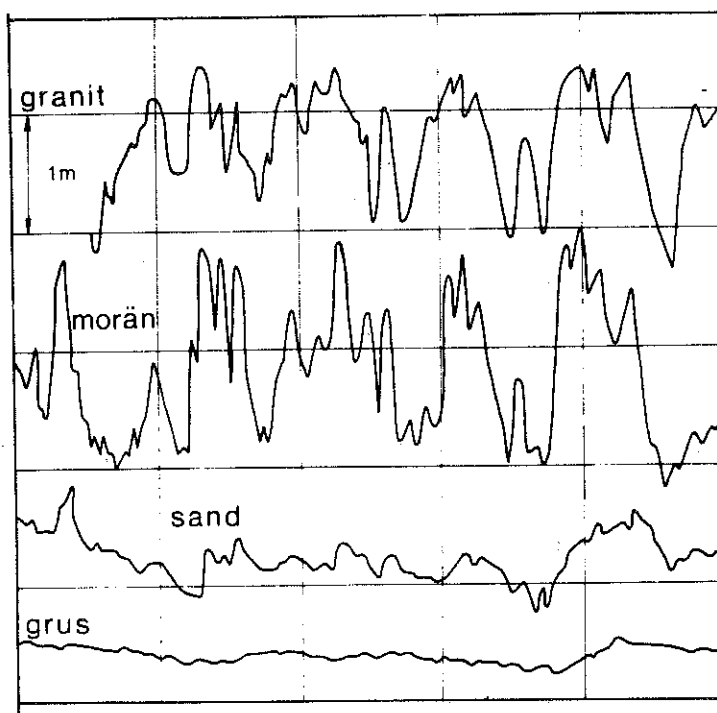
b) Akvifertyp och -material

Förutom beroendet av terrängläget får grundvattennivåförändringarna olika förlopp i olika akvifertyper.

I den slutna akviferen blir nederbördstillskottet närmast ett trycktillskott som fortplantas fort i akviferen - några timmar efter en större regnskur har vattenpulsen nått ut i akviferen.

I den öppna akviferen måste vattenpulsen föras ner genom den omättade zonen. Tidsåtgången för detta blir således beroende av den hydrauliska konduktiviteten hos markmaterialet och zonens mäktighet. När den omättade zonen är mäktig som fallet kan vara i en rullstensås blir vattennivåförändringarna åtskilligt fördröjda. När materialet är grovt hinner den tillförda vattenpulsen

spridas med ungefär samma hastighet i akviferen som i den omätade zonen. Detta ger således stor utjämning av vattennivån i de grovkorniga öppna akvifererna. Några exempel på detta finns i figur 10.

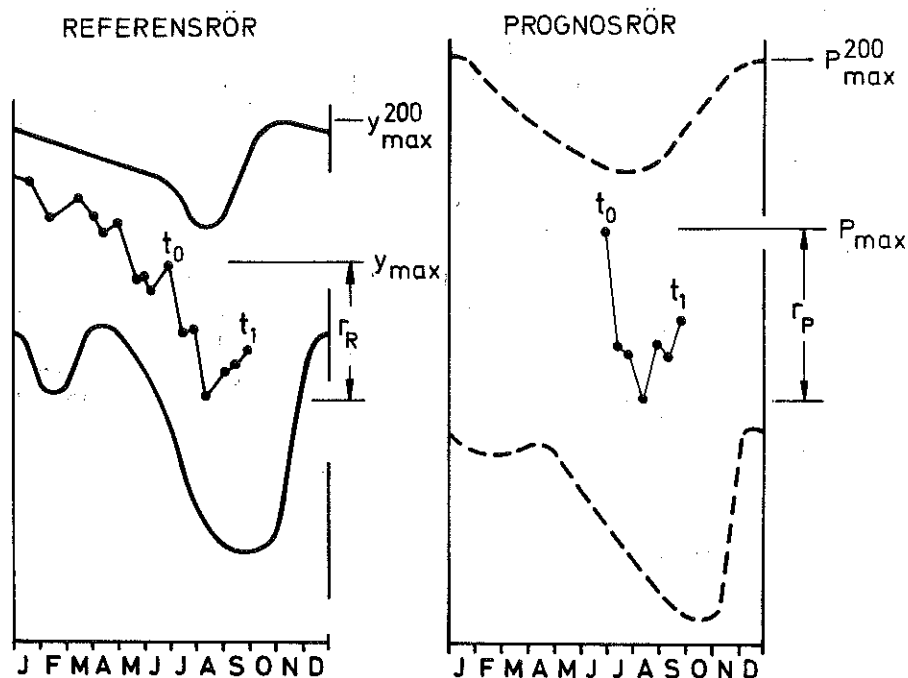


Figur 10 Grundvattennivåns variation i olika akviferer och -material under 5 år. (Knutsson & Fagerlind, 1977)

1.3 Prognos av högsta grundvatten(tryck)nivå

När ett område skall bebyggas är det ganska sällan som det finns några längre mätserier av grundvattentrycket i det aktuella området. Vanligen görs mätningar av grundvattentrycken endast i samband med projekteringar och mätperioden är då endast någon eller några månader. En viktig iakttagelse är att grundvattentrycken i närbelägna akviferer samvarierar. Även om "amplituderna" är olika synes grundvattentrycksvariationerna tidsmässigt stämma överens om man inte har för stora krav på tidsupplösningen. Dessutom är variationerna under en kort tidsperiod i stort proportionella mot den totala variationsbredden. I ett omfattande forskningsprojekt har följande hypotes studerats och funnits fungera väl.

I den akvifer där ett dimensionerande grundvattentryck skall bestämmas bör grundvattentrycket mätas med avläsning två gånger per månad under minst tre månader. Den maximala variationsbredden, se figur 11, jämförs sedan med ett utvalt referensrör, för vilket långtidsobservationer finns.



Figur 11 Beteckningar för beräkningsmetodens formler för max-nivåer.

Det dimensionerande grundvattentrycket i den nya akviferen beräknas enligt beteckningar i figur 11 med följande formler:

$$P_{\max}^{200} = P_{\max} - S_R^{200} \cdot \frac{r_P}{r_R} \quad (5a)$$

där

$$P_{\max} = \text{maximinivå i prognosröret under beräkningsperioden } t_0-t_1$$

$$S_R^{200} = |y_{\max} - y_{\max}^{200}| \quad (6a)$$

$$y_{\max} = \text{maximinivån för referensröret under beräkningsperioden } t_0-t_1$$

$$y_{\max}^{200} = \text{maximinivå för referensröret med återkomsttiden 200 år}$$

r_p = variationsbredden hos grundvattennivån i prognosröret under beräkningsperioden t_0 - t_1

r_R = variationsbredden hos grundvattennivån i referensröret under samma period.

Beräkningen utförs lämpligen med successivt förlängd observationsperiod.

Två saker måste särskilt beaktas innan ovanstående hypotes kan användas:

- A. De bägge områden där referensröret och prognosröret är belägna måste ligga tillräckligt nära varandra, i samma klimatzon. Detta avstånd bör nog inte vara mer än ca 50 km. Det blir bättre med flera referensrör.
- B. Tillförlitligheten i prognosen ökar om prognosröret och referensröret har likartade lägen i respektive akvifer (högläge, lågläge etc).

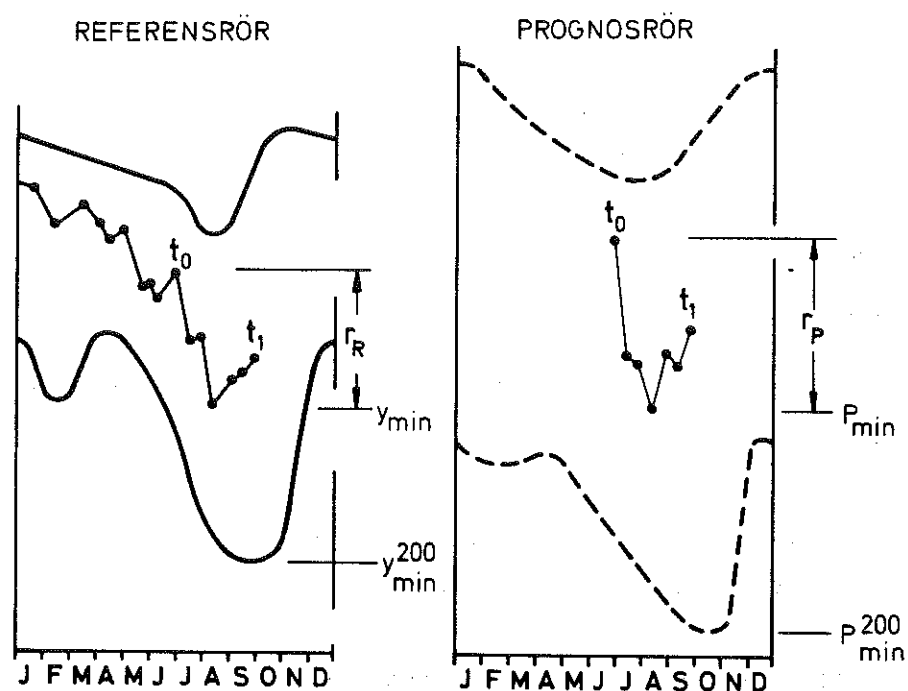
Ovanstående hypotes är inte invändningsfri, men den har nu systematiskt testats på 111 grundvattenrör, för vilka långa mätserier med lagom stor variationsbredd hos vattennivån finns. Det är författarnas uppfattning att med hjälp av denna hypotes beaktas grundvattentryckets variationer och tillförlitligheten i en brottanalys höjs väsentligen i förhållande till tidigare praxis.

1.4 Prognos av lägsta grundvattentryck

Med samma förutsättningar som vid bestämning av högsta grundvattentryck får vi med beteckningar i figur 12 följande formler för beräkning av lägsta grundvattentryck:

$$p_{\min}^{200} = p_{\min} - Q_R^{200} \cdot \frac{r_p}{r_R} \quad (5b)$$

där



Figur 12 Beteckningar för beräkningsmetodens formler för min-nivåer.

$P_{\min}$ = miniminivån i prognosröret

$$Q_R^{200} = |y_{\min}^{200} - y_{\min}| \quad (6)$$

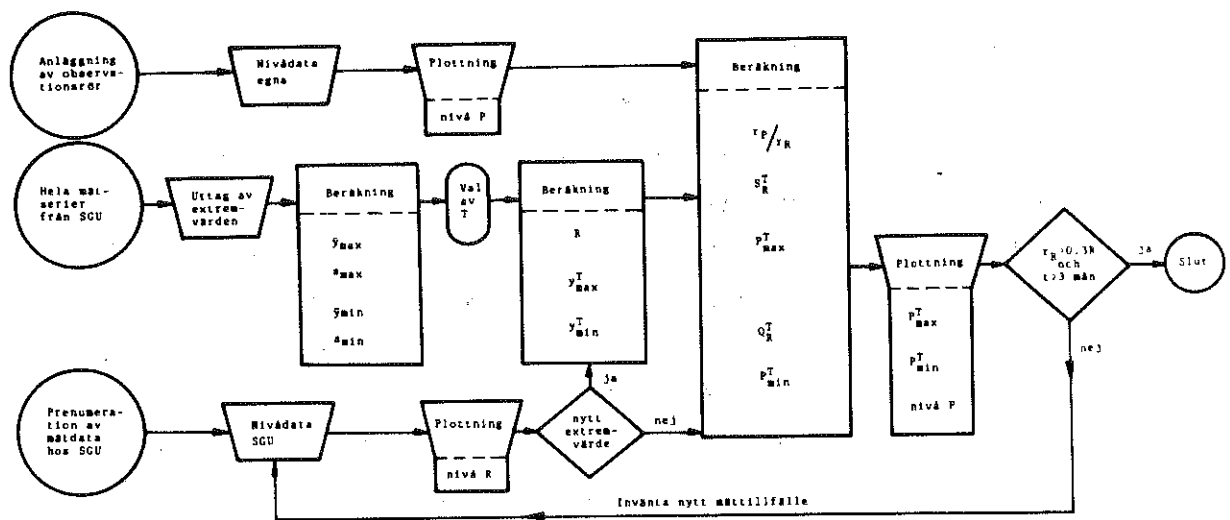
$y_{\min}^{200}$ = miniminivå för referensröret med återkomsttiden 200 år

$y_{\min}$ = miniminivå för referensröret under beräkningsperioden t_0-t_1

r_P = variationsbredden hos grundvattennivån i prognosröret under beräkningsperioden t_0-t_1

r_R = variationsbredden hos grundvattennivån i referensröret under samma period

Beträffande mätperiodens längd och rörens placering gäller samma rekommendationer som för beräkning av maximinivåer.



Figur 13 Arbetsschema för prognostisering av max- och min-nivåer.

2 REFERENSRÖR

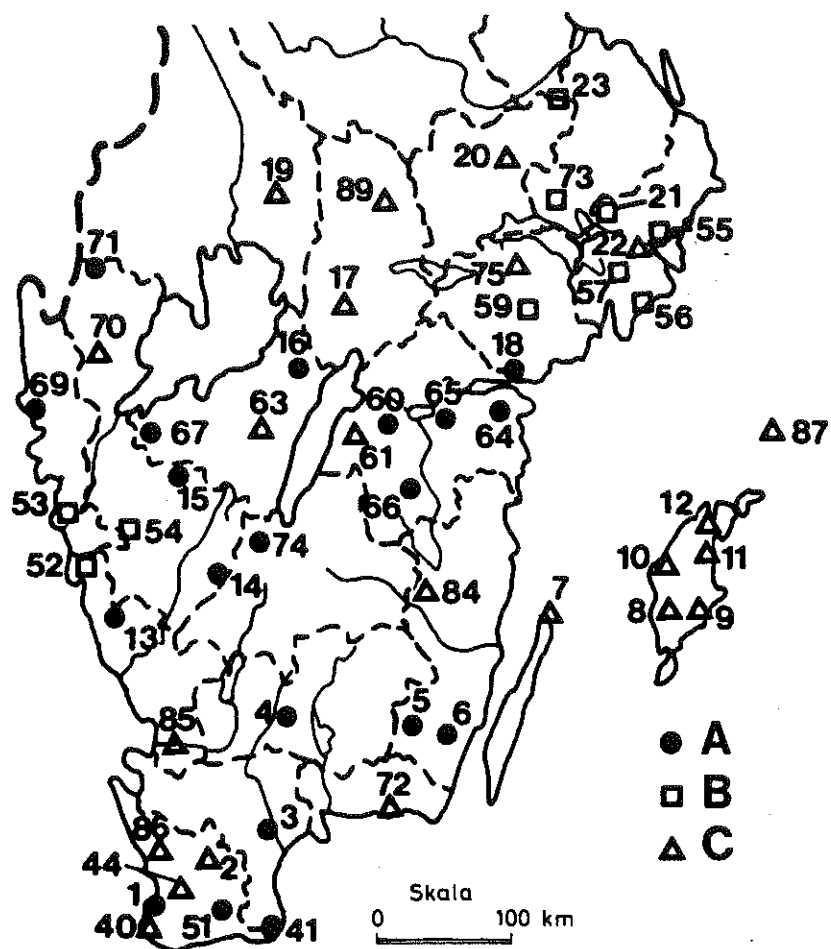
Med referensrör menar vi ett grundvattenobservationsrör med lång observationsserie och känd hydrogeologisk status. I Sverige finns hos Sveriges geologiska undersökning sedan mitten av 1960-talet en insamlingsenhet för grundvattennivådata benämnt Grundvattennätet. Detta organiserar insamling av data från ca 70 områden i landet, vardera med ett antal observationspunkter. Grundvattennivåer uppmättes manuellt två gånger per månad (15:e och sista i varje månad är riktdatum). Rören i referensområdena är vanligen sk 2" stålrör eller galvaniserade järnrör drivna med hejarbock. I området utanför storstadsregionerna finns i södra Sverige 34 referensområden, varav vi bearbetat data från 20, se figur 14. Vi har inte funnit anledning att bearbeta data från områden på Öarna i Östersjön. Siffrorna anger områdets nummer i databasen. Rören har sedan tresiffriga nummer inom varje område. Rör nio i område nr 16 Tiveden kallas således 16009.

För exemplifiering av beräkningsmetoden har vi i denna skrift använt rören 16025 och 16029. Dessa rör är belägna i Tiveden-området. Avståndet mellan rören är cirka 2 km.

2.1 Statistisk behandling av årliga max- och minimivärden i referensrör

För att kunna utnyttja referensrörens långa mätserier så mycket som möjligt är en statistisk behandling nödvändig. Målet för denna är att få ett begrepp om storleken av de årliga högsta och lägsta nivåerna under en längre tidsperiod än den aktuella 10-20 årsperioden. Genom ett större antal bearbetningar av längre mätserier (upp till 120 år) har vi funnit att vi kan utnyttja normalfördelning (Svensson 1984).

För prognos av höga eller låga nivåer med normalfördelning behöver man räkna ut medelvärde och standardavvikelse för serien av årliga max-värden resp. min-värden. Därefter beräknar man extremvärdet med en enkel formel. Härvid skall man veta vilket återkomstintervall man skall använda ("riskbedömning").



Figur 14 Referensområden för grundvattennivå i södra Sverige. A = områden som behandlas i denna skrift, B = områden i Göteborgs- och Stockholmsområdena (se Svensson & Sällfors, 1985 respektive 1988), C = områden som ej behandlats för prognosmetoden.

Maximivärdet med visst återkomstintervall (T) beräknas som

$$y_{\max}^T = \bar{y}_{\max} \pm t_T s_{\max} \quad (7)$$

där

- $\bar{y}_{\max}$ = medelvärdet av de N maximivärdena
- $s_{\max}$ = standardavvikelsen för dessa
- t_T = frekvensfaktor enligt tabell 1.

Tabell 1 Frekvensfaktorn t_T för normalfördelning vid olika återkomstintervall T (Pearson & Hartley, 1972).

T år	t_T
10	1.2816
20	1.6449
50	2.0538
100	2.3264
200	2.5758
500	2.8782

Arbetsgång vid behandling av de årliga extremvärdena:

- 1) rangordna maximivärdena eller minimivärdena för referensröret.
- 2) beräkna plottnings sannolikhet med Weibulls formel:

$$P = (N+1-m)/(N+1) \text{ för max-värden} \quad (8)$$
- 3) plotta på normalfördelningspapper
- 4) beräkna medelvärde $\bar{y}_{\max}$ (eller $\bar{y}_{\min}$)
- 5) beräkna standardavvikelsen $s_{\max}$ (eller $s_{\min}$)
- 6) beräkna extremvärde med önskvärt återkomstintervall med ekvation 7. Återkomstintervallet $T = 1/P$.

Exempel A

Beräkning av grundvattennivåns maximivärde i rör 16029 med återkomsttiden 100 år och 200 år. Basdata ur bilaga 1, rangordnade i fallande skala.

Moment 1)+2) utföres i tabell 2A.

Tabell 2A Beräkning av plottnings sannolikheter för referensröret 16029, årliga maximinivåer. Från lägsta till högsta nivå.

Rang m	Max.nivå (cm)	År	Plot.sann p
1	180	1975-76	0.105
2	96	73-74	0.158
3	80	72-73	0.211
4	73	78-79	0.263
5	67	79-80	0.316
6	66	86-87	0.368
7	64	71-72	0.421
8	60	74-75	0.474
9	59	76-77	0.526
10	56	82-83	0.579
11	54	83-84	0.632
12	54	81-82	0.684
13	54	77-78	0.732
14	53	70-71	0.789
15	49	84-85	0.842
16	47	80-81	0.895
17	40	85-86	0.947

Moment 3):

Dessa rangordnade värden $p_1 \dots p_{14}$ plottas på sannolikhetspapper, figur 15.

Moment 4):

$$\bar{y}_{\max} = (\sum y_{\max})/N = 67.8 \text{ cm} \quad (9)$$

Moment 5):

$$s_{\max} = \sqrt{(\sum y_i^2 - N\bar{y}^2)/(N - 1))} = 31.8 \text{ cm} \quad (10)$$

Moment 6):

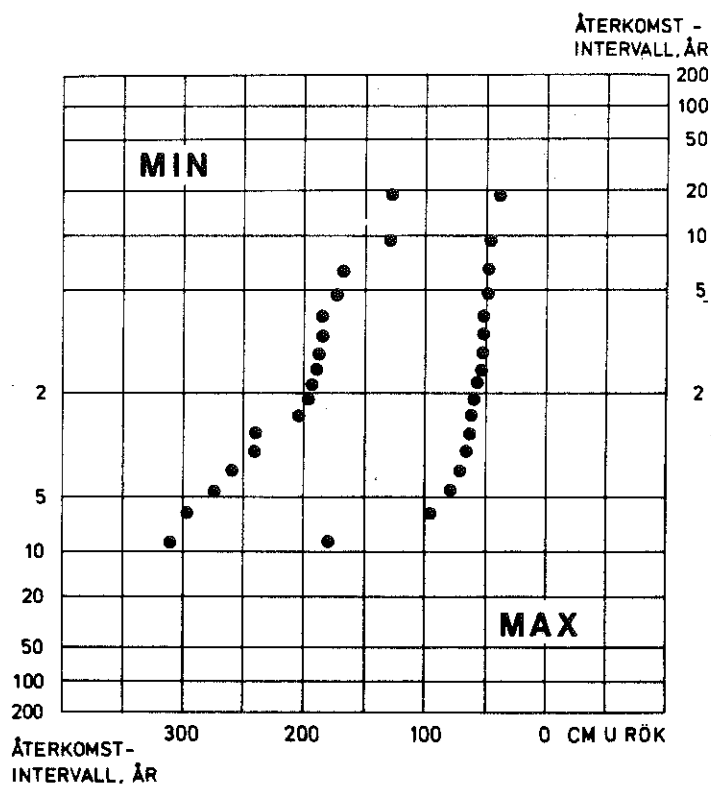
Beräkning av maximinivå i referensröret med återkomstintervallet 100 resp. 200 år (t ur tabell 1).

$$y_{\max}^{100} = \bar{y}_{\max} - t_{100} s_{\max} = 67.8 - 2.3264 \cdot 31.8 = -6 \text{ cm}$$

dvs 6 cm över röröverkant

$$y_{\max}^{200} = \bar{y}_{\max} - t_{200} s_{\max} = 67.8 - 2.5758 \cdot 31.8 = -14 \text{ cm}$$

dvs 14 cm över röröverkant



Figur 15 Plot av årliga maximivärden och minimivärden för grundvattennivån i referensrör 16029 under perioden 1970-87. Återkomstintervallet T är inverterade värdet av plottningssannolikheten P .

Exempel B

Beräkning av grundvattennivåns minimivärde i rör 16029 med återkomsttiden 100 år och 200 år. Basdata ur bilaga 1, rangordnade i fallande skala:

Tabell 2B Beräkning av plottningssannolikheter för referensröret 16029, årliga miniminivåer. Från lägsta till högsta nivå.

Rang m	Min.nivå (cm)	År	Plot.sann P
1	311	1976	0.105
2	298	1975	0.158
3	275	1973	0.211
4	260	1983	0.263
5	242	1978	0.316
6	241	1974	0.368
7	205	1980	0.421
8	197	1977	0.474
9	194	1972	0.526
10	190	1986	0.579
11	188	1979	0.632
12	183	1982	0.684
13	182	1970	0.737
14	173	1971	0.789
15	169	1984	0.842
16	130	1985	0.895
17	130	1981	0.947

Moment 1)+2) i tabell 2B.

3) Dessa rangordnade värden $p_1 \dots p_{14}$ plottas på sannolikhetspapper, figur 15.

$$4) \quad \bar{y}_{\min} = (\sum y_{\min})/N = 209.9 \text{ cm} \quad (11)$$

$$5) \quad s_{\min} = \sqrt{(\sum y_i^2 - N\bar{y}^2)/(N - 1))} = 53.2 \text{ cm} \quad (12)$$

6) Beräkning av miniminivå i referensröret med återkomstintervallet 100 resp. 200 år (t ur tabell 1).

$$y_{\min}^{100} = \bar{y}_{\min} - t_{100} s_{\min} = 209.9 + 2.3264 \cdot 53.2 = 334 \text{ cm}$$

$$y_{\min}^{200} = \bar{y}_{\min} - t_{200} s_{\min} = 209.9 + 2.5758 \cdot 53.2 = 347 \text{ cm}$$

3 PROGNOS

Prognosmetoden innebär att korttidsvariationerna av grundvattentrycket i en ny akvifer (prognosrör) jämförs med variationerna i en känd akvifer (referensrör) under samma tidsperiod, figur 11 och 12. Med hjälp av en formel baserad på statistisk analys av referensröret kan högsta eller lägsta grundvattentryck med en viss återkomstperiod bestämmas. Under förutsättning att de bägge akvifererna ligger i samma klimatzon och ej på alltför stort avstånd från varandra blir tillförlitligheten hos det beräknade extremvärdet på grundvattentrycket hög eller mycket hög. Svårigheten ligger i att bestämma det område för vilket ett prognosrör kan användas, liksom hur lång mätperioden bör vara. I de flesta fall har mätperioden 3 mån. befunnits vara tillfyllest, men i vissa fall bör den vara längre. Vid förlängning av mätperioden erhålles vanligen bättre resultat.

De områden där referensrören är belägna visas i figur 14.

3.1 Prognosrör

För prognostiseringen erfordras minst ett observationsrör i det aktuella området. Med två eller flera observationsrör i samma område kan man dessutom kontrollera att mätvärdena man har är rimliga. Detta kan man kontrollera på flera sätt. Enklast är att rita upp mätvärdena successivt och se om kurvorna följer varandra något så när. Enstaka hopp kan tyda på slumpmässiga fel såsom felavläsning eller fel avskrift. Om man har svårt att på detta sätt avgöra om det föreligger något fel kan man lättare avgöra detta genom att plotta 2 rörs mätvärden mot varandra i en x-y-plot (i tidsföljd). Härvid kommer eventuella avvikande värden att "hoppa" åt sidan från en i grova drag diagonal plotkurva (se Svensson, 1984).

3.2 Val av referensrör

Största kravet på lämpligt referensrör är att det har tillräckligt lång observationstid (minst 15 år) och att mätningen utförts minst 1 gång per månad tidigare och 2 gånger per månad nu.

3.3 Beräkningsexempel

För demonstration av beräkningsmetoden har vi valt att prognostisera rör 16025 i Tiveden-området med hjälp av rör 16029 i samma område. Det är bara 2 km mellan rören och vi har mer eller mindre slumpmässigt valt 851015 som startdatum. För kontroll av hur prognosen lyckas har vi beräknat max- och minvärden med normalfördelningsformeln: maximinivå med 200 års återkomsttid i rör 16025 är 141 cm och motsvarande miniminivå är 383 cm under rörets överkant.

Prognosberäkningar:

- * Referensrörets 16029 max.nivå = 40, min.nivå = 311 och således variationsbredden $R = 271$ cm (ur tabell 2A och B).
- * Man bör parallellt med observationsdata beräkna hur stor variationsbredden varit i referensröret under observationsperioden. Den bör vara större än 30% av variationsbredden under hela referensrörets livstid. Rådata i grundvattennätet är inte exakt den 15:e och sista (riktdatum). Om det skiljer mer än 5 dagar bör man beräkna rådata på rätt datum genom rätlinjig interpolation.

Uppritning av variationsbilderna för 16025 och 16029 i figur 16 och inledande beräkning i tabell 3.

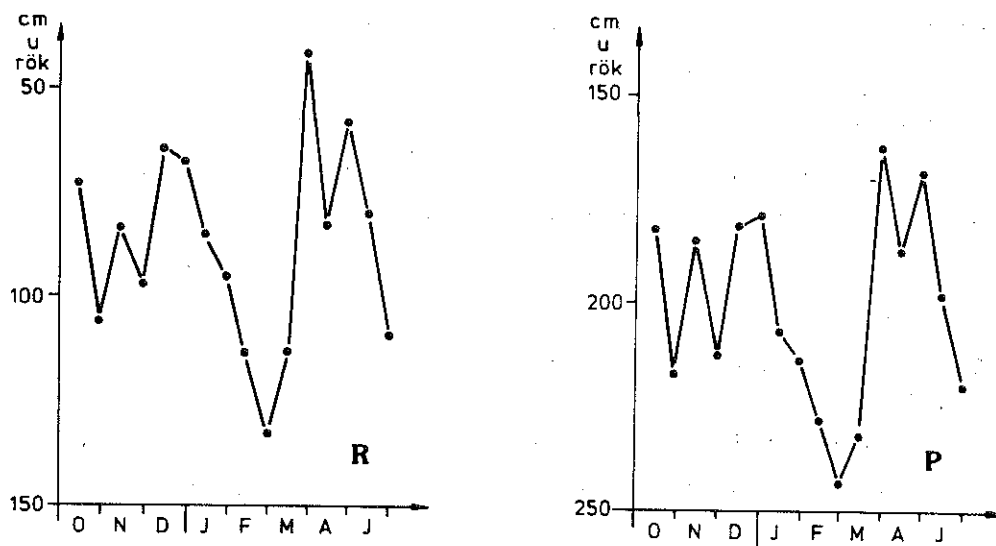
Referensrörets extremvärden

För rör 16029 föreligger data från 1970 och framåt. Ur dessa har årliga maximinivåer uttagits och rangordnats i exemplet i kapitel 2.1.

$$\begin{array}{ll} N_{\max} = 17 & \text{och} & N_{\min} = 17 \\ \bar{y}_{\max} = 67.8 \text{ cm} & & \bar{y}_{\min} = 209.9 \text{ cm} \\ s_{\max} = 31.8 \text{ cm} & & s_{\min} = 53.2 \text{ cm} \end{array}$$

Därefter beräknas extremvärden med önskvärt återkomstintervall 100 år och 200 år med ekv. (7). Detta är utfört under punkt 6) i avsnitt 2.1, därvid erhöles

$$\begin{array}{ll} y_{\max}^{100} = -6 \text{ cm} & y_{\min}^{100} = 334 \text{ cm} \\ y_{\max}^{200} = -14 \text{ cm} & y_{\min}^{200} = 347 \text{ cm} \end{array}$$



Figur 16 Grundvattennivån i referensröret 16029 och prognosröret 16025 under beräkningsperioden (851014 - 860531), cm under röröverkant.

Tabell 3 Rådata för 16029 och 16025 samt successiv beräkning av variationsbredden r_R i 16029.

Rådata		16025	16029	r_R		r_P
		cm u rök		cm	%	
0	851015	182	72	-	-	-
1	851031	218	105	33	12	36
2	851115	184	82	33	12	36
3	851130	213	97	33	12	36
4	851215	181	63	42	15	37
5	851231	179	67	42	15	39
6	860115	207	84	42	15	39
7	860131	214	94	42	15	39
8	860215	229	112	49	18	50
9	860228	244	132	69	25	65
10	860315	232	112	69	25	65
11	860331	162	40	92	34	82
12	860415	187	72	92	34	82
13	860501	168	58	92	34	82
14	860515	198	80	92	34	82
15	860531	220	109	92	34	82

Kommentar: Vi har här en ganska kort referensserie med 17 års observationstid. Man kan inte använda korta serier, utan de bör vara 15 år eller mer. Det som händer är att noggrannheten minskar i takt med N. Man skulle kunna infoga en korrektion härför, men det är inte värt besväret. Felen är inte större än några cm om man tar hänsyn till N och har troligen mindre betydelse än de övriga osäkerhetsfaktorer som finns inbyggda i denna tämligen enkla beräkningsmetod.

Därefter beräknas lägespositioner för den aktuella mätseriens 16029 hela variationsbild, dvs hur långt från resp. extremvärde som högsta resp. lägsta nivån under perioden ligger. Detta förändras när man räknar med successivt förlängd period. För t ex perioden 851015 - 860131 gäller (formel 6):

$$Q_R^{100} = y_{\min}^{100} - y_{\min} = 334 - 105 = 229 \text{ cm}$$

$$Q_R^{200} = y_{\min}^{200} - y_{\min} = 347 - 105 = 242 \text{ cm}$$

och efter nästa mätning, dvs under perioden 851015 - 860215 är

$$Q_R^{100} = y_{\min}^{100} - y_{\min} = 334 - 112 = 222 \text{ cm}$$

$$Q_R^{200} = y_{\min}^{200} - y_{\min} = 347 - 112 = 235 \text{ cm}$$

Därefter utförs successiva beräkningar av

- kvoten r_p/r_R
- produkterna $S_R^{100} \cdot r_p/r_R$, $S_R^{200} \cdot r_p/r_R$ och motsvarande för Q_R
- differenserna $P_{\max}^{100} = P_{\max} - S_R^{100} \cdot r_p/r_R$
 $P_{\max}^{200} = P_{\max} - S_R^{200} \cdot r_p/r_R$

samt

$$P_{\min}^{100} = P_{\min} + Q_R^{100} \cdot r_p/r_R$$

$$P_{\min}^{200} = P_{\min} + Q_R^{200} \cdot r_p/r_R$$

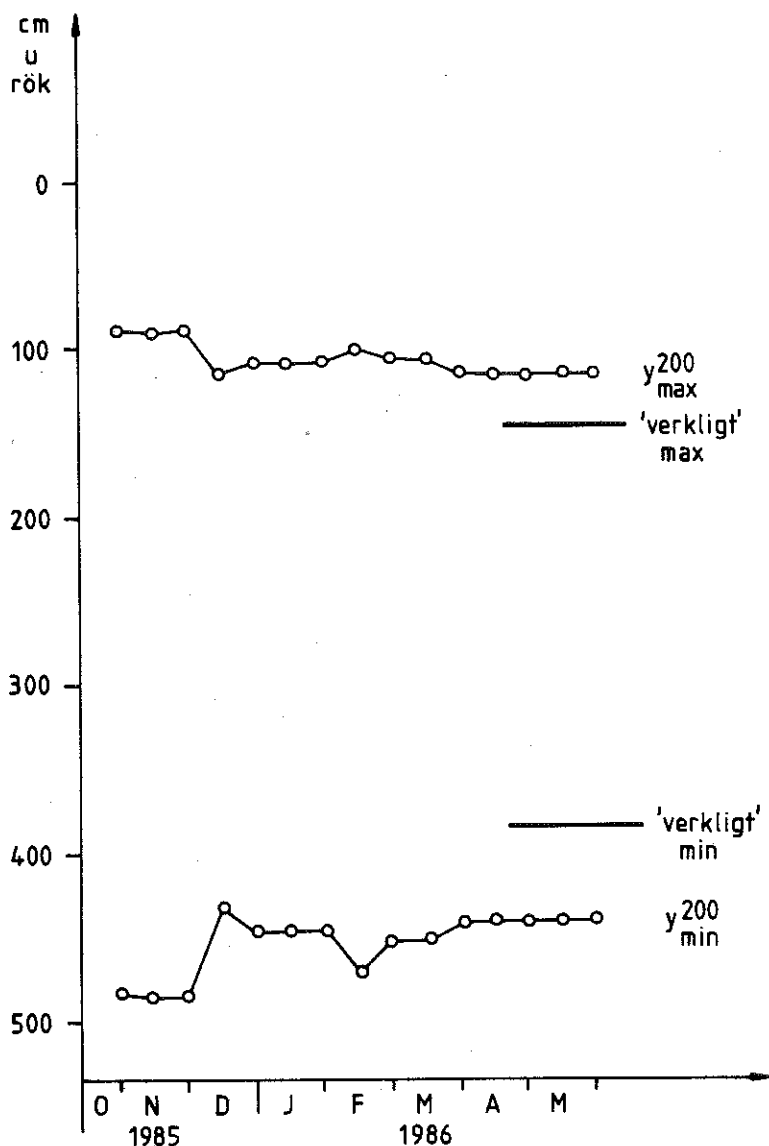
där till exempel för beräkningar i tabellens början gäller att $P_{\max} = 182$ (är mätvärde 1 i 16025). OBS! minustecken i maxberäkningen och plustecken i minberäkningen. De successivt beräknade $P_{\max}^{200}$ och $P_{\min}^{200}$ i tabell 4 har plottats i figur 17.

Tabell 4a Beräkningstabell för max-värden (forts av tabell 3).

16029	16025	r_P/r_R	$S_R^{100} \cdot r_P/r_R$	$P_{\max}^{100}$	$S_R^{200} \cdot r_P/r_R$	$P_{\max}^{200}$
72	182					
105	218	1.09	85	97	94	88
82	184	1.09	85	97	94	88
97	213	1.09	85	97	94	88
63	181	0.88	61	120	68	113
67	179	0.93	64	115	72	107
84	207	0.93	64	115	72	107
94	214	0.93	64	115	72	107
112	229	1.02	71	108	79	100
132	244	0.94	65	114	73	106
112	232	0.94	65	114	73	106
40	162	0.89	41	121	48	114
72	187	0.89	41	121	48	114
58	168	0.89	41	121	48	114
80	198	0.89	41	121	48	114
109	220	0.89	41	121	48	114

Tabell 4b Beräkningstabell för min-värden (forts av tabell 3).

16029	16025	r_P/r_R	$Q_R^{100} \cdot r_P/r_R$	$P_{\min}^{100}$	$Q_R^{200} \cdot r_P/r_R$	$P_{\min}^{200}$
72	182					
105	218	1.09	250	468	264	482
82	184	1.09	250	468	264	482
97	213	1.09	250	468	264	482
63	181	0.88	202	420	213	431
67	179	0.93	212	430	225	443
84	207	0.93	212	430	225	443
94	214	0.93	212	430	225	443
112	229	1.02	226	455	240	469
132	244	0.94	190	434	203	447
112	232	0.94	190	434	203	447
40	162	0.89	180	424	192	436
72	187	0.89	180	424	192	436
58	168	0.89	180	424	192	436
80	198	0.89	180	424	192	436
109	220	0.89	180	424	192	436



Figur 17 Resultat av beräkningar för prognosröret 16025 med rör 16029 som referensrör. Successivt förlängd beräkningsperiod ger resultat med allt mindre avvikelse.

3.4 Exempel med flera referensrör

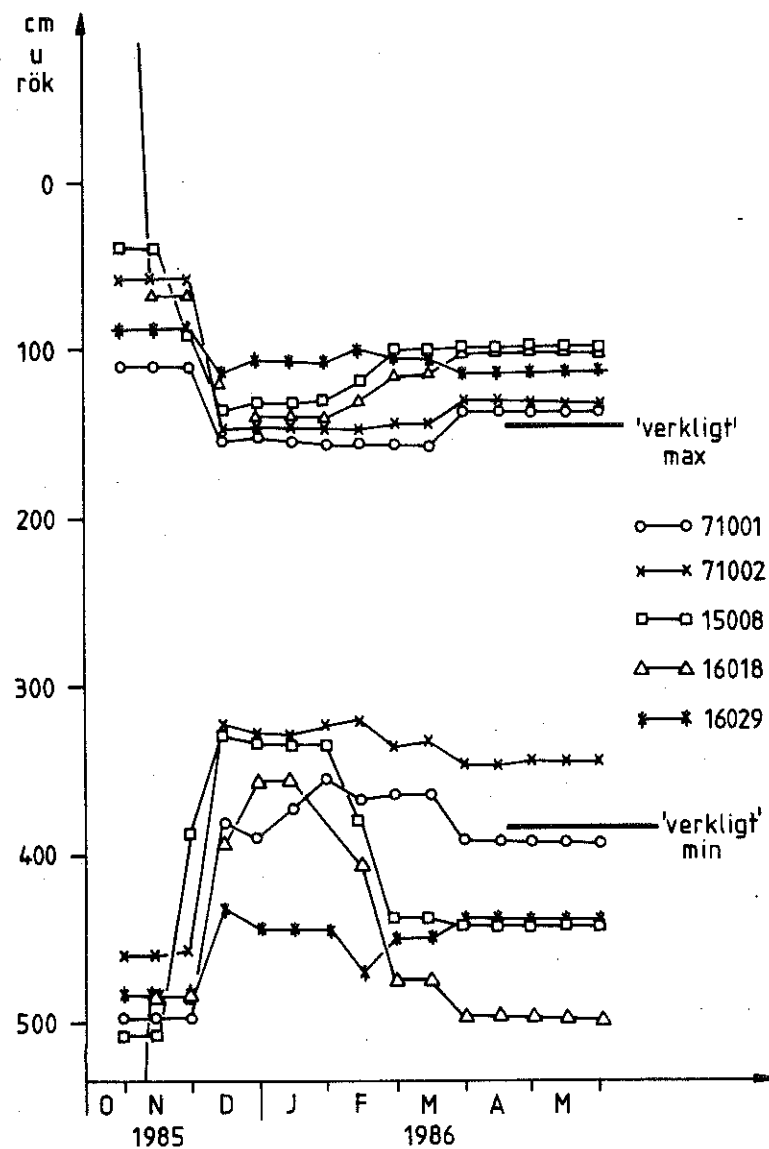
Med bara ett referensrör kanske man känner sig lite osäker. Denna osäkerhet kan minskas åtskilligt genom att man använder flera referensrör. På samma sätt som i föregående exempel har vi hanterat data från samma prognosrör (16025) och fem referensrör under samma tidsperiod. I detta exempel har vi erhållit ganska lika resultat trots att vi har referensrör från tre olika referensområden. Det prognostiserade röret står mitt emellan 16018 och 16029 i södra Tiveden-området. Det är ca 120 km till rören i område 71 Dalsland och ca 90 km till rör 15008.

Tabell 5 Data om vattennivåer i de fem referensrören och prognosröret under beräkningsperioden 5 månader. DIFMAX och DIFMIN är avvikelse från känt värde i cm.

Rör	R_R	r_R	%	r_p/r_R	DIFMAX	DIFMIN
16018	163	46	28	1.78	+39	-110
16029	271	92	34	0.89	+28	-51
71001	221	90	41	0.91	+6	-5
71002	202	102	50	0.80	+9	+42
15008	338	112	33	0.73	+42	-56

(16025: $R_p = 222$, $r_p = 82$)

Under den utnyttjade beräkningsperioden är variationsbredden hos grundvattennivån lite olika i de olika referensrören, se tabell 5. Däri är DIFMAX och DIFMIN avvikelsen i cm i beräknat $p_{\max}^{200}$ respektive $p_{\min}^{200}$ efter sista utnyttjade mätvärde. Vi ser att vi får större avvikelser vid bestämning av min-värden än max-värden. Detta är det vanligaste förhållandet i våra kontrollräkningar. Referensröret 16018 har mindre total variationsbredd (163) än prognosröret (uppfyller inte kravet på $r_R > 30\%$ av R_R) och ger stort fel i min-värdesbestämningen. Om vi sorterar bort detta referensrör och sedan beräknar medelvärdet av de övriga bestämda extremvärdena får vi en säkrare grund för vår prognos. Medelvärdet för max-nivån blir 121 cm och för min-nivån 402 cm. I beräkningen med bara ett referensrör erhöll vi 136 respektive 390 cm. För max-värdet får vi således inte siffermässigt bättre resultat i detta fall, men däremot för min-nivån.



Figur 18 Resultat av prognosberäkning med fem referensrör. Rör 16025 prognostiseras med referensrör i samma och närliggande områden.

4 ANALYSER AV METODENS ANVÄNDBARHET

För att utröna hur den aktuella beräkningsmetoden fungerar har vi prognostiserat grunvattenytans max- och min-nivåer i rör med lång observationsserie. Dessa rör har valts ut bland SGUs Grundvatten-näts rör i de olika referensområdena.

Vi har startat med att gå igenom data från alla rören i områden utanför Stockholms omnejd och Göteborgsregionen. I första omgången sorterade vi bort alla rör som står i sand eller grus. Detta av den anledningen att vattennivån i dessa nästan undantagslöst har liten variationsbredd. De rör som hade kortare observationsserie än 7-8 år gallrades också bort. Därefter plottades de kvarvarande rörens vattennivåer med hjälp av SAS programvarusystem vid Göteborgs datacentral.

Vid plottningen kunde vi bedöma vattennivåerna okulärt och erfarenhetsmässigt gallra bort dataserier som vi bedömde som olämpliga. Det finns alltid mätserier som är påtagligt felaktiga. Vi gallrade t ex ut de rör, vars mätserier innehöll alltför stora luckor i mätningarna (t ex på grund av frusen vattenyta vintertid), liksom de rör vars vattennivå hade någon form av 'balansnivå' (om ett rör med artesisk nivå står i lera kan större läckage finnas bredvid röret med påföljd att vattennivån i röret tenderar att avsänkas till en konstant nivå = markytan). Vi beräknade vattennivåns variationsbredd i de kvarvarande rören och gallrade därefter bort rör med variationsbredd hos grundvattennivån mindre än ca 1,4 m. Efter detta hade vi kvar mätserier från ett antal rör att bearbeta.

Vi har i beräkningarna inte använt alla mätdata från de utvalda rören, utan för vissa rör har mätseriens början slopats. Detta har varit fallet när vi har misstänkt att mätseriens början inte varit helt korrekt.

De på detta sätt utvalda mätserierna har bearbetats med ett datorprogram i SAS (delvis skrivit i SAS-makro). Detaljer i programstrukturen har beskrivits av Lindhe (1986). Med detta program har vi beräknat max- och minvärden i alla de utvalda observationsrören inom respektive område. Vi har också gjort motsvarande

beräkningar mellan närliggande referensområdets rör. Vi har bara använt kända data och sålunda bara prognostiserat de kända max- resp min-nivåerna under de tillgängliga observationstiderna. För att inte fastna i oändliga beräkningar har vi enbart prognostiserat med hjälp av tre månaders observationstid (de sju mätvärdena vid 2 mätningar per månad). Längre beräknings(prognos)-perioder ger i regel bättre resultat.

Vi har i dessa och tidigare beräkningar funnit att vattennivåerna i vissa rör var mycket svåra att prognostisera.

Två fall kan klart urskiljas som olämpliga:

1) När prognosrörets vattennivå (det rör vars vattennivå skall beräknas) har större variationsbredd än vattennivån i referensröret, blir felen alltid större än i motsatta fallet. De osäkerheter som finns inbyggda i denna enkla metod förstoras när variationsbredden i prognosröret är större än i referensrörets.

2) Det andra fallet är när något av de två rören har långtidsvariationer som är större än årsvariationerna (men inte om båda har det). Detta medför ju att vattennivåns variationsbredd under den använda tremånaders prognostiden i det ena röret inte motsvaras av nivåvariationer av samma storleksordning i det andra röret. Detta är en situation som i nuläget inte kan förutses, eftersom vi ännu inte funnit något sätt att kunna förutsäga i vilka miljöer som de långtida variationerna är större än årsvariationerna. Av denna anledning har vi gallrat ut rör med stora långtidsvariationer ur vår referensrörsmängd.

Detta andra fall medförde att vi före gallringarna fick stora fel i försöksberäkningarna för områden i Östergötland.

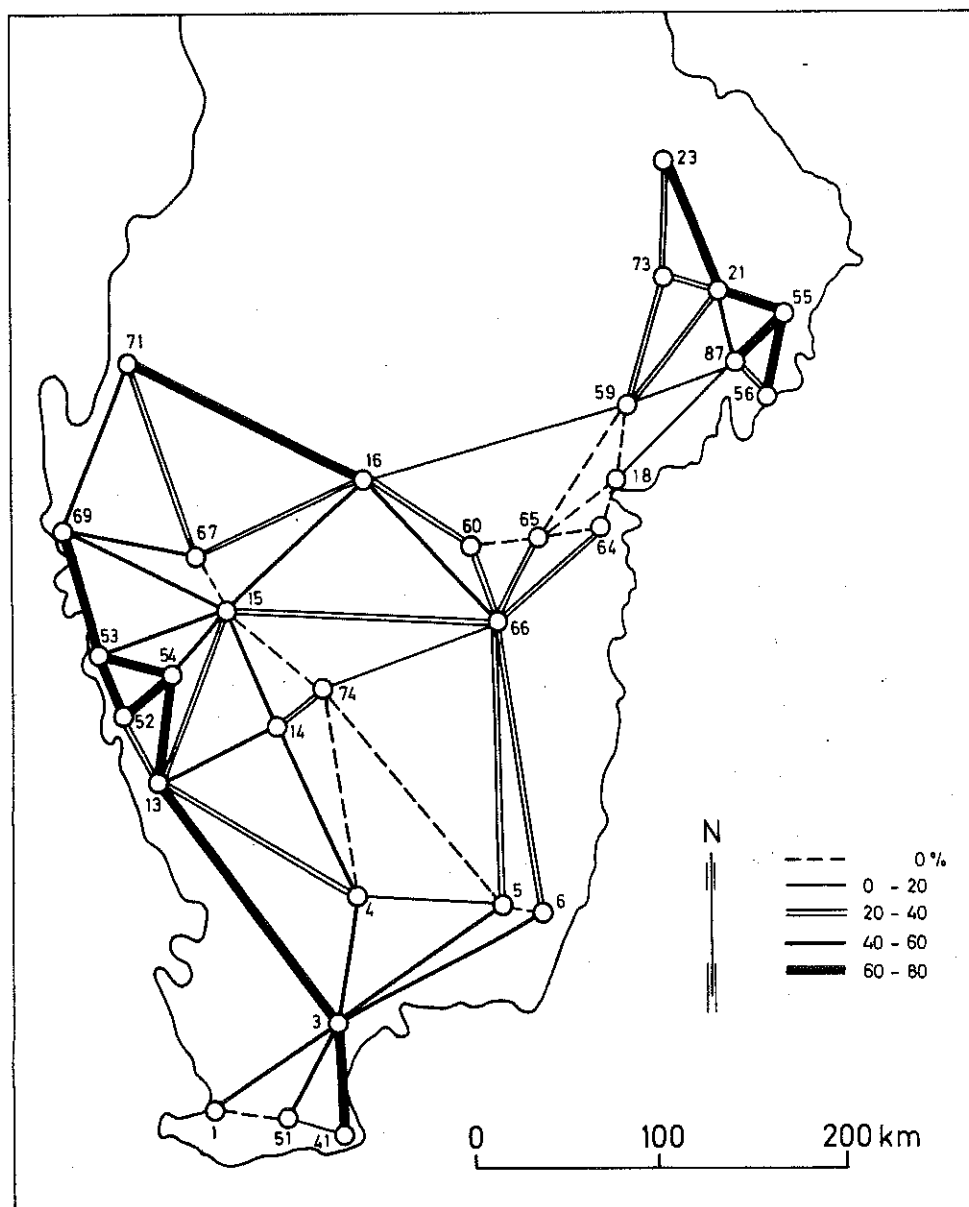
Många av referensområdena har ganska få rör. Eftersom vi inte kan använda rör vars vattennivåer har liten variationsbredd har antalet lämpliga referensrör blivit ganska litet i varje område. Några av områdena i Grundvattennätet har påbörjats under 1980-talet och har således ganska korta mätserier. Dessa områden har vi inte funnit anledning att bearbeta ännu, eftersom extremvärdesberäkningen kräver i storleksordningen minst 15 års mätningar.

I Kristianstadsområdet (03) har vi använt tre rör med ganska liten variationsbredd, varför resultaten från beräkningarna med rören i detta område som prognosrör gav bra resultat över långa avstånd mot rör med stor variationsbredd hos vattenytan. Vid de omvända beräkningarna blev resultaten avsevärt sämre, helt enligt erfarenheterna ovan.

Med få rör till förfogande är det inte lätt att välja rör efter topografiskt läge även om detta är önskvärt. Om man kan välja rör är det bättre att använda ett referensrör som relativt sett står högre i terrängen än det rör som skall prognostiseras, eftersom det högre belägna rörets vattennivå normalt har större variationsbredd.

Under projektets gång har vissa förändringar skett i Grundvatten-
nätets mätprogram, varför några av de i testerna använda rören har måst utgå som lämpliga referensrör.

I figur 19 redovisas summariskt resultatet av alla utförda beräkningar mellan referensrör i olika områden sånär som de fall som inte uppfyller villkoret $r_R < 30\%$ av R_R . De angivna godkända resultaten är andelen resultat för max- och minvärden där medelvärdet är $\leq 0,17$ m från känt värde och där standardavvikelsen samtidigt är $\leq 0,33$ m (summan således $\leq 0,5$ m, vilket är vårt krav för noggrannheten i max-nivå, se Svensson, 1987). Vissa goda resultat kan förklaras med gynnsamt förhållande mellan r_R och r_P (t ex område 3 versus område 13). Många dåliga resultat beror på att vi inte gallrat ut de rör som har stora långtidsvariationer med små årsvariationer. Detta är en del av orsaken till de svaga resultaten i Östergötland. Att det i många fall är mycket stora avstånd ger naturligtvis också stora avvikelser. Vi kan inte rekommendera avstånd över 50 km även om det i vissa fall blivit goda resultat.



Figur 19 En översikt av prognostiseringar mellan olika referensområden. I denna figur ingår alla utförda beräkningar med tre månaders period utan gallring för annat än att r_R skall vara $< 30\%$ av R_R .

5 UPPFÖLJNING

Som framgått av tidigare avsnitt krävs för att kunna göra en prognos, tillgång till mätdata från referensrören. Dessa avläses två gånger per månad och dessa kan erhållas per post genom prenumeration. Denna prenumeration kan tecknas genom att tillskriva

Grundvattennätet

SGU

Box 670

751 28 UPPSALA

Tel: 018 - 17 90 00

Kostnaden för prenumerationen är cirka 300 kr + moms (vid 10 prenumeranter. Vid färre antal prenumeranter stiger priset gradvis med ca 10%).

Tabell 6 Utdrag ur inköpt datamaterial för rör 56004.

SGU grundvattennätet, grundvattennivåer

Område	Datum	Grvnivå	Hnivå	Mnivå
Station		cm u rök	m öv hav	m und mark
56	4	861130	255	19.98
56	4	861211	259	19.94
56	4	861231	274	19.79
56	4	870117	284	19.69
56	4	870131	294	19.59
56	4	870214	281	19.72
56	4	870228	286	19.67
56	4	870314	297	19.56
56	4	870331	239	20.14
56	4	870415	222	20.31
56	4	870501	260	19.93
56	4	870515	274	19.79

Om man så vill kan man få data i olika höjd. Tabell 5 är exempel på datautskrift från SGU, grundvattennätet. De erhållna mätvärdena bör kontinuerligt inritas i diagram liknande det i bilaga 3, vilket har lämpligt axelförhållande. Data kan också numera erhållas på diskett för PC.

REFERENSER

- Andersson, H & Henning, G, 1986: Djurarpsdalen. En undersökning av geologi och grundvattenförhållanden. CTH/GU Geologiska institutionen, Publ B 297. Examensarbete. Göteborg.
- Bergström, R & Kornfält, K-A, 1973: Beskrivning till jordartskartan Norrköping NV. SGU Ae 14. Stockholm.
- Bergström, R & Wikström, A, 1975: Beskrivning till jordartskartan Norrköping NO. SGU Ae 15. Stockholm.
- Blomberg, A, 1880: Beskrifning till kartbladet Nissafors. SGU Ab 6.
- Daniel, E, 1986: Beskrivning till jordartskartan Tomelilla SO/Simrishamn SV, Ystad NO/Örnahusen NV. SGU Ae 65-66. Uppsala.
- Engqvist, P, Fogdestam, B, Karlqvist, L & Pousette, J, 1985: Beskrivning och bilagor till hydrogeologiska kartan över Hallands län. SGU Ah 8. Uppsala.
- Fries, J O, 1867: Några ord till upplysning om bladet Sämsholm. SGU Aa 25. Stockholm.
- Gustafsson, O, 1972: Beskrivning till hydrogeologiska kartbladet Malmö SV/Trelleborg NV. SGU Ag 4. Stockholm.
- Gustafsson, O, Andersson, J-A, De Geer, J, 1979: Sammanställning av hydrogeologiska data från Kristianstadsslätten. SGU Rapp och medd nr 12. Uppsala.
- Holst, N O, 1879: Beskrivning till kartbladet Lessebo. SGU Ab 4. Stockholm.
- Holst, N O, 1895: Beskrivning till kartbladet Skanör. SGU Aa 112. Stockholm.
- Hummel, D, 1877: Beskrivning till kartbladet Huseby. SGU Ab 1. Stockholm.
- Johansson, H G, 1976: Beskrivning till jordartskartan Linköping NV. SGU Ae 24. Stockholm.
- Johansson, I, 1974: Hydrologiska undersökningar inom myrkomplexet Komosse. Internationella hydrologiska decaden, Report 41. Stockholm.
- Knutsson, G & Fagerlind, T, 1977: Grundvattentillgångar i Sverige. SGU Rapp och medd nr 9. Stockholm.
- Lindhe, P, 1988: Analys av grundvattennivåer i Norrlands kustland med "Svensson-Sällfors-metoden". CTH/GU Geologiska institutionen, Publ B 295. Examensarbete. Göteborg.
- Lindström, A, 1902: Beskrivning till kartbladet Uddevalla. SGU Ac 3. Stockholm.

- Lundström, I & Persson, C, 1972: Beskrivning till jordartskartan Nyköping SV. SGU Ae 11. Stockholm.
- Moberg, J C, 1895: Beskrivning till kartbladet Sandhammaren. SGU Aa 110. Stockholm.
- Munthe, H, 1902: Beskrivning till kartbladet Kalmar. SGU Ac 6. Stockholm.
- Myrhede, G, 1988: Tiveden och Östgötaslätten - beskrivning och jämförelse av två av SGU:s observationsområden inom grundvattennätet. Självständigt arbete i hydrogeologi. Kvartärgeologiska avdelningen, Uppsala universitet, 134. Uppsala.
- Möller, Å, Engqvist, P, Andersson, J-E, 1981: Hydrologiska förhållanden inom Östergötlands sedimentära berggrund. SGU Ag 10. Uppsala.
- Nathorst, A G, 1882: Beskrivning till kartbladet Kristianstad. SGU Aa 85. Stockholm.
- Nordberg, L & Persson, G, 1974: The national groundwater network of Sweden. SGU Ca 48. Stockholm.
- Pearson, E S & Hartley, H O, 1972: Biometric tables for statisticians. Vol II. Cambridge University Press. Cambridge.
- Persson, C, 1982: Beskrivning till jordartskartan Katrineholm SO. SGU Ae 46. Uppsala.
- Pousette, J, Müllern, C-F, Engqvist, P & Knutsson, G, 1981: Beskrivning och bilagor till hydrogeologiska kartan över Kalmar län. SGU Ah 1. Uppsala.
- Ringberg, B, 1975: Beskrivning till jordartskartan Trelleborg NV/Malmö SV. SGU Ae 23. Stockholm.
- Rudmark, L, 1984: Beskrivning till jordartskartan Kalmar NV. SGU Ae 62. Uppsala.
- Sandegren, R & Larsson, W, 1956: Beskrivning till kartbladet Värvik. SHU Aa 187. Stockholm.
- Svedmark, E, 1893: Beskrifning till kartbladet Varberg. SGU Ab 13. Stockholm.
- Svedmark, E, 1904: Beskrivning till kartbladet Sommenäs. SGU Aa 119. Stockholm.
- Svensson, C 1984: Analys och användning av grundvattennivåobservationer. CTH/GU, Geologiska institutionen, Publ A 49. Dissertation. Göteborg.
- Svensson, C & Sällfors, G, 1985: Beräkning av dimensionerande grundvattentryck. 1. Göteborgsregionen. CTH Geohydrologiska forskningsgruppen, Meddelande 78. Göteborg.
- Svensson, C & Sällfors, G, 1988: Beräkning av dimensionerande grundvattentryck. 2. Stockholmsregionen. CTH Geohydrologiska forskningsgruppen, Meddelande 86. Göteborg.

Sveriges geologiska undersökning, 1985: Svenskt vattenarkiv, Grundvattennätet. SGU Rapporter och meddelanden nr 43. Uppsala.

Söderholm, H, Fogdestam, B & Engqvist, P, 1987: Beskrivning och bilagor till hydrogeologiska kartan över Kronobergs län. SGU Ah 10. Uppsala.

Weijman-Hane, G & Hörberg, I, 1969: Samarbetskommittén för Kristianstadsslättens hydrologi. Slutrapport. Kristianstad.

Westergård, A H, 1912: Beskrivning till kartbladet Trelleborg. SGU Aa 146. Stockholm.

Westergård, A H & Johansson, H E, 1915: Beskrivning till kartbladet Töreboda. SGU Aa 139. Stockholm.

Område 1. VELLINGE (M-län)

Belägenhet: "Utmed" E6 5-15 km S Malmö C.

Geologi: Flackt moränlerelandskap (Holst 1895, Gustafsson 1972, Ringborg 1975).

Observationsrör: Totalt sju rör varav fyra är i drift. Ett i moränlera och två i berg (kalksten). Av dessa har vi således endast använt rör 01005, som står 3 km SSV Vellinge-station i öppen akvifer.

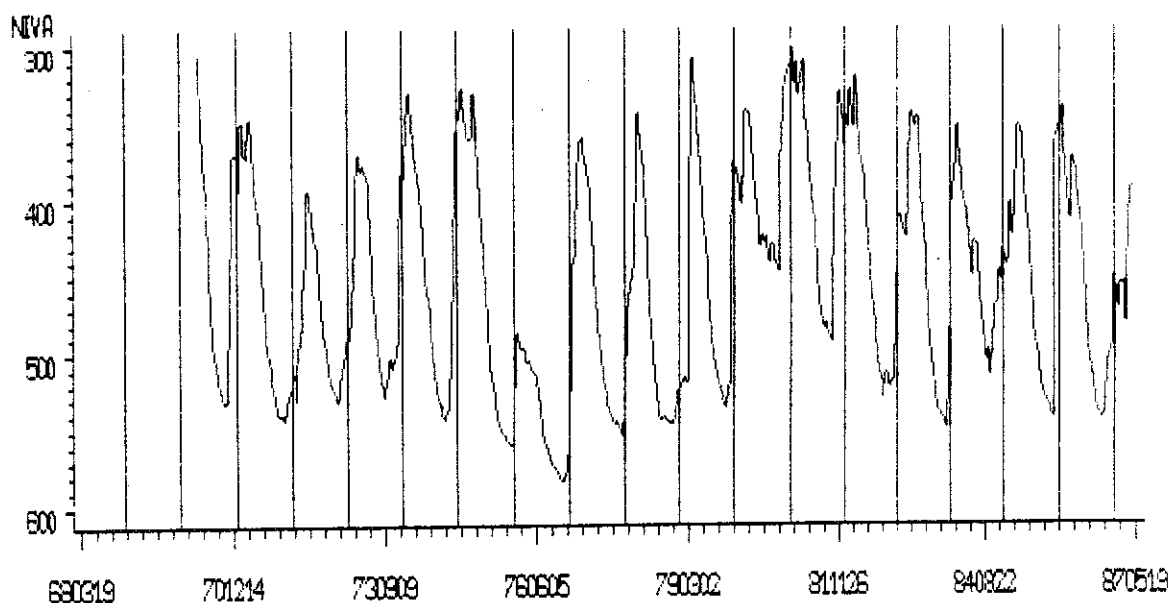


Fig 1. Grundvattennivån i rör 01005 under perioden 1970-87. Observera att de inledande värdena är höga och därmed troligen inte är sanna. Vintern 1975-76 blev magasinet inte uppfyllt (regional företeelse).

Rör 01005 (Vellinge)

Max-nivåer	Min-nivåer
	701015 531
710401 347	711115 543
720414 394	721030 531
730314 370	730914 528
740214 331	741016 543
750130 328	751231 560
760131 487	761115 582
770330 360	771214 553
780331 343	781031 545
790330 308	791114 535
800315 342	801019 447
810115 303	810930 492
820315 320	820929 530
830416 344	831130 548
840215 352	841001 514
850401 353	851130 543
860131 340	860930 543

Område 3. KRISTIANSTAD (L-län)

Belägenhet: I nordöstra Skåne omkring Kristianstad. Markyta 0-40 m ö h.

Geologi: Brunnar i kalksten och rör i sand (Nathorst 1882, Weijman-Hane & Hörberg 1969, Gustafsson et al 1979).

Observationsrör: Ursprungligen (1960-talet) innehöll detta område många rör, brunnar och källor. I våra "kontroll"-beräkningar har vi använt data från rören 03043, 03044, 03046, 03047, som alla finns i Åhus. De har dock liten variationsbredd, < 1 m. Observationsdata finns för perioden 1975-80 för dessa rör.

Sommaren 1987 utfördes fortfarande observationer i fyra rör i sand (öppen akvifer) och ett i berg. Inget av dessa rör har dock använts i våra beräkningar, eftersom de ej uppfyllt våra preliminära krav på sluten akvifer. Här finns ett rör med drygt 20 år lång mätserie (rör 03001), men vattennivåns variationsbredd är bara ca 1,0 m.

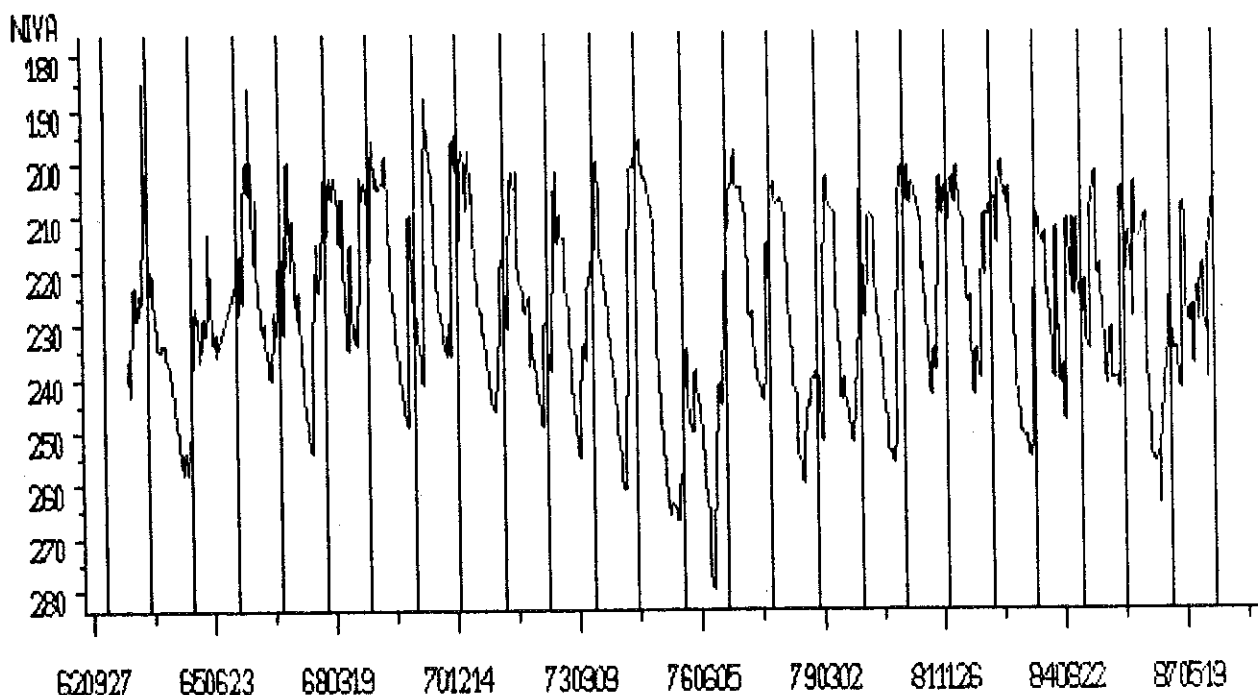


Fig 2. Grundvattennivån i rör 03001 under perioden 1963-1987. Regionala lågnivåer 1964, 1976 och 1983. Max-nivåerna 1963 och 1966 förefaller vara onormala.

Rör 03001 (Kristianstad)

Max-nivåer		Min-nivåer	
631125	185	641012	258
650517	213	650803	236
660426	186	661010	240
670306	200	670911	254
671225	203	680715	235
690203	196	691103	249
700413	188	700928	236
701207	195	711018	246
720320	202	721116	249
730315	202	730915	255
740217	200	740919	261
750202	196	751122	267
760204	235	760317	280
770315	198	771104	244
780201	204	780912	260
790401	203	791106	252
800101	205	801004	256
801214	201	810816	243
820317	201	820815	243
830331	200	831114	255
840116	210	840831	248
850502	202	851115	242
860401	204	861014	264
870415	208	871113	240

Område 4. LIATORP (G-län)

Belägenhet: I SV Småland 15 km NNO Almhult nära väg 23.

Geologi: Urbergssområde med sandig morän, 3-5 m mäktig. En 2-6 m hög smal rullstensås löper NV-SO riktning genom området (Hummel 1877, Söderholm et al 1987).

Observationsrör: De utnyttjade observationsrören 04004, 04009, 04012 står i morän ett litet stycke från rullstensåsen. Rörens längd under markytan är 4,3 resp 2 m. Mätserierna startade 1970. Exempel: 04004.

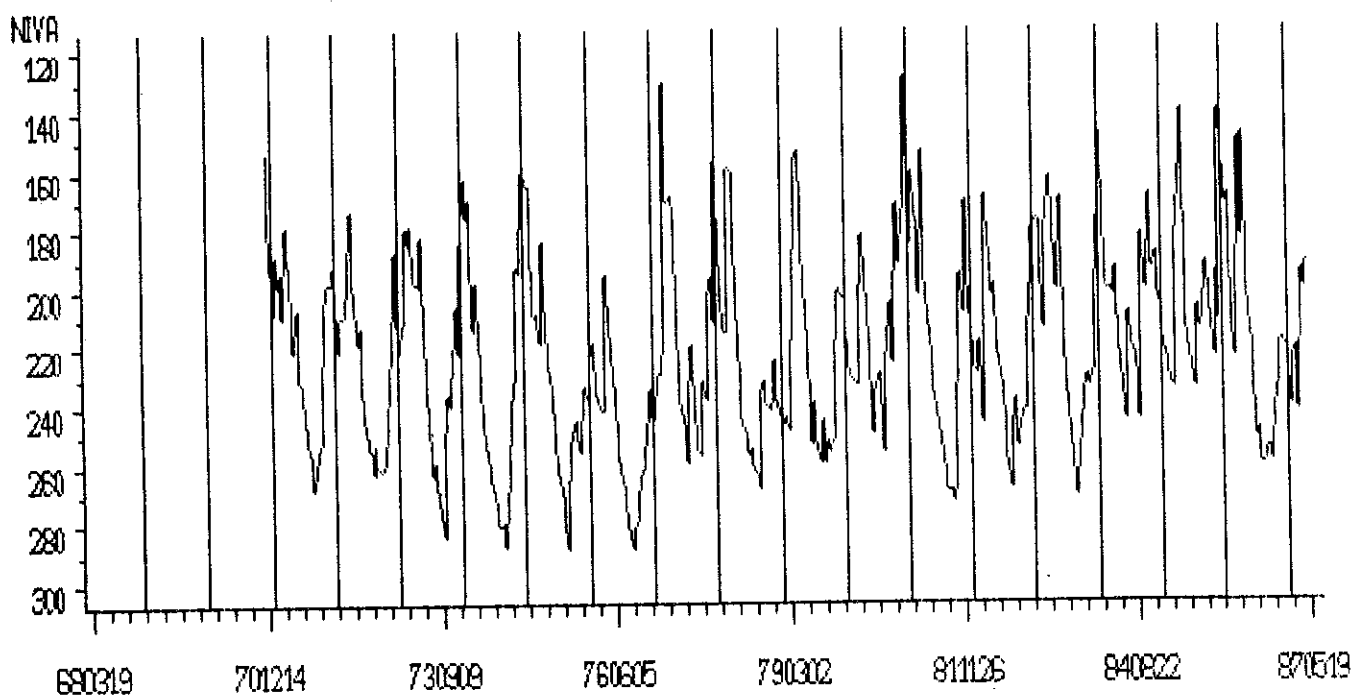


Fig 3. Grundvattennivån i rör 04004 under perioden 1972-87. Sommarlågnivåer i mitten av 70-talet är det normala regionala min-tillfället.

Rör 04004 (Liatorp)

Max-nivåer	Min-nivåer
701205 154	710901 268
720915 174	720815 263
730317 179	730915 284
740119 163	740901 288
741231 160	750902 289
760416 196	760902 289
770316 131	770716 259
780102 157	780902 268
790415 154	790816 259
800915 182	800817 256
801216 129	810917 273
820331 169	820815 268
830331 163	830831 271
840115 149	840831 245
850501 141	850716 235
851215 141	860815 260

Rör 04009 (Liatorp)

Max-nivåer	Min-nivåer
701205 234	711017 355
720415 261	721102 358
730303 252	730930 352
740217 245	740901 359
741231 219	750902 358
760201 261	760815 350
770401 209	770802 335
780402 253	780817 352
790415 231	791102 349
800501 268	800717 336
801216 230	810917 358
820331 233	820901 352
821230 249	830916 356
840115 247	840701 339
841001 189	850801 335
851231 232	860831 356

Område 5. EMMABODA (H-län)

Belägenhet: Detta område är beläget i SO Småland 30 km SV Nybro.

Geologi: Området utgörs av olika typer av moränterräng på urberg. Moränen är vanligen sandig och domineras av granitiskt material (Holst 1879, Pousette et al 1981).

Observationsrör: De utnyttjade observationsrören 05001, 05005 och 05008 är 3, 4 resp 2 m djupa och mätdata finns från 1962. (Data från 05008 under 1961 förefaller ej vara relevanta. De är utgallrade ur våra data.) Förutom de utnyttjade rören finns ytterligare fem observationsrör i drift.

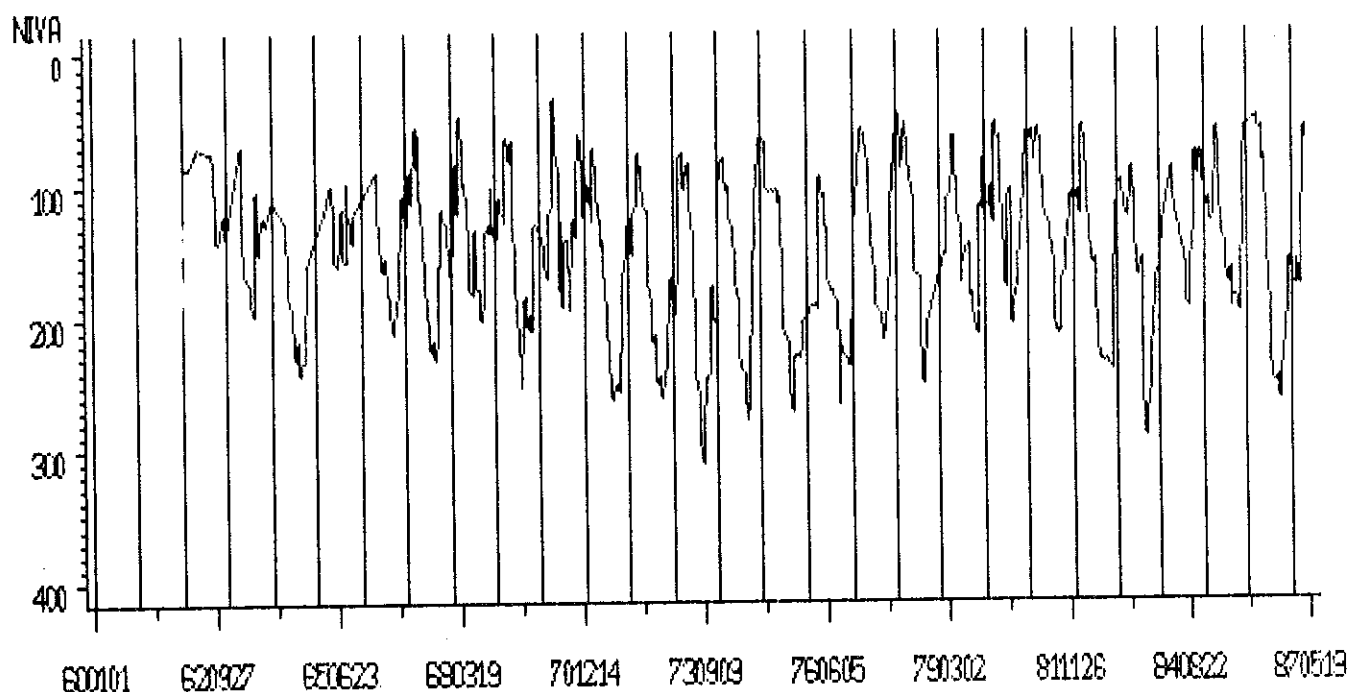


Fig 4. Grundvattennivån i rör 05008 under perioden 1962-87. Lägg märke till att det finns min-värden 1964, 1973 och 1983. Max-värden 1964-66 förefaller stympade (data-luckor?).

Rör 05001 (Emmaboda)

Max-nivåer		Min-nivåer	
630412	53	630803	165
631208	52	640912	219
650131	57	650704	135
660312	43	660925	196
670409	32	670910	218
680324	35	681020	180
690420	54	690810	214
700419	45	700906	140
701115	48	711016	240
720318	56	721015	204
730304	70	730930	249
740217	77	740929	220
750105	51	750902	232
760417	70	761003	226
770402	63	771003	176
780319	42	780903	216
790401	49	790707	139
800427	61	800817	151
810329	51	810916	207
820313	47	821010	227
830409	59	830911	240
840701	65	840826	144
850407	52	850728	154
860323	52	861019	242

Rör 05005 (Emmaboda)

Max-nivåer		Min-nivåer	
621209	61	630805	215
631125	71	641010	350
650213	86	650827	169
660423	69	661015	300
670415	80	670902	302
680330	85	680916	230
690331	72	690821	301
700418	72	700711	216
701128	81	710917	347
720414	87	721111	331
730317	80	731001	381
740317	99	740930	348
750115	70	750915	369
760426	127	761011	389
770314	72	770926	274
780313	66	780911	289
790409	80	791022	229
800407	76	800825	220
801214	77	810921	295
820321	80	821018	359
830403	82	831017	389
840416	109	840903	223
850914	76	851110	288
860331	69	861109	388

Rör 05008 (Emmaboda)

Max-nivåer		Min-nivåer	
620513	70	621014	143
630422	70	630807	197
630902	104	640830	243
650425	99	650816	157
660515	90	661003	211
670319	56	670903	231
680324	48	680908	202
690406	64	690810	252
700503	34	700906	193
701115	62	710822	262
720319	75	721015	260
730318	75	730916	311
740217	80	740915	278
741222	64	750921	272
760418	93	760929	267
770403	58	770925	217
780115	49	780827	251
790422	64	791104	213
800413	55	800817	206
810329	59	810830	214
820314	56	821117	241
830503	87	830906	293
840402	87	840903	194
850414	58	851027	197
860331	51	861013	264

Område 6. KALMAR (f d Nybroåsen, H-län)

Belägenhet: I sydöstra Småland 10-20 km väst och sydväst om Kalmar.

Geologi: Observationsområdet utgörs av en del av en stor rullstensås, Nybroåsen. Åsen är 15-20 m hög i de södra delarna och består i det nordvästra området av ett åssystem av mindre ryggar. Området är beläget under högsta kustlinjen, vilket innebär att det även innehåller lerområden och svallningsfenomen (Munthe 1902, Pousette 1981, Rudmark 1984).

Observationsrör: Området har som mest innehållit 21 observationsrör, varav dock inget är i drift. För detta arbete har data från rör 06016 utnyttjats. Detta var det enda rör som var placerat i finkornig jord och därmed förväntades ge tillräckligt stor variationsbredd hos nivån (befanns vara 2,06 m). Mätserien innehåller data från perioden 1964-1986.

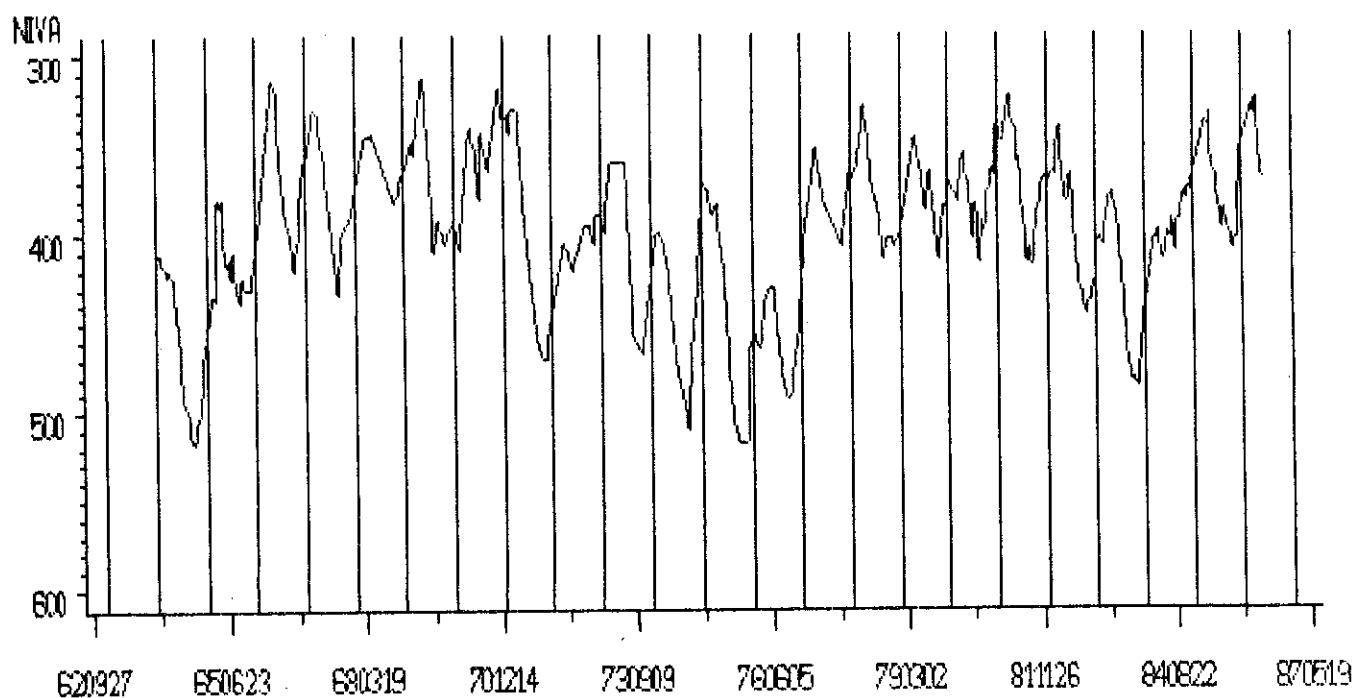


Fig 5. Grundvattennivån i rör 06016 under perioden 1964-86. Lägg märke till de regionala min-nivåtilfällena 1964, 1975 och 1983. Däremellan högre min-nivåer och år med ganska liten variationsbredd hos vattennivån.

Rör 06016 (Kalmar)

Max-nivåer		Min-nivåer	
		641008	518
650331	380	650908	438
660428	314	661005	421
670308	330	670823	434
680515	344	681030	382
690514	312	690812	410
700512	340	700706	380
701205	319	711016	470
720913	395	721101	405
730319	360	731020	467
740218	400	741006	510
750126	371	751007	517
760521	430	760919	492
770420	353	771026	407
780413	329	780830	414
790424	346	791022	415
800501	355	800826	416
810401	323	810915	418
820401	341	821015	446
830501	377	831101	487
840801	392	840901	410
850515	334	851101	408
860501	325		

Område 13. VARBERG (f d Djurarpsdalen, H-län)

Belägenhet: Drygt 10 km öster om Varberg i övergångszonen mellan halländska kustslätten och sydsvenska höglandet.

Geologi: En liten dalgång under marina gränsen med normala västkustska ler-lagerföljder (Svedmark 1893, Engqvist et al 1985, Andersson & Henning 1986).

Observationsrör: Från början fyra rör, numera tre rör, i dalbotten. Observationer sedan 1959. Rören 13002, 13004 och 13005 är samtliga belägna i dalbotten med 13002 längst upp i dalen. Dessa rör är 24, 25 resp 26 m djupa under mantelytan med sidan i slutet akvifer. Rören är "glykoliserade"; dvs frostskyddade med glykol. Detta är utfört för länge sedan vid okänt tillfälle, vilket medför att mätserierna inte är helt homogena. Vattenytans variationsbredd i rören är 1,92, 1,96 resp 0,92 m. Detta medför att rör 13005 inte är så väl lämpat som referensnivå som 13002 och 13004. Rören 13002 och 13004 är autentiska.

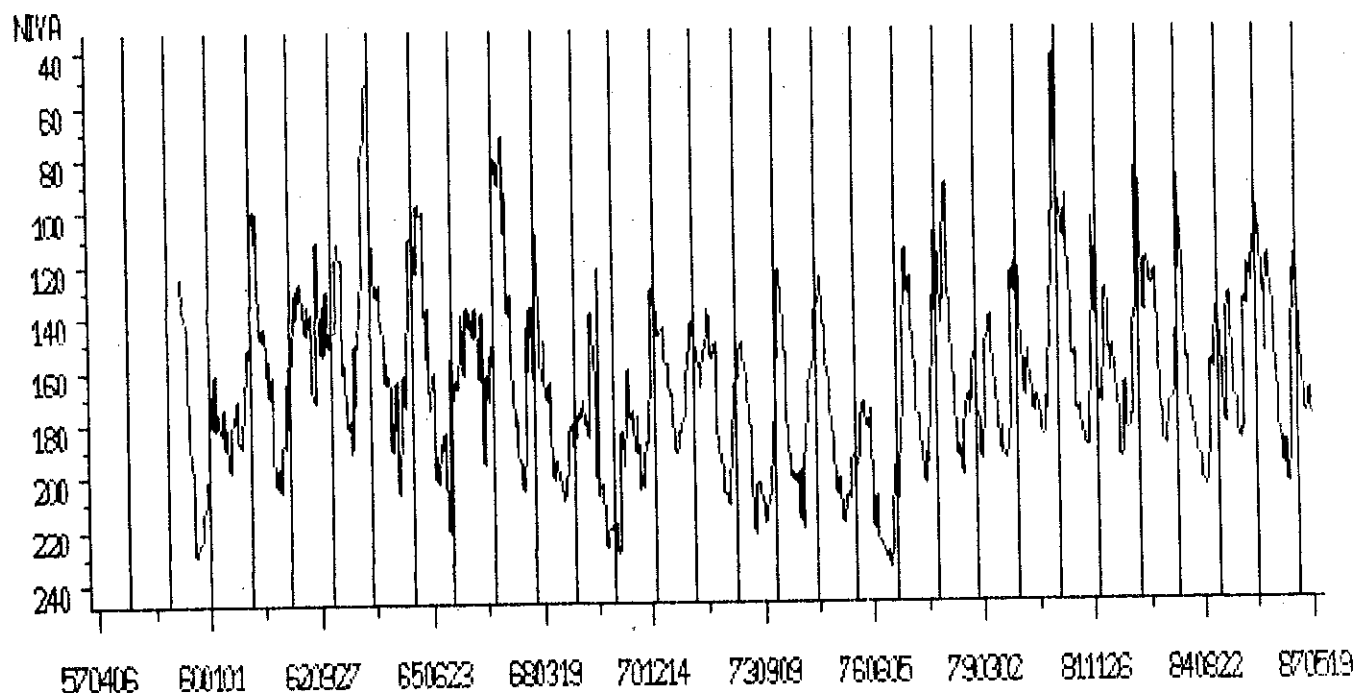


Fig 6. Grundvattennivån i rör 13002 under perioden 1959-87. Data i början av 1959 är osäkra. Regionalt min-värde 1976 med låg vintermax-nivå 175-76.

Rör 13002 (Varberg)

Max-nivåer	Min-nivåer
	590911 229
600226 161	600715 198
610210 100	611006 206
620406 127	620817 172
620914 111	630705 191
631206 52	640904 207
650222 98	651129 221
660502 137	661017 196
670403 72	671002 206
680122 109	680922 210
690807 122	691102 227
700517 160	700830 206
701227 130	710725 192
720430 138	721029 212
730304 151	730708 222
740203 123	740919 220
750216 126	750914 218
760301 173	761107 235
770327 115	770925 204
780409 91	780911 201
790506 141	790923 195
791230 120	800824 186
801228 43	810920 190
811129 104	820808 195
830108 85	830918 190
840122 89	840916 206
850428 133	850804 188
860105 101	861012 205
861221 119	

Rör 13004 (Varberg)

Max-nivåer	Min-nivåer
	591023 162
600115 38	600701 126
601216 12	611006 101
620622 36	620831 69
621109 36	630705 79
631025 42	641127 196
650419 111	650906 139
660502 32	660905 77
661128 29	671211 119
680205 28	680922 125
690309 61	690824 142
700517 80	700830 132
710207 59	710711 105
711212 48	721029 122
730121 48	730916 128
740203 41	740707 127
750119 44	750817 128
751207 66	760912 148
770313 38	770925 122
780115 42	780827 124
790408 33	790715 105
791230 25	800824 87
801116 25	810823 107
811129 17	820808 114
821226 10	830904 112
840122 24	840819 121
850414 21	850708 90
860330 14	860720 108
861221 35	

Område 14. NISSAFORS (F-län)

Belägenhet: I västra Småland 35 km nordväst om Värnamo vid Nissan och strax sydöst om Isaberg.

Geologi: Detta område består in princip av två delar; dels is-älvsmaterial i form av en dalfyllnad och dels moränsluttningar på östra sidan av Nissan. Moränen är här normal? och sandig. Underlaget är gnejser (Blomberg 1880).

Observationsrör: För prognostiseringsanalysen har vi använt data från två rör i morän. Dessutom finns f n tre rör i isälvsmaterial. De två utnyttjade rören står ganska nära varandra i moränslutningen strax norr om Nissafors samhälle. Rören 14012 och 14014 är 5 resp 4 m djupa under markytan. Variationsbredden hos grundvattenytan i dessa rör har under perioden 1970-86 varit 1,55 resp 1,92 m. Här finns dock en felkälla: Rör 1414 har bräddat vid max-nivåerna åtminstone 77/78 och 80/81, vilket innebär att variationsbredden egentligen är större. Det är således lämpligast att bara använda 14012 för prognoser och utnyttja 14014 för eventuella kontroller.

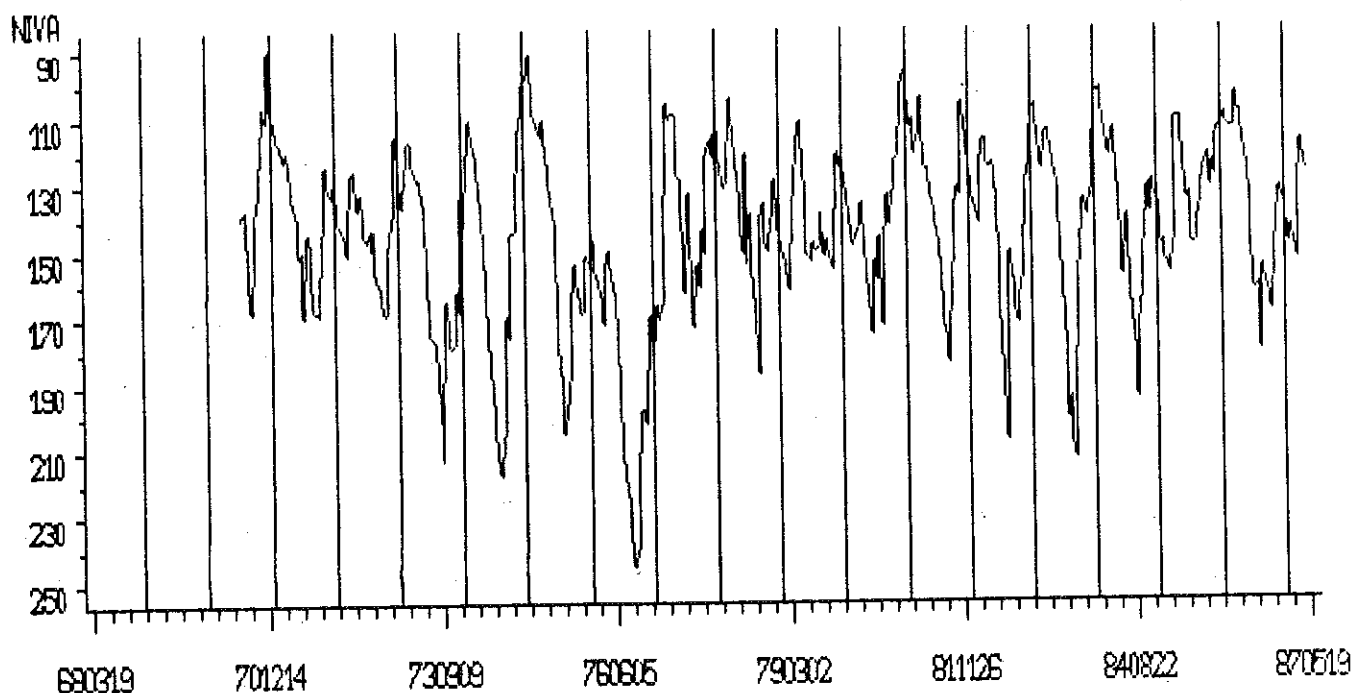


Fig 7. Vattennivån i rör 14012 under perioden 1970-87. Lågt vintermaximum 1975-76 och påföljande normal regional miniminivå 1976.

Rör 14012 (Nissafors)

Max-nivåer		Min-nivåer	
		700915	168
701228	90	710716	170
711113	124	721015	169
721215	116	730914	213
740216	111	740816	218
750131	91	750814	205
760116	147	760915	245
770330	106	770831	173
780331	105	780831	187
790501	112	791031	156
791129	121	800818	173
810102	96	810912	184
811201	106	820812	208
830201	107	830901	213
840131	102	840902	195
850415	111	850715	149
860331	104	860815	181
861210	132		

Rör 14014 (Nissafors)

Max-nivåer		Min-nivåer	
		700930	85
701228	3	711015	100
720601	49	721101	91
730314	33	730914	140
740216	48	740901	161
750114	5	750901	122
760217	71	761001	192
770330	5	770831	86
780331	0	780831	93
790417	28	791031	78
791213	40	800818	86
810401	0	810912	90
820131	11	820812	96
830201	18	830901	118
840131	28	840902	112
850501	31	850715	74
860331	7	861015	100
861210	65		

Område 15. HERRLJUNGA (f d Ölanda, P-län)

Belägenhet: Vid Herrljunga flygplats, 30 km SV Falköping och 35 km N Borås.

Geologi: Moränterräng med litet isälvsstråk på urberg (Fries 1867).

Observationsrör: De flesta rören i området står i isälvsmaterial medan två står i sandig morän. Vattennivåvariationerna i det ena av dessa två är onormala, varför vi endast kunnat använda ett rör i detta område. Rörlängden hos detta, 15008, är 4 m under markytan (och 1,0 m över markytan och de högsta vattennivåerna däri ca 0,5 m under markytan. Variationsbredden under perioden 1970-86 har varit 3,38 m. Under hösten/vintern 1975-76 fylldes inte magasinet upp utan vi fick ett mycket lågt max-värde (och sedan också ett lågt min-värde, som dock inte är påträffande extremt).

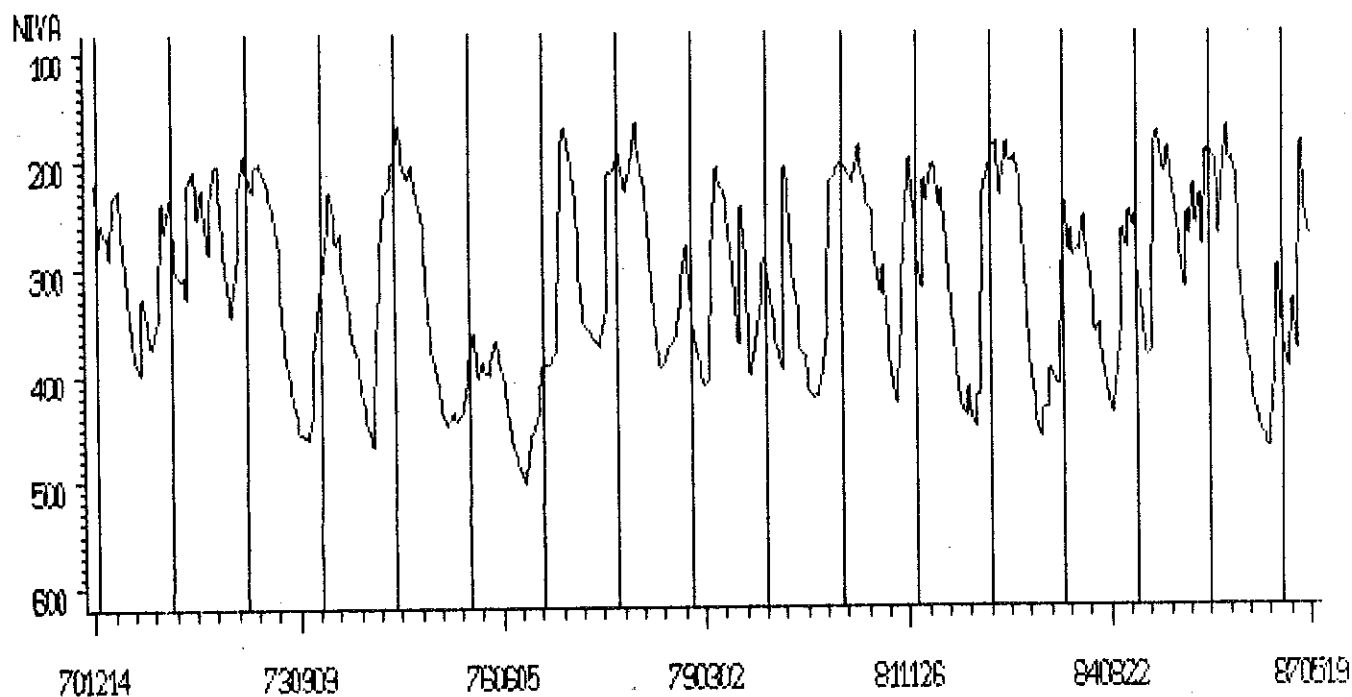


Fig 8. Vattennivån i rör 15008 under perioden 1971-87. Lägg märke till den regionala normala lågnivån 1976 och föregående låga vintermax-nivå.

Rör 15008 (Herrljunga)

Max-nivåer		Min-nivåer	
		701230	240
710418	227	710802	399
720731	204	721017	345
721218	195	731101	460
740217	228	740915	467
750115	168	750915	449
760118	363	761001	503
770417	170	771002	375
780402	165	780802	394
790501	208	791014	400
800405	208	800817	423
810402	188	811001	428
811201	200	821015	450
830202	184	830916	459
840116	241	840901	437
850415	175	850901	319
860401	170	861015	469
861211	301		

Område 16. TIVEDEN (f d Velen, R-län)

Belägenhet: Detta område omfattar 45 km² och ligger mitt emellan Väneren och Vättern, 30 km ONO Mariestad.

Geologi: Området domineras av sandig morän i olika morfologiska typer på gnejs. Smärre isälvsavlagringar finns också i detta småkuperade område (Westergård & Johansson 1915, Myrhede 1988).

Observationsrör: Detta område har innehållit en mängd rör, varav ca 17 fortfarande är i drift. Vi har vrakat bland dessa och funnit tre vara bäst lämpade, nämligen 16018, 16025 och 16029. I beräkningarna för prognosmetoder har dessutom 16044 använts, men det rörets vattennivå har ganska liten variationsbredd (< 1,2 m). Dessutom saknas data från senare halvåret 1976. De tre rören står i sandig morän och är 3, 4 resp 3 m djupa. Variationsbredderna hos vattennivån är hittills 1,63 m, 2,22 m resp 2,71 m. Även i detta område gav hösten/vintern 1975/76 låg uppfyllnad med extremt lågt maximum och efterföljande lågt minimum.

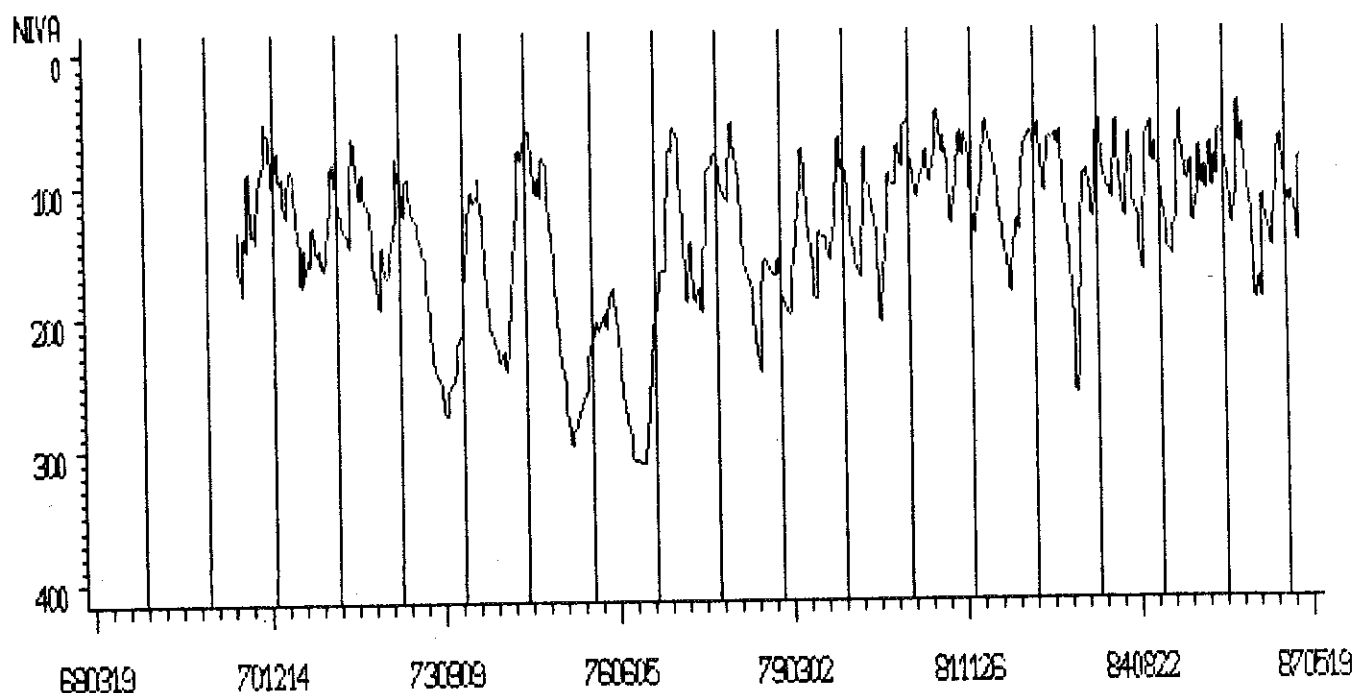


Fig 9. Vattennivån i rör 16029 under perioden 1970-87. Här finns den normala regionala miniminivån 1976 med föregående lågt värde vintern 1975-76.

Rör 16018 (Tiveden)

Max-nivåer		Min-nivåer	
		671214	73
680327	33	681011	174
690411	40	690815	177
700429	44	701001	120
701203	40	710804	130
720405	43	720907	97
721213	45	730919	144
740321	47	740904	146
750104	29	750830	157
760515	97	761001	192
770430	31	770831	109
780401	32	780815	130
790501	40	790715	121
791130	42	800731	125
801231	30	810915	119
820401	41	821001	174
830501	38	830830	180
840416	46	840917	169
850429	29	850831	108
860401	36	860815	155
861210	69		

Rör 16025 (Tiveden)

Max-nivåer		Min-nivåer	
		700718	303
701201	177	710715	308
720415	182	720915	315
721215	187	731113	376
740215	183	740831	248
741117	167	750830	285
751205	192	760831	310
770430	167	770715	252
780331	159	780831	282
790331	165	790715	277
800430	154	800731	277
801215	158	810915	279
820331	158	820815	325
830130	169	830830	343
840115	170	840915	323
850430	184	850730	255
860330	162	860715	300
861208	181		

Rör 16029 (Tiveden)

Max-nivåer		Min-nivåer	
		700722	182
701125	53	710707	173
720405	64	720907	194
721213	80	730919	275
740328	96	740905	241
750118	60	750914	298
760515	180	761001	311
770430	59	770930	197
780401	54	780901	242
790501	73	790731	188
791130	67	800731	205
810617	47	810915	130
820401	54	820815	183
830201	56	830830	260
840115	54	840917	169
850429	49	850715	130
860401	40	860815	190
861210	66		



Område 18. KOLMARDEN (f d Dammtorp, E-län)

Belägenhet: Detta område ligger mitt emellan Nyköping och Norrköping strax norr Bråviken.

Geologi: Området är beläget i en dalgång som är några hundra meter bred. Dalgångens botten upptas mestadels av glacial lera, som är upp till 20 m mäktig. I den södra delen av området underlagras leran av närmare 10 m sand och grus. Omgivningen utgörs av svallad morän och kallt berg (Lundström & Persson 1972, Persson 1982).

Observationsrör: Områdets observationsrör drevs 1969 och 1970. Av de fem rören har tre använts vid prognosanalyserna, nämligen 18001, 18004 och 18005. Vid närmare betraktelse har dock 18005 befunnits ha lite trög reaktion och har därför uteslutits här. Rör 18001 står i dalgångsbotten i slutna akvifer (lera på sand eller morän) och 18004 i moränsluttning. Rören är 15 resp 5 m djupa under markytan. Vattennivåns variationsbredd har under perioden 1969-87 varit 3,06 resp 3,01 m.

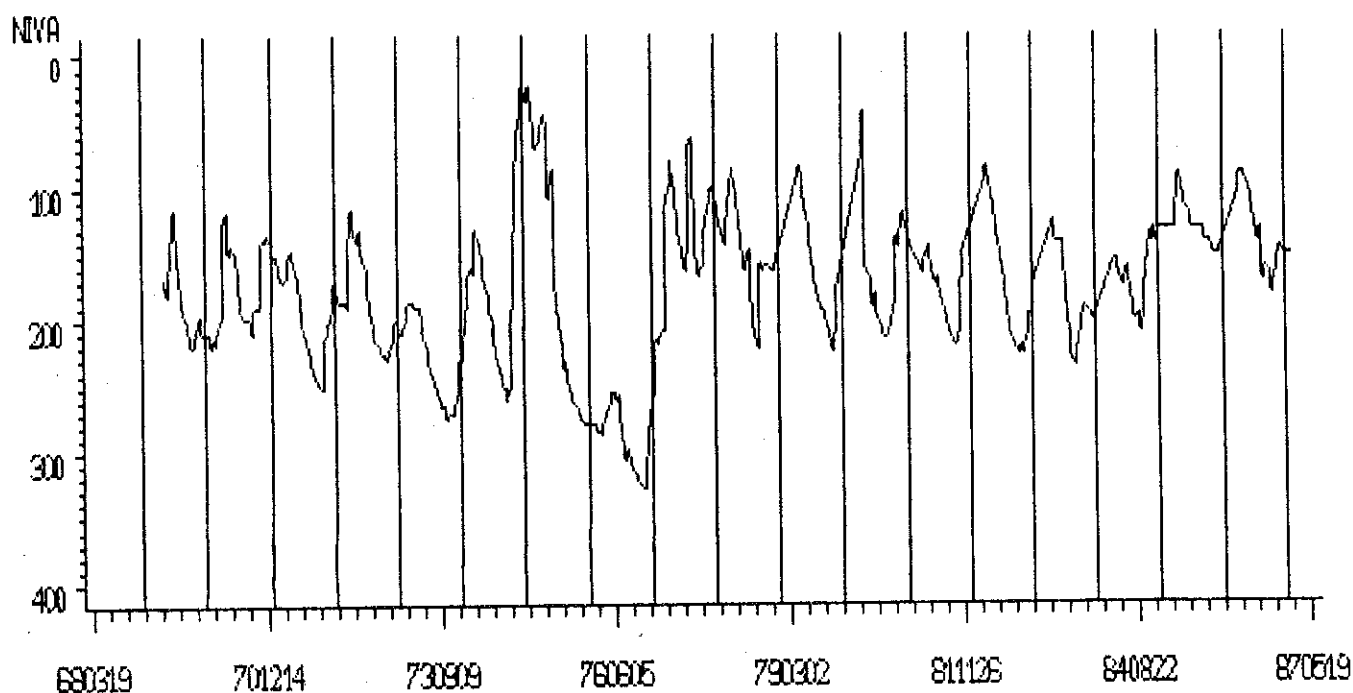


Fig 10. Grundvattennivån i rör 18001 under perioden 1969-87. Avvikande nivåer är dels det normala regionala min-värdet 1976 och max-värdet 1975-76 samt ett lokalt extra högt max-värde 1974-75.

Rör 18001 (Kolmården)

Max-nivåer		Min-nivåer	
690630	115	691015	220
700430	118	700930	210
701215	134	711018	250
720417	115	721031	230
730228	185	731015	275
740401	130	740916	260
741230	22	751215	278
760517	254	761129	328
770831	63	770930	166
780417	86	780831	222
790430	84	791031	224
800430	43	800901	214
801215	119	810930	219
820413	83	821115	226
830502	125	830905	235
840416	155	840917	210
850429	90	851111	150
860415	90	861014	180
861212	145	870102	150

Rör 18004 (Kolmården)

Max-nivåer		Min-nivåer	
710413	415	711018	525
720417	400	721016	520
730315	470	730914	560
740401	400	740916	535
741230	280	751201	549
760517	489	760915	581
770418	349	770718	454
780417	343	780831	498
790430	353	791031	498
800430	418	800901	487
810102	379	810930	497
820413	354	820930	523
830418	410	830905	545
840416	400	840903	480
850429	370	851030	450
860512	370	861014	480
861212	440		

Område 41. SANDHAMMAREN (M-län)

Belägenhet: I SÖ Skåne strax innanför kusten vid Sandhammaren.

Geologi: Sand och moränlera på lerskiffer. Flackt område (Moberg 1895, Daniel 1986).

Observationsrör: Datainsamling från åtta rör startade i december 1970. Av dessa är fem i drift och vi har utnyttjat två. Dessa två (41005 och 41006) står i moränlera och är 6 resp 2 m djupa under markytan. De övriga rören står i sandavlagringar. Variationsbredden hos de två aktuella rören 41005 och 41006 var under perioden 2,51 m resp 1,23 m. Rör 41005 är således det bäst lämpade för användning i prognossammanhang. (Databasens mätvärde 870430 607 för 41005 är helt tokigt - bör strykas!)

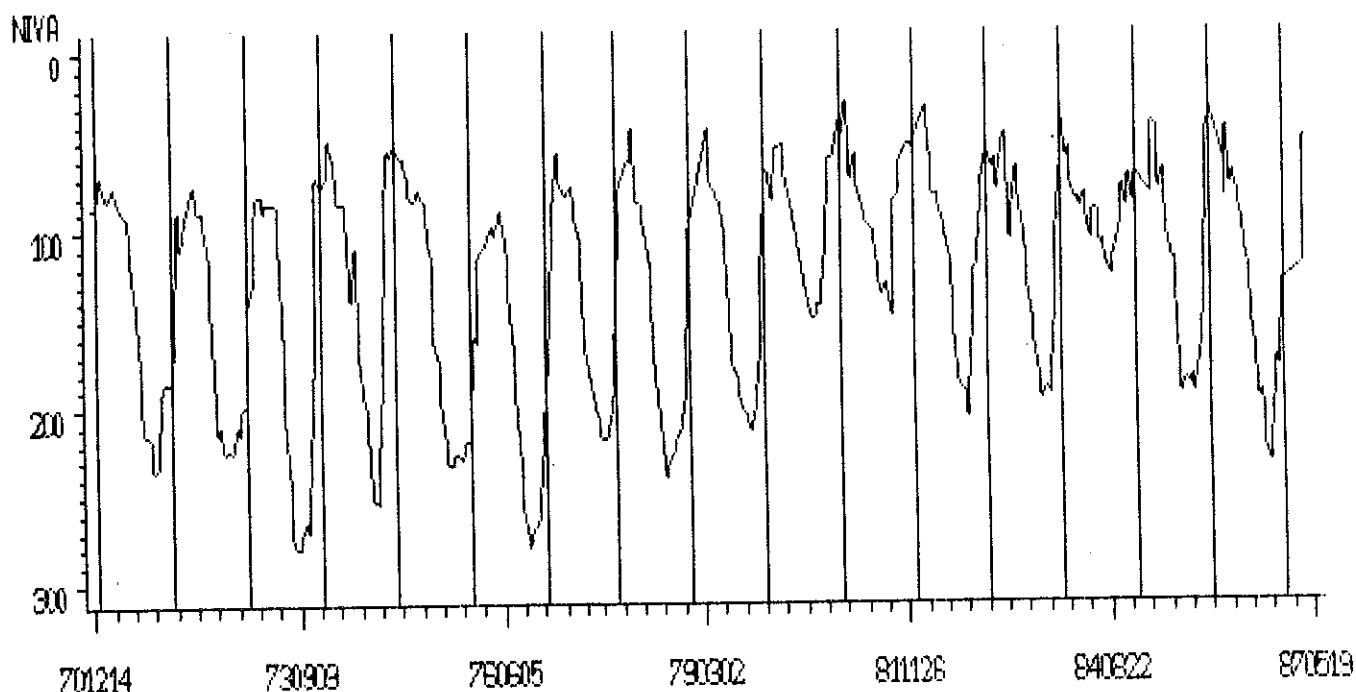


Fig 11. Vattennivån i rör 41005 under perioden 1970-87. Här finns en under de olika åren ganska jämn variation, dock kan man av min-värdena utläsa en viss regional variation med lågnivå 1976 och 1986.

Rör 41005 (Sandhammaren)

Max-nivåer		Min-nivåer	
710130	68	711015	235
720415	75	720915	225
730228	80	730831	280
740215	50	740930	255
741231	53	750930	233
760531	90	761001	280
770228	57	771030	218
780330	44	780830	239
790401	44	791028	213
800315	52	800815	150
810202	29	810916	148
820313	32	820930	206
830415	47	830930	195
840115	40	840830	126
850329	40	850815	193
860115	35	861031	232
870415	50		

Rör 41006 (Sandhammaren)

Max-nivåer		Min-nivåer	
710130	159	710715	245
720229	170	721215	245
730215	170	730915	245
731215	150	740831	235
741130	145	750831	236
760430	142	760915	242
770130	140	770930	234
780228	159	780815	227
790401	122	791014	227
800401	149	800815	221
810202	141	810717	218
820313	147	820915	228
821215	159	830830	230
840115	156	840830	216
850329	131	850731	220
851215	151	860930	221
870213	154		

Område 51. NASBYHOLM (M-län)

Belägenhet: Detta lilla område ligger strax väster om Svenstorp kyrka, ca 25 km väster om Ystad.

Geologi: Ganska flackt moränlereområde på kalksten (Westergård 1912).

Observationsrör: Av de ursprungliga nio rören är fyra i drift, varav två befunnits lämpligast för prognosmetoden. Rör 51004 och 51005 står mindre än 20 m från varandra och är 7,5 resp 4 m djupa under markytan. Variationsbredderna är 3,92 resp 3,37 m under perioden 1973-86.

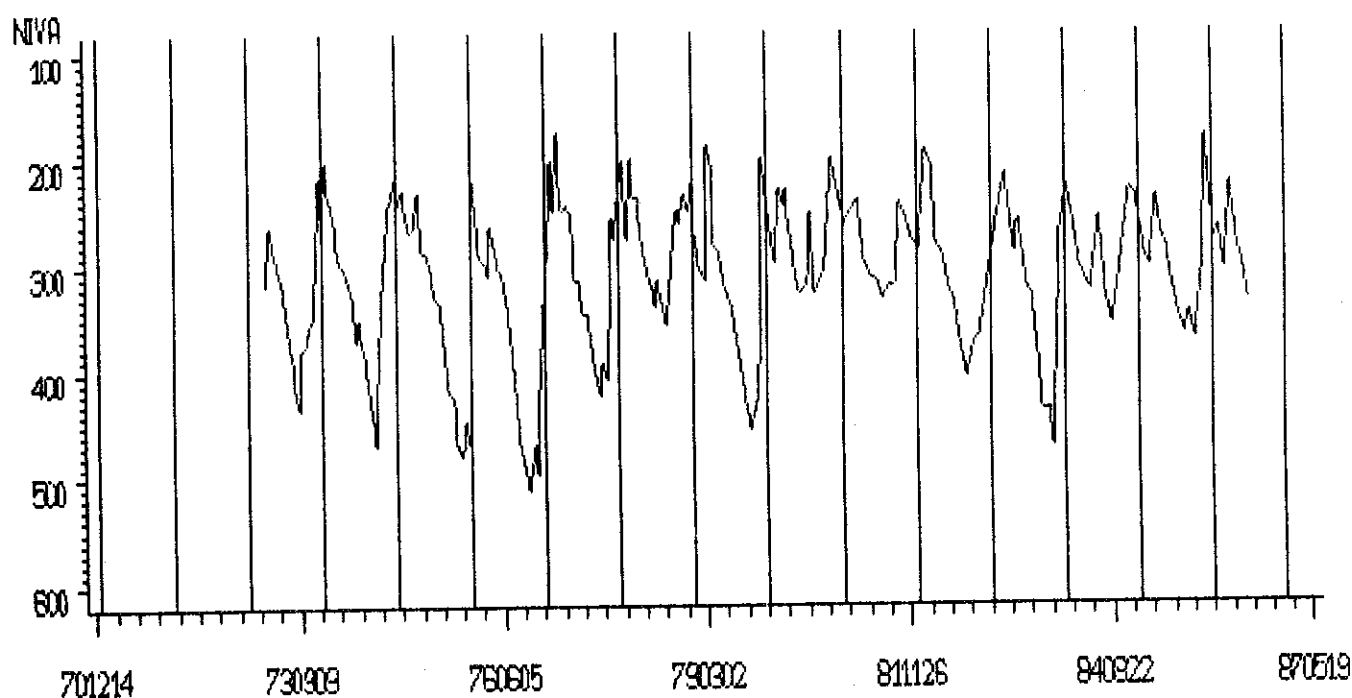


Fig 12. Vattennivån i rör 51005 under perioden 1973-86. Normalt regionalt min-värde 1976.

Rör 51004 (Näsbyholm)

Max-nivåer

Min-nivåer

		730916	447
740116	255	740928	471
741229	251	751115	513
760111	289	760930	535
770225	143	771003	439
780114	241	780815	384
790312	193	791014	482
791210	217	800819	337
801117	202	811115	363
820215	237	820912	447
830324	182	831115	437
840109	196	840826	340
850326	242	850812	397
851203	192	860707	339

Rör 51005 (Näsbyholm)

Max-nivåer

Min-nivåer

		730916	435
740116	202	740928	471
741229	216	751115	481
760111	223	761016	512
770225	175	771003	423
780226	200	780815	356
790312	188	791014	455
791210	200	800819	328
801117	199	810713	332
820215	192	820912	407
830324	215	831115	472
840109	227	840826	357
841118	228	851006	372
851203	179	860707	334

Område 60. MOTALA (E-län)

Belägenhet: Detta område är beläget 12 km S Motala och 30 km V Linköping. Här ingår sex "delområden".

Geologi: På Östgötaslättens sedimentära bergarter. Rören 60011-15 står i ett område med finmo och varvig lera medan 60045 står i sandig-moig morän (Johansson 1976, Möller et al 1981, Myrhede 1988).

Observationsrör: Från början, 1974-75, fanns här ca 30 observationsrör varav ca hälften är kvar. För prognostiseringsutvärderingen har vi använt 60011, 60013, 60015 och 60045. De tre första är belägna ett par km NO om Skänninge och det fjärde 12 km NO därom. För rör 60045 har vi tagit bort data före 770215 ity de förefaller otillförlitliga. Detsamma gäller rör 60015 och 60011 före 750901. Av dessa fyra har rör 60013 påtagliga långtidsvariationer (tiotalet år). Variationsbredden hos vattennivån i 60011, 60013, 60015 och 60045 har under perioden 1975-86 varit 3,73, 5,62, 3,36 resp 1,99 m. Mätvärde i 60013 850215 603 ändrat till 503.

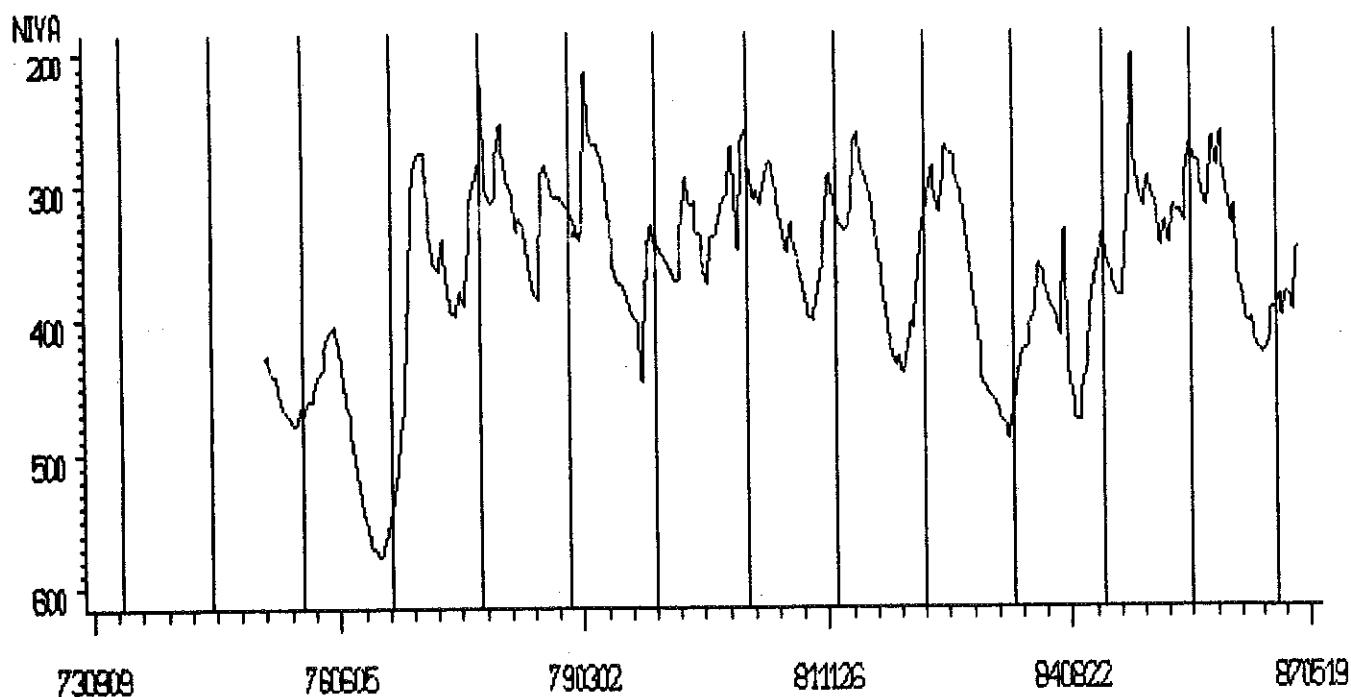


Fig 13. Vattennivån i rör 60011 under perioden 1975-87. 1976 innehåller ett normalt regionalt min-värde liksom vintern före.

Rör 60011 (Motala)

Max-nivåer		Min-nivåer	
		750731	492
760501	410	761115	577
770501	275	771001	397
780115	225	780901	385
790316	215	791101	447
800430	295	800801	375
810101	258	811001	401
820401	262	821002	441
830331	271	831215	490
840801	334	840915	477
850502	204	850901	346
860501	263	861101	427

Rör 60013 (Motala)

Max-nivåer		Min-nivåer	
750708	419	751101	627
760530	510	760816	600
770415	228	771001	508
780401	198	780901	418
790316	180	791015	370
800430	152	800801	268
810101	65	811001	474
820315	188	821002	544
830501	216	830915	602
840502	445	841025	603
850502	192	851001	319
860501	173	861115	427

Rör 60015 (Motala)

Max-nivåer		Min-nivåer	
750708	226	751215	465
760615	400	761031	556
770515	245	771001	366
780401	218	780801	385
790415	220	791115	385
801115	251	801201	327
810101	235	811001	347
820415	229	821015	411
830415	240	831229	461
840415	339	841015	474
850515	253	851001	304
860501	236	861101	429

Rör 60045 (Motala)

Max-nivåer		Min-nivåer	
		771001	305
780402	127	780902	289
790501	132	791103	292
800509	177	800731	264
801215	128	811001	308
820331	120	820817	238
830401	127	830915	319
840115	140	840915	291
850228	123	850901	210
860401	126	860817	301

Område 64. VIKBOLANDET (E-län)

Belägenhet: Detta område finns mellan Slätbaken och Bråviken 20 km SSO Norrköping.

Geologi: I kuperat område med omväxlande lera, morän och uppstickande berg. Ställvis mer än 30 m kohesionsjord (Bergström & Wikström 1975).

Observationsrör: I detta område utfördes fem observationsrör 1975, varav fyra är i drift. För prognostiseringen har vi funnit 64002 och 64005 lämpligast. Följande data har ändrats: 64005 850815 302 ändrat till 402. I båda rören finns dock märkbara långtidsvariationer. Variationsbredden för vattennivån i dessa båda rör har under perioden 1975-86 varit 3,78 resp 3,98 m.

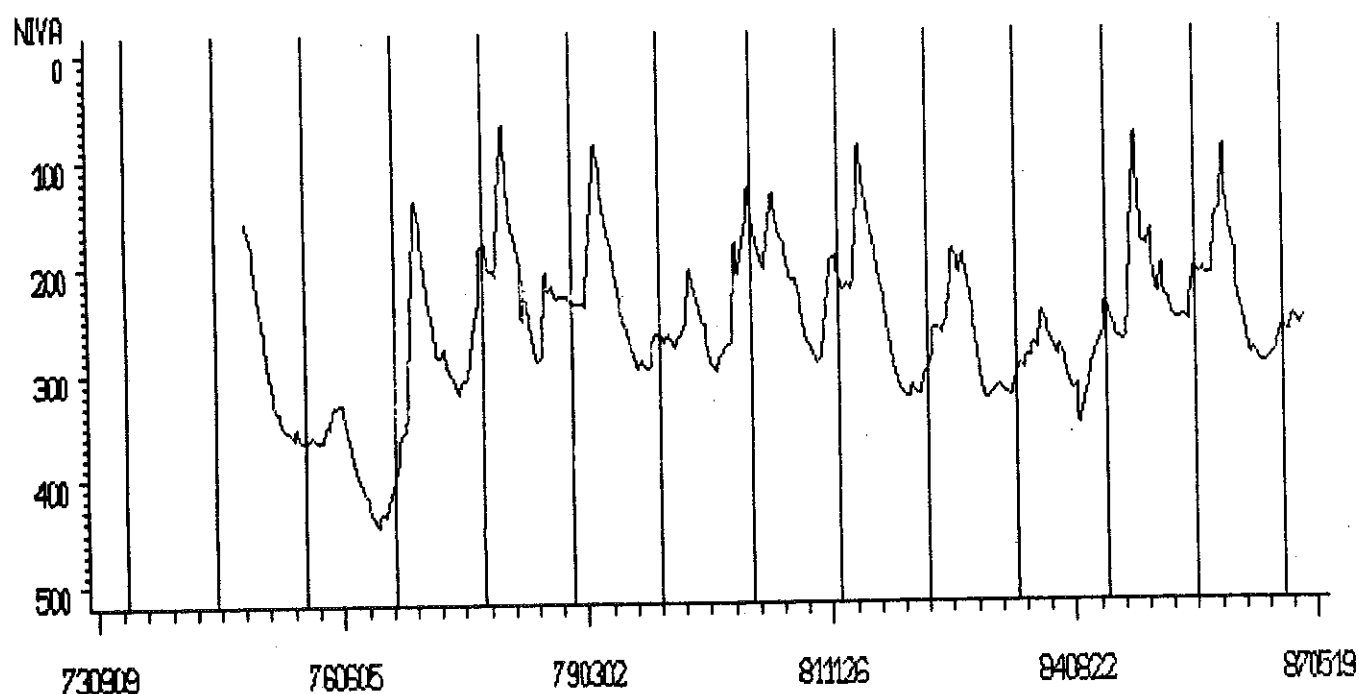


Fig 14. Vattennivån i rör 64002 under perioden 1975-87. 1976 gav ett extremt lågt min-värde, som är normalt för hela södra Sverige. Föregående vinter gav likaså låg max-nivå. Lågnivån under 1983-84 är sannolika men ej lika markanta.

Rör 64002 (Vikbolandet)

Max-nivåer		Min-nivåer	
		751215	364
760516	330	761031	446
770329	139	771001	320
780401	68	780815	292
790415	87	790929	298
800502	205	800816	302
801231	128	810930	294
820331	89	821001	325
830415	188	830901	329
840416	247	840916	354
850501	79	851201	258
860501	92	861002	297

Rör 64005 (Vikbolandet)

Max-nivåer		Min-nivåer	
		751214	567
760103	574	761129	702
770416	421	771016	488
780401	304	780902	455
790430	335	791117	521
800516	496	801015	555
810415	382	811030	488
820331	352	821130	551
830531	437	831216	556
840515	488	841014	560
850501	363	851116	474
860501	403	861130	535

Område 65. LINKÖPING (E-län)

Belägenhet: Detta område är beläget drygt 10 km öster om Linköping mellan Askeby och Törnevalla.

Geologi: Urbergsområde med småkuperad moränterräng och varviga ler i sänkorna. De båda utnyttjade rören står i morän i anknäring till avlagringar av ändmoräntyp. Borrningsdjupet tyder på att moränen inte är homogen (Bergström & Kornfält 1973, Möller et al 1981).

Observationsrör: Av de ursprungliga 10 rören 1975 är åtta fortfarande i bruk. Av dessa har vi av olika anledningar bara kunnat använda två för prognosmetoden, nämligen nr 65004 och 65005. För samtliga rör finns ett avvikande mätvärde den 15 november 1983, vars orsak är okänd och ej korrigerats. Rör 65004 är 10,8 m djupt under markytan och anges vara placerat i morän (vilket är tveksamt med hänsyn till rörlängden). Även rör 65005 anges stå i morän och vara 8,0 m djupt. Vattennivåns variationsbredd under perioden 1975-86 har varit 3,05 resp 4,71 m.

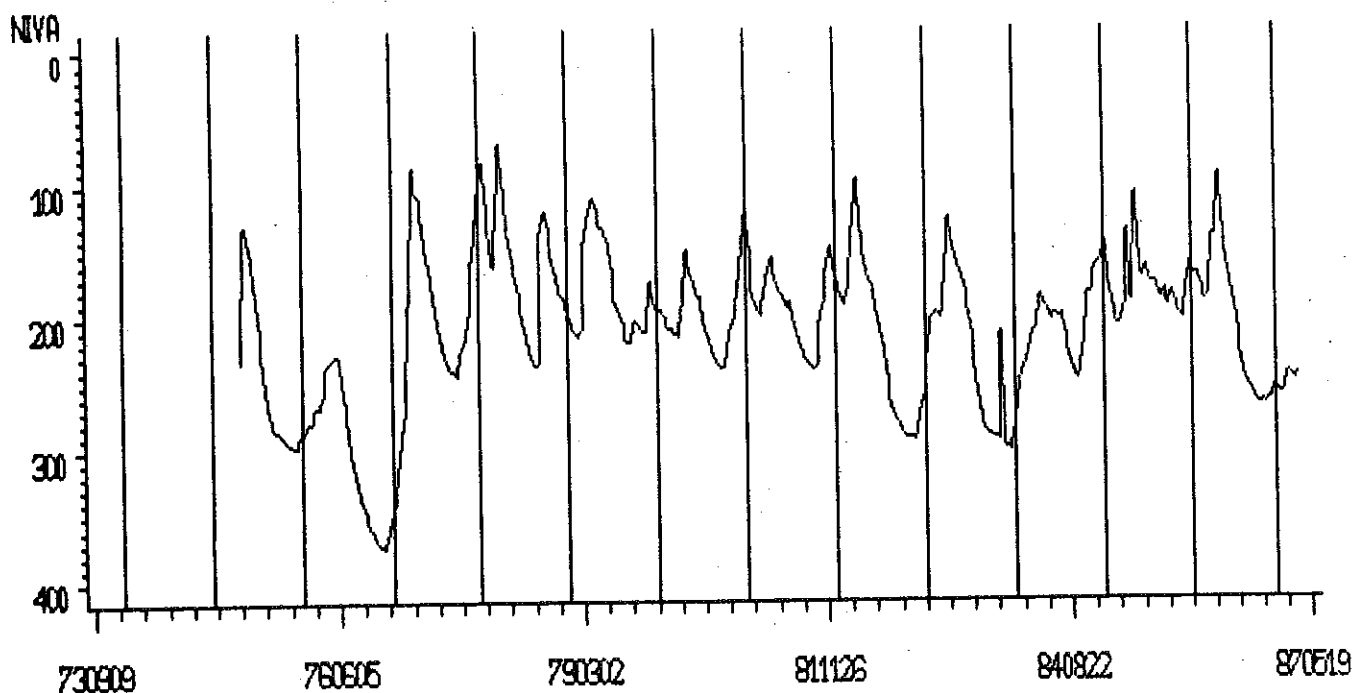


Fig 15. Vattennivån i rör 65004 under perioden 1975-87. Vattennivån sommaren 1976 är en regional normal lågnivå med motsvarande låga max-nivåer vintern före. Orsaken till den markanta "piken" 1983 är inte utredd. Här är långtidsvariationerna i samma storleksordning som årsvariationerna och därmed viss risk för sämre noggrannhet vid användning av prognosmetoden.

Rör 65004 (Linköping)

Max-nivåer		Min-nivåer	
750514	131	761130	375
770331	87	770930	245
780331	70	780815	237
790415	111	790831	220
800430	150	800915	239
801231	123	810930	241
820330	97	821115	295
830415	127	831215	301
840414	185	840915	249
850515	110	851130	204
860430	95	861015	268

Rör 65005 (Linköping)

Max-nivåer		Min-nivåer	
		751201	611
760514	319	761130	660
770515	325	770930	514
780415	189	780901	519
790501	282	791016	460
800430	325	800930	512
810330	302	810930	524
820330	286	821016	600
830430	354	830915	589
840414	377	840915	543
850515	294	851015	458
860430	281	861015	549

Område 66. KINDA (E-län)

Belägenhet: Detta område finns i södra Östergötland utmed väg 134 mellan sjöarna Sommern och Åsunden strax väster om Kisa, vilket innebär 40 km söder om Linköping.

Geologi: Kuperad berg- och moränterräng. Smärre inslag av isälvs-material och finsediment. Graniter och sandig-moig morän (Svedberg 1904).

Observationsrör: Observationsrören i detta område drevs 1975. Av dessa är sex i drift och tre har bedömts lämpliga för prognosmetoden, nämligen 66003, 66004 och 66006 (de andra har vattennivåer med liten variationsbredd).

Dessa tre rör står i morän och är 4,2, 6,2 resp 8,8 m djupa. För rör 66004 har ett mätvärde ändrats, nämligen 780830 från 165 till 265. Variationsbredden hos vattennivån i dessa tre rör har under observationsperioden 1975-87 varit 1,69, 1,53 resp 3,15 m.

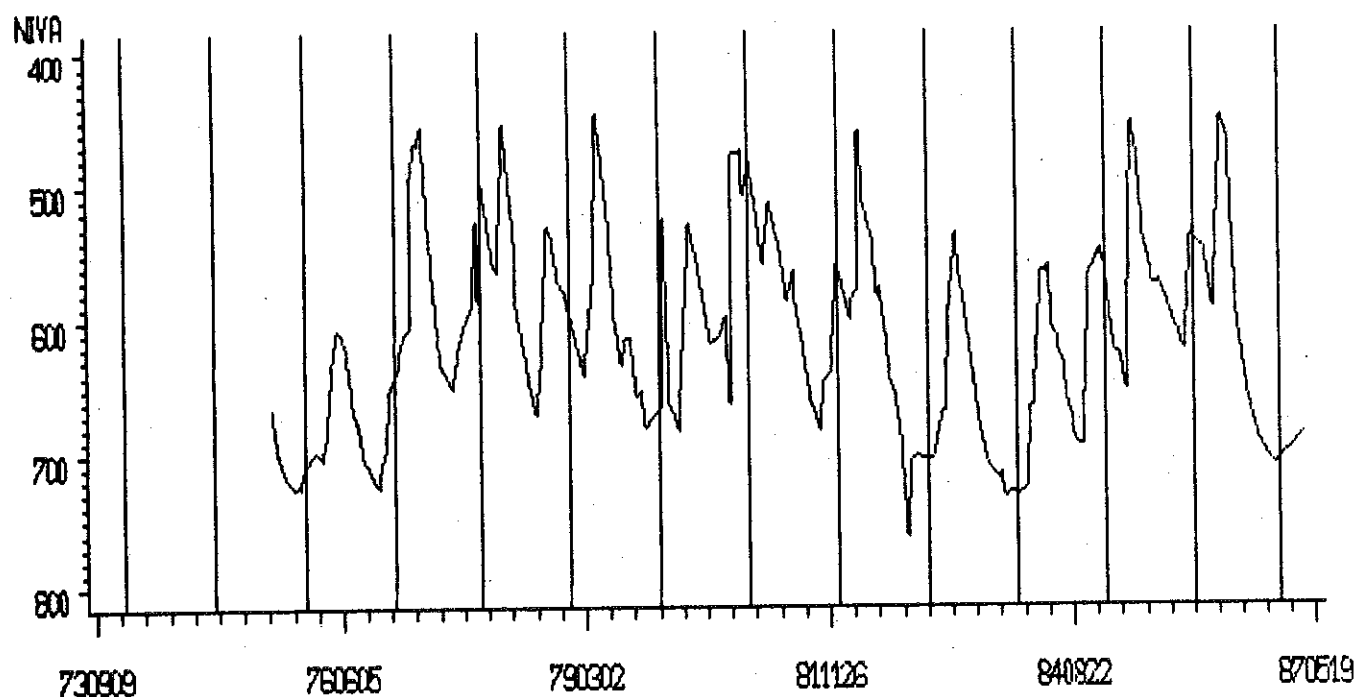


Fig 16. Vattennivån i rör 66006 under perioden 1975-87. Årsvariationerna är ganska jämna. Max-nivån 1975-76 har normalt regionalt lågt värde.

Rör 66003 (Kinda)

Max-nivåer	Min-nivåer
	760903 312
770318 145	770813 231
780402 145	780830 248
790401 145	791109 234
800501 165	800804 213
801213 152	811019 269
820319 149	820817 261
830403 160	830901 294
840417 178	840902 269
850417 146	850901 199
860328 143	861013 241

Rör 66004 (Kinda)

Max-nivåer	Min-nivåer
	750828 312
760502 222	760903 336
770318 188	770813 262
780402 190	780817 268
790401 196	790705 274
800501 212	801019 242
810329 201	810910 281
820319 197	820817 312
830403 195	830901 335
840417 212	840902 304
850503 183	850901 239
860328 190	860817 286

Rör 66006 (Kinda)

Max-nivåer	Min-nivåer
	761104 725
770504 457	770904 650
780402 455	780817 670
790429 447	791109 680
800118 525	801019 662
801206 474	811019 683
820404 460	821017 762
830501 536	831118 733
840513 561	840917 694
850503 454	851202 624
860502 451	861214 710

Område 69. LYSEKIL (O-län)

Belägenhet: Detta område ligger mellan Gullmarsfjorden och Åbyfjorden 15 km NNO Lysekil och 25 km VNV Uddevalla.

Geologi: Västkustskt ler- och bergområde (Lindström 1902).

Observationsrör: Rören i detta område drevs 1976-77 men flera har tagits ur drift. För prognosmetoden kan rören 69002 och 69003 användas. Dessa står i en sydsluttning med berg-morän-lera ca 1 km från varandra öster om Brastads station. Rören är båda 6,8 m djupa och variationsbredden hos vattennivån har under perioden 1976-87 varit 1,44 resp 1,40 m.

I databasen har följande korrekitioner utförts: För rör 69002 821016 164 ändrat till 264, 840916 167 ändrat till 267, 860901 143 ändrat till 243. För rör 69003 860901 132 ändrat till 232, data före februari 1977 borttagna helt.

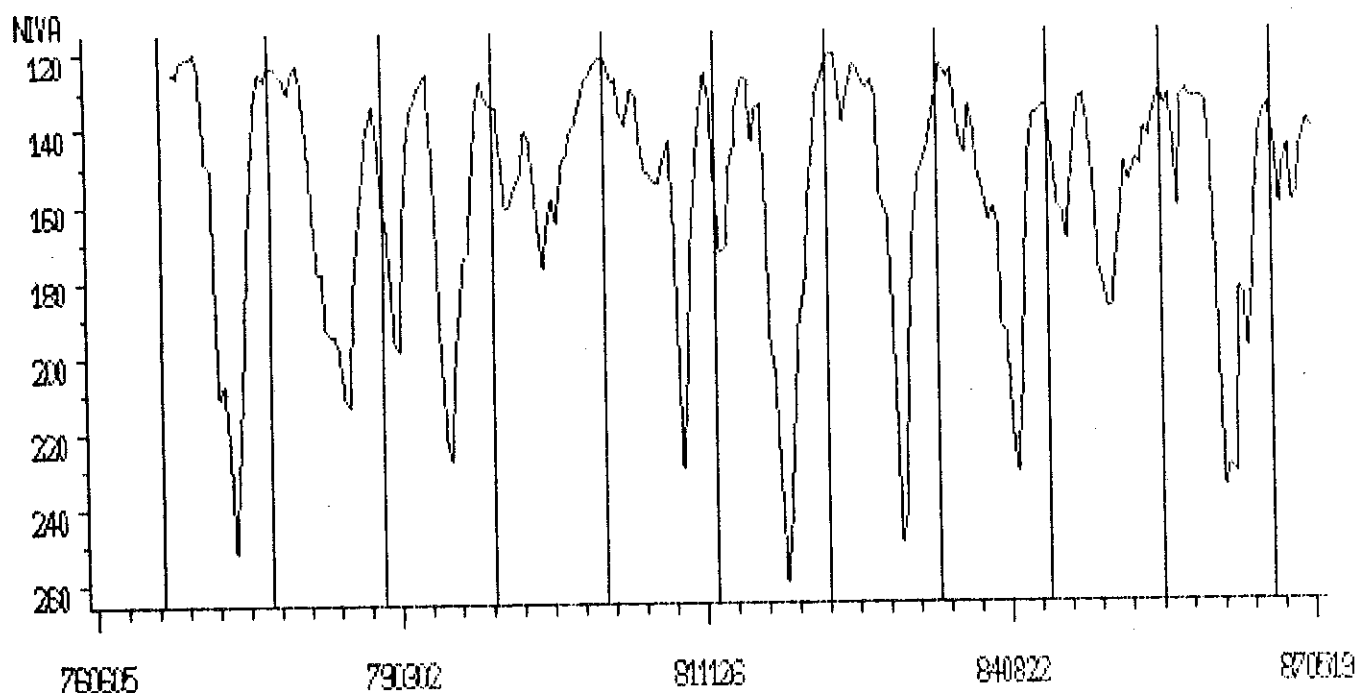


Fig 17. Vattennivån i rör 69003 under perioden 1977-87. Normala variationer. Sommaren 1980 var extra blöt, varför minnivån inte blev lika låg som andra år. Det regionala lågnivå-året 1976 finns inte med i denna serie.

Rör 69002 (Lysekil)

Max-nivåer	Min-nivåer
	761115 213
770515 137	771001 276
780318 138	780916 268
790602 139	791015 245
800502 142	800801 171
810216 132	810917 222
820315 133	820915 269
830201 147	830916 275
840116 147	841001 250
850331 136	850831 235
860901 143	861015 261
861231 157	

Rör 69003 (Lysekil)

Max-nivåer	Min-nivåer
770430 120	770901 252
780401 123	780916 213
790602 126	790816 228
791202 128	800616 177
810101 121	810917 230
811201 126	820815 260
830115 121	830901 250
840116 124	840916 231
850430 132	850715 188
860101 131	860801 235
861231 135	

Område 71. DALSLAND (P-län)

Belägenhet: Detta område utgörs av en del av området mellan sjöarna Lerlängen och Västra Silen, väster om Vårviks kyrka och ca 35 km nordväst om Åmål i Dalsland.

Geologi: Område med morän under högsta kustlinjen (Sandegren & Larsson 1956).

Observationsrör: Totalt finns fyra rör i morän i området, två utfördes 1975 och de övriga 1982. För prognosanalysen har rören 71001 och 71002 använts. De är placerade i moränmark och är 3,0 resp 4,1 m djupa. Under perioden 1976-87 har vattenytans variationsbredd i dessa rör varit 2,21 resp 2,02 m.

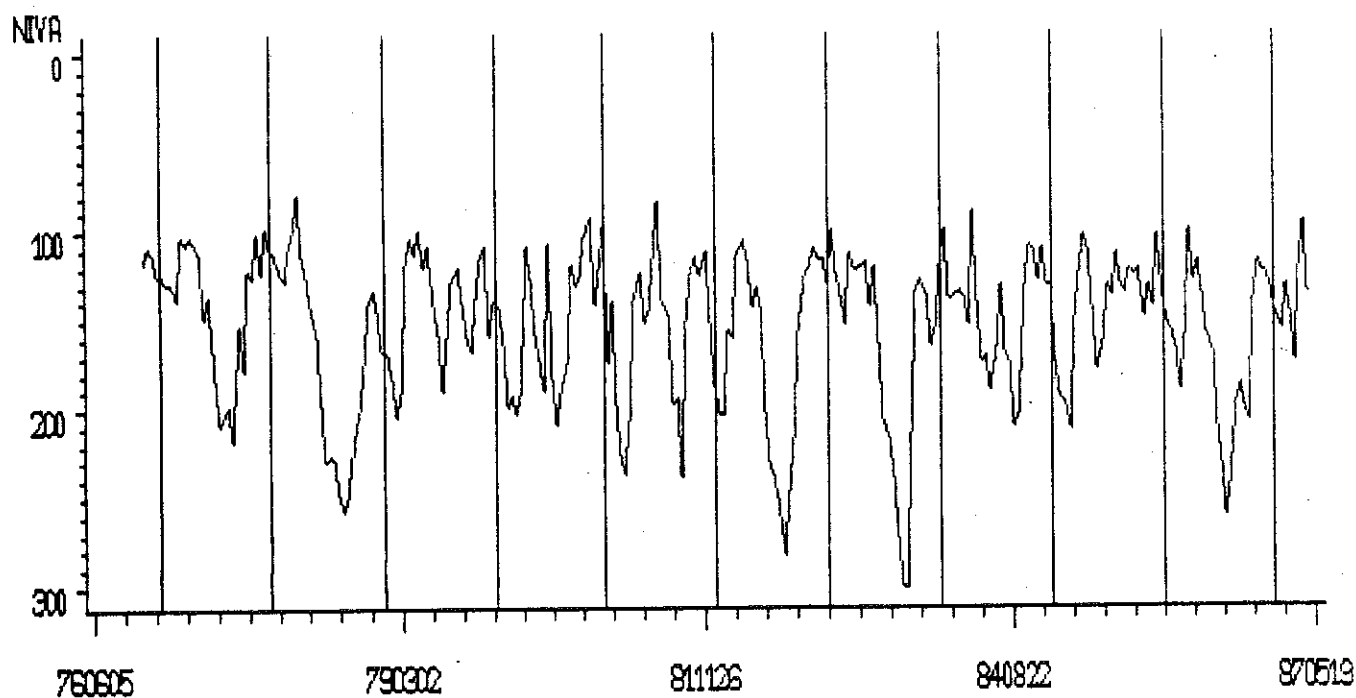


Fig 18. Vattennivåns variationer i rör 71001 under perioden 1976-87. Det regionala normala lågnivåvärdet 1976 har inte kommit med eftersom mätningarna startat efter detta tillfälle. 1983 års min-nivå är en regional normal lågnivå med tätare återkomstintervall än 1976 års.

Rör 71001 (Dalsland)

Max-nivåer		Min-nivåer	
		761227	125
770314	103	770831	218
780330	79	780830	258
790430	100	790715	189
800630	107	800730	208
810630	83	810916	238
820331	106	820815	282
830113	99	830831	300
840415	89	840831	210
850414	103	851031	148
860331	99	860730	260
861114	117		

Rör 71002 (Dalsland)

Max-nivåer		Min-nivåer	
		761004	342
770430	144	770831	310
780330	146	780830	326
790430	149	790715	277
791130	154	800730	274
801231	153	810916	301
820416	157	820815	320
830414	157	830831	335
840415	140	840831	290
850430	150	850831	221
860501	150	861015	315
861211	201	870313	268

Område 74. KOMOSSE (P-län)

Belägenhet: Komosse är belägen vid landskapsgränsen Västergötland/Småland 20 km SO Ulricehamn och 30 km SV Jönköping. Det här använda röret 74001 står vid byn Granhestra några km öster om Komosse.

Geologi: Detta är ett flackt moränområde med vidsträckta myrmarker. Det angivna röret 74001 står i morän (Johansson 1974).

Observationsrör: De flesta av rören i detta område står i torvmark i Komosse-komplexet. Det här använda röret 74001 står i morän några km från mossen. Rören drevs 1978 och observationsperiodens längd är därför i kortaste laget. Perioden innehåller inte något år med extremt låga nivåer. Rör 74001 är 6,25 m djupt och vattennivåns variationsbredd har under perioden 1978-87 varit 2,43 m. Rör 74005 står också i morän, men dess data har liten variationsbredd.

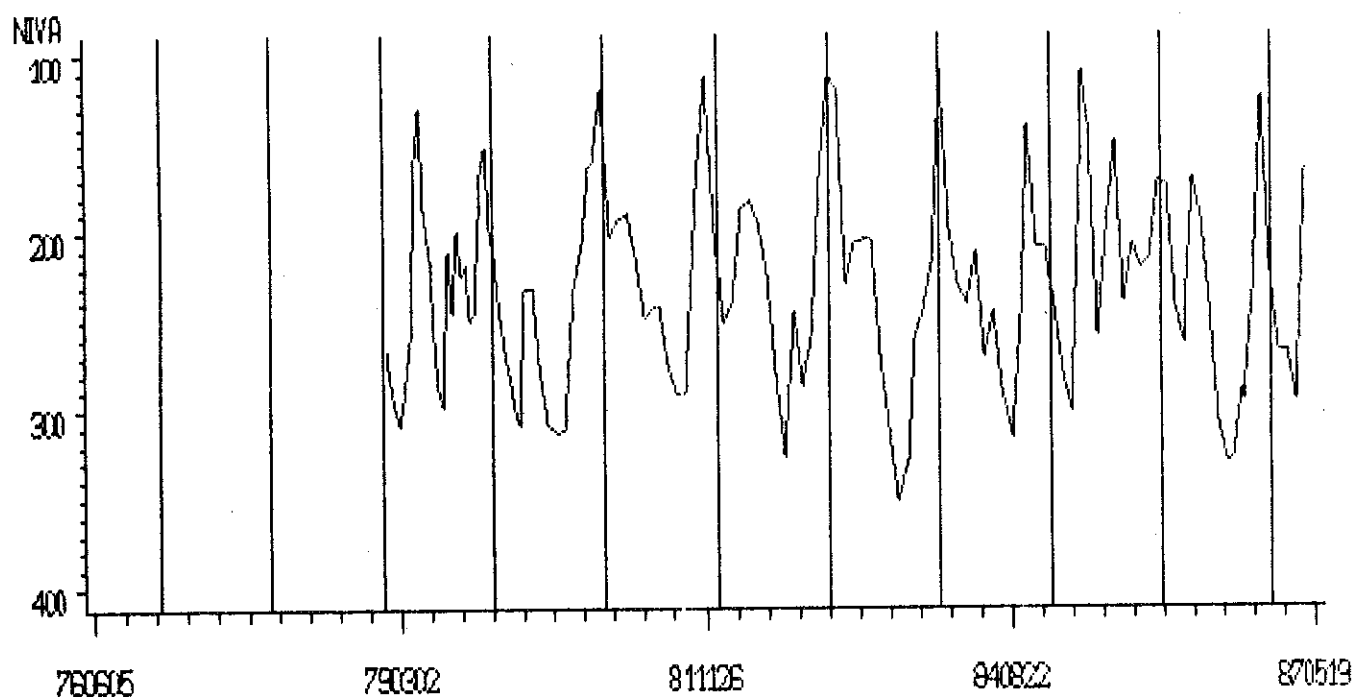


Fig 19. Vattennivån i rör 74001 under perioden 1979-87. Normal regional lågnivå 1983.

Rör 74001 (Komosse)

Max-nivåer		Min-nivåer	
		790721	299
791207	153	800727	313
801228	120	810830	291
811125	112	820808	326
830102	112	830823	352
840112	110	840830	316
850418	109	850904	240
860416	170	860807	330
861204	125		

ARBETSPLAN

1. Prenumeration av referensrörersdata från SGU.
2. Ta ut de årliga max- och min-värdena ur referensrörens mätserier. Min-värden först under juni-dec och sedan max-värden däremellan. Komplettera beräkningen av y^T -värden (detta måste göras vid varje komplettering).
3. Rita in nivåer för referensrören i diagram (bilaga 3).
4. Rita in mätdata för egna rör i diagram på samma sätt.
5. Rimlighetsbedömning av mätdata - är siffrorna/nivåerna rätt? Om inte - kontrollera rådata.
6. Bestäm risknivå, dvs återkomstintervallet T .
7. Beräkna lägespositioner S_R^T och Q_R^T .
8. Beräkna successivt r_P/r_R , $S_R^T \cdot r_P/r_R$, $P_{\max}^T$ respektive $Q_R^T \cdot r_P/r_R$, $P_{\min}^T$.
9. Jämför variationsbredder ($> 30\%$ av total och lägst i prognosröret).
10. Plotta dina successiva värden.
11. Komplettera om Du får fler mätvärden, ju längre period desto bättre.

Uppmätt vattenyta under rör ök cm

50

100

150

200

250

300

1/1

1/7

31/12

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. 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. 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. Följande uppsatser ingår:
Andréasson L, Cederwall K. Rubbningar av grundvattenbalansen i urbana områden.
Carlsson L. Djupinfiltration i slutna akviferer.
Törstensson B-A. Följder av grundvattensänkning inom lerområden.
Wedel P. Exempel på dränering av jordlager på grund av tunnelbyggande. (Utgången)
- nr 17 Olov Holmstrand, Per Wedel: Markvattenundersökningar i ett urbant område. 1976. 127 sidor.
- nr 18 Göran Ejdeling: Beräkningsmodeller för prognos av grundvattenförhållanden. 1978. 130 sidor.
- nr 19 Viktor Arnell, Jan Falk, Per-Arne Malmquist: Urban Storm Water Research in Sweden. 1977. 30 sidor.
- nr 20 Viktor Arnell: Studier av amerikansk dagvattenteknik. Resa i december 1976. 1977. 64 sidor.
- nr 21 Leif Carlsson: Reserapport från studieresa i USA samt deltagande i 2nd International Symposium on Land Subsidence in Anaheim, USA. 29 nov-17 dec 1976. 1977. 61 sidor.

- nr 22 Per O Wedel: Grundvattenbildning, samspelet jordlager och berggrund. Exemplifierat från ett försöksområde i Angered. 1978. 130 sidor.
- nr 23 Viktor Arnell: Nederbördsdata vid dimensionering av dagvattensystem med hjälp av detaljerade beräkningsmodeller. En inledande studie. 1977. 29 sidor.
- nr 24 Leif Carlsson, Klas Cederwall: Urbaniseringsprocessens inverkan på ytvattenavrinning och grundvattenbildning. Geohydrologisk forskning vid CTH, Sektion V, under perioden 1972-75. 1977. 17 sidor.
- nr 25 Lars O Ericsson (red.): Lokalt omhändertagande av dagvatten. Delrapport från första verksamhetsåret 1976-02-01 - 1977-01-31. 1977. 120 sidor.
- nr 26 Ann-Carin Andersson, Jan Berntsson: Kontrollerad grundvattenbalans genom djupinfiltration. En inventering av djupinfiltrationsprojekt. 1978. 273 sidor.
- nr 27 Anders Eriksson, Per Lindvall: Lokalt omhändertagande av dagvatten. Resultatredovisning av enkät rörande drift och konstruktion av perkolationsanläggningar. 1978. 126 sidor.
- nr 28 Olov Holmstrand (red.): Lokalt omhändertagande av dagvatten. Delrapport nr 2 från perioden 1977-02-01 - 1977-11-30. 1978. 69 sidor.
- nr 29 Leif Carlsson: Djupinfiltrationsstudier i Angered. 1978. 70 sidor.
- nr 30 Lars O Ericsson: Infiltrationsprocessen i en dagvattenmodell. Teori, Undersökning, Mätning och Utvärdering. 1978. 45 sidor.
- nr 31 Lars O Ericsson, Permeabilitetsbestämning i fält vid perkolationsmagasin. Dimensionering. 1978. 15 sidor.
- nr 32 Lars O Ericsson, Stig Hård: Infiltrationsundersökningar i stadsdelen Ryd, Linköping. 1978. 145 sidor.
- nr 33 Jan Hällgren, Per-Arne Malmquist: Urban Hydrology Research in Sweden 1978. Swedish Coordinating Committee for Urban Hydrology Research. 1978. 14 sidor.
- nr 34 Bo Lind, Göte Nordin: Geohydrologi och vegetation i Dalen 5, Karlskoga. 1978. 63 sidor.
- nr 35 Eivor Bucht, Bo Lind: Metodfrågor vid naturanpassad stadsplanering - erfarenheter från studie i Karlskoga. 1978. 65 sidor.
- nr 36 Anders Sjöberg, Jan Lundgren, Thomas Asp, Henriette Melin: Manual för ILLUDAS (version S2). Ett datorprogram för dimensionering och analys av dagvattensystem. 1979. 67 sidor.
- nr 37 Per-Arne Malmquist m fl: Papers on Urban Hydrologi 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 förenklad utformning av gator och dagvattensystem i ett upprustningsområde. 1980.
- nr 48 Viktor Arnell, Håkan Strandner, Gilbert Svensson: Dagvattnets mängd och beskaffenhet i stadsdelen Ryd i Linköping, 1976-77. 1980.
- nr 49 Lars O Ericsson, Stig Hård: Termisk registrering, en metod att kartera markvattenhalt - Termovisionsförsök i klimatkammare. 1980. 65 sidor.

- nr 50 Viktor Arnell: Dimensionering och analys av dagvattensystem. Val av beräkningsmetod. 1980. 56 sidor, 22 figurer.
- nr 51 Lars O Ericsson: Markvattenförhållanden i urbana områden. Slutrapport. Göteborg 1980. 115 sidor.
- nr 52 Olov Holmstrand (red.): Ingenjörsgelogisk kartering. Seminarium 1980-04-17. 110 sidor.
- nr 53 Olov Holmstrand: Lokalt omhändertagande av dagvatten. Sammanfattning av forskning om dagvatteninfiltration vid CTH 1976-79. 90 sidor.
- nr 54 Olov Holmstrand, Bo Lind, Per Lindvall, Lars-Ove Sörman: Perkulationsmagasin i ett lerområde. Lokalt omhändertagande av dagvatten i Bratthammar, Göteborg. 172 sidor.
- nr 55 Erland Högborg, Gunnar Lannér: Gatuplanering i bostadsområden i utlandet. Nya principer och lösningar i Danmark, Holland och England. 1981. 110 sidor.
- nr 56 Sven Lyngfelt: Dimensionering av dagvattensystem. Rationella metoden. 1981. 82 sidor.
- nr 57 Erland Högborg: Samband mellan gatustandard och trafiksäkerhet i bostadsområden. En förstudie. 1981.
- nr 58 Jan A Berntsson: Portryckförändringar och markrörelser orsakade av trädvegetation. 1980. 121 sidor.
- nr 59 Per-Arne Malmquist, Stig Hård: Grundvattenpåverkan av dagvatteninfiltration. 1981.
- nr 60 Annika Lindblad: Infiltrationsmätningar utförda vid Geologiska institutionen, CTH/GU, 1972-80. Sammanställning och statistisk bearbetning. 1981. 78 sidor.
- nr 61 Lars O Ericsson, Stig Hård: Termisk registrering - en metod att kartera markvattenhalt. Slutrapport. 1981. 18 sidor.
- nr 62 Jan Pettersson, Elisabeth Sjöberg: SÖDRA NÄSET - En intervjuundersökning rörande två alternativa upprustningsförslag av gator och dagvattentransport. 1981. 36 sidor.
- nr 63 Olov Holmstrand: Praktisk tillämpning av ingenjörsgelogisk kartering. 1981. 114 sidor.
- nr 64 Anders Sjöberg, Nils Mårtensson: REGNENVELOPEMETODEN. En analys av metodens tillämplighet för dimensionering av ett 2-års perkulationsmagasin. 1982. 29 sidor.
- nr 65 Gösta Lindvall: ENERGIFÖRLUSTER I LEDNINGSBRUNNAR - Litteraturstudie. 1982. 35 sidor.
- nr 66 Per-Arne Malmquist: Lathund för beräkning av Dagvattnets föroreningar. 1982. 32 sidor.
- nr 67 Sven Nyström: Kommuns skadeståndsansvar mot VA-abonnent för översvämningsskador. 1982. 71 sidor.
- nr 68 Sven Lyngfelt, Gilbert Svensson: Dagvattenavrinning från stora urbana områden. Simuleringsmetodik exemplifierat på Göteborgsregionen. 1983. 118 sidor.
- nr 69 Hans Bäckman, Gilbert Svensson: Flödesmätning i avloppsnät med portabla utrustningar. Mät noggrannhet under kontrollerade förhållanden i en 225 mm:s betongledning. 1983. 51 sidor.
- nr 70 Olov Holmstrand (red): Naturanpassad stadsplanering i Dalen 5, Karlskoga. Erfarenheter av planeringsprocess och teknik under och efter byggandet. 1983. 114 sidor.
- nr 71 Olov Holmstrand (red): Reservvattentäkter. Redovisning av diskussionsdag 1983-05-18. 1983. 115 sidor.
- nr 72 Gilbert Svensson, Håkan Strandner (övers. och bearb.): NIVANETT manual. Ett datorprogram för simulering av flöden i avloppsnät. 1983. 101 sidor.
- nr 73 Gilbert Svensson (red): Byggnad, drift och förnyelse av kommunala va-ledningar. -Är driftstörningarna omfattande? -Projekterar vi på bästa sätt? - Var ligger kostnaderna? 1984. 98 sidor.
- nr 74 Hans Bäckman: Avloppsledningar i svenska tätorter i ett historiskt perspektiv. -Ett sammandrag av tekniska förutsättningar, idéer och diskussioner under 1900-talets ledningsbyggande. 1984. 123 sidor.
- nr 75 Ann-Carin Andersson, Olov Holmstrand, Erik Almling, Rolf Rosen, Kjell Söderström: Infiltration och alternativa åtgärder vid grundvattensänkning. Jämförande beskrivningar och val av metoder. 1984. 115 sidor.
- nr 76 Viktor Arnell, Henriette Melin: Rainfall data for the design of sewer detention basins. 1984. 79 sidor.
- nr 77 Hans Bäckman: Överläckning från dag- till spillvattenledningar. Metoder för att påvisa och kvantifiera överläckning samt redovisning av mätresultat från kommunala avloppsnät. 1985. 102 sidor.

- nr 78 Chester Svensson, Göran Sällfors: Beräkning av dimensionerande grundvattentryck. 1. Göteborgsregionen. 1985. 43 sidor.
- nr 79 Jan-Arne Nilsdal: Källaröversvämning i samband med regn. Reflexioner kring ett skadedrabbat bostadsområde i Göteborg. Några förslag på hur förbättrad säkerhet hos kommunala avloppsledningar kan erhållas. 1985. 68 sidor.
- nr 80 Bo Lind, Mats Nyborg: Moränstruktur och hydraulisk konduktivitet. 1986. 55 sidor.
- nr 81 Gösta Lindvall: Energiförluster i ledningsbrunnar. Laboratoriemätningar. 1986. 49 sidor.
- nr 82 Per Warnolf: Jorderosion i rörgravar för VA-ledningar. Laboratorieförsök och litteraturstudie. 1988. 105 sidor.
- nr 83 Bo Lind, Mats Nyborg: Sediment structures and the hydraulic conductivity in till. 1988. 73 sidor.
- nr 84 Chester Svensson: Analys av påverkade grundvattennivåer. 1988. 44 sidor.
- nr 85 Lars Rosén: Sårbarhetsklassificering av grundvatten. Rapport från en studieresa i USA. 1988. 112 sidor.
- nr 86 Chester Svensson, Göran Sällfors: Beräkning av dimensionerande grundvattentryck. 2. Stockholmsregionen. 1988. 61 sidor.

