



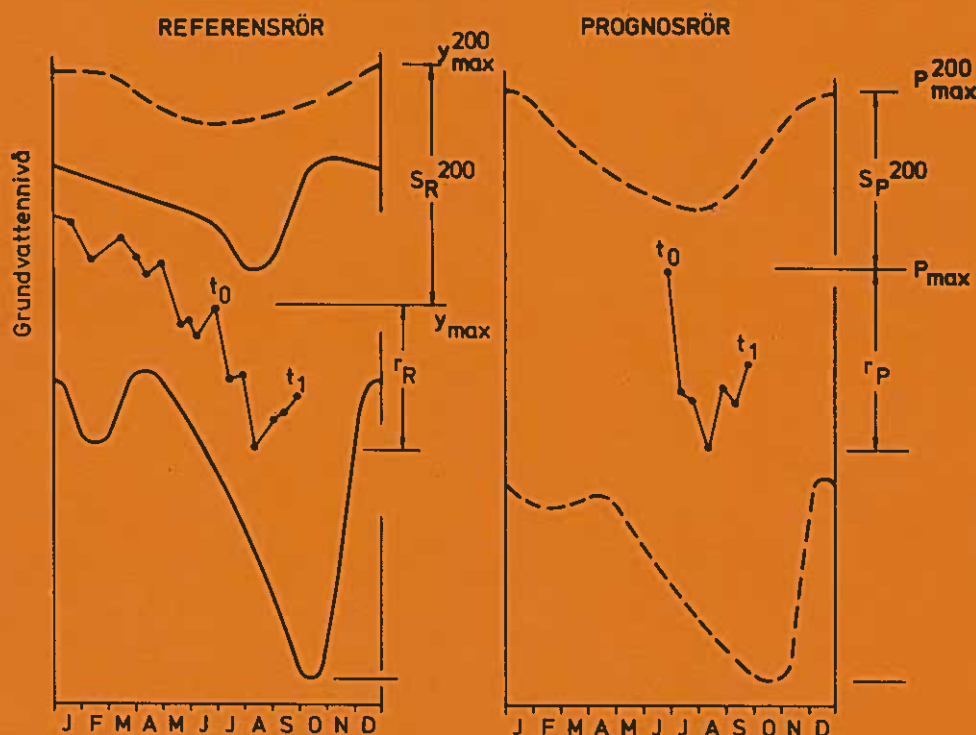
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN

Geologi
Geoteknik med grundläggning
Vattenbyggnad
Vattenförsörjnings- och avloppsteknik

ISSN 0347 - 8165

Beräkning av dimensionerande grundvattentryck

2. Stockholmsregionen



Chester Svensson

Göran Sällfors



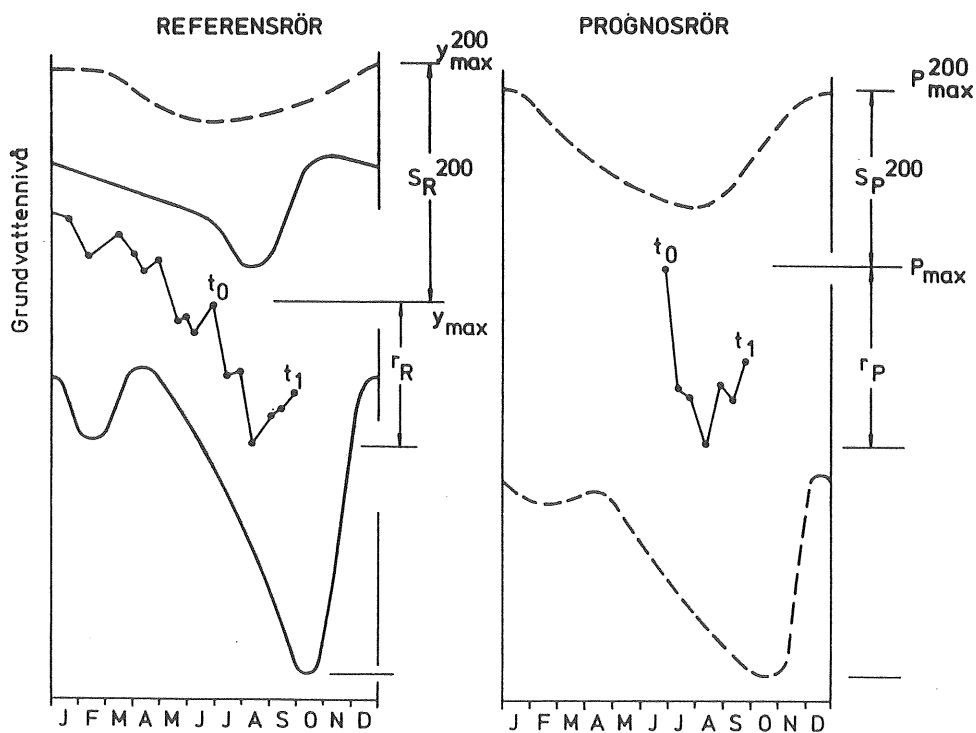
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN

Geologi
Geoteknik med grundläggning
Vattenbyggnad
Vattenförsörjnings- och avloppsteknik

ISSN 0347 - 8165

Beräkning av dimensionerande grundvattentryck

2. Stockholmsregionen



Chester Svensson

Göran Sällfors

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

FÖRORD

Detta är den andra skrift som behandlar användningen av den prognosmetod för grundvattennivåer, som framtagits vid Geologiska institutionen, CTH (Svensson, 1984). Vi har tidigare behandlat Göteborgsområdet (Svensson & Sällfors, 1985) och Norrlandskusten (Lindhe, 1986).

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.

Metoden ger möjlighet till bestämning av extrema grundvatten(tryck)nivåer i områden, som tidigare saknar grundvatten(tryck)nivåmätningar. Det finns två förutsättningar för att man skall kunna tillämpa metoden:

- 1) Man måste ha tillgång till en eller helst flera grundvattennivåmätserier från regionen.
- 2) Man måste själv anordna minst en, helst två, observationspunkter i det område man beräknar för.

Vid Sveriges geologiska undersökning finns en avdelning kallad "Grundvattennätet" som handhar ett antal referensområden för grundvatten i landet. I Stockholms omgivningar och de närmaste länen finns ett antal sådana referensområden. De bär en intern numrering och de häri medtagna områdena är:

21 Sigtuna	ca	45 km	NV	Stockholm centrum	
23 Tärnsjö	110 "		NV	"	"
55 Vaxholm	10 "		NO	"	"
56 Haninge	25 "		S	"	"
57 Södertälje	25 "		SSV	"	"
59 Flinkesta	95 "		SV	"	"
73 Enköping	60 "		V	"	"

Dessa områden finns beskrivna dels i bilaga 1, dels i skrifter från SGU: Nordberg & Persson (1974) och Svenskt vattenarkiv, Grundvattennätet (1986).

I kapitel 1 behandlas grundvattentryckets variation i tiden och hur man skall behandla det vid dimensionering för dels bruksstadiet dels brottstadiet. Här behandlas också grundvattennivåer i allmänhet och hur man kan prognostisera det.

I kapitel 2 behandlas datamängderna för grundvattennivåer i observationsrör, speciellt med hänsyn till observationsseriernas längd och statistikbearbetning.

I kapitel 3 utförs en detaljerad prognostisering av grundvattennivån i ett rör enligt den i kapitel 1 angivna beräkningsmetoden.

I kapitel 4 redovisar vi kortfattat det bakomliggande beräkningsarbetet och erfarenheter av de mätserier som används.

I kapitel 5 ges anvisningar om hur man anskaffar rådata.

I bilaga 1 redovisas de aktuella referensområdenas observationsrör och dessas extrema vattennivåer.

I bilaga 2 finns en kortfattad arbetsplan, som underlättar beräkningsarbetet.

Bilaga 3 utgörs av exempel på arbetsblad för successiv uppföljning av grundvattennivåer.

Vi vill tacka Eva Magnusson och Per-Anders Nygren, vilka genomfört den omfattande databearbetningen enligt våra intentioner.

Göteborg i april 1988

Chester Svensson

Göran Sällfors

INNEHÅLL

	<u>Sid</u>
FÖRORD	i
INNEHÅLLSFÖRTECKNING	iii
1 TEORI OCH BERÄKNINGSMETODER	1
1.1 Grundvattentryckets variation i tiden - en viktig parameter	1
1.2 Grundvatten(tryck)nivåns variationer	3
1.3 Prognos av högsta grundvatten(tryck)nivå	6
1.4 Prognos av lägsta grundvattentryck	8
2 REFERENSRÖR	10
2.1 Statistisk behandling av årliga max- och minimivärden i referensrör	10
3 PROG NOS	17
3.1 Prognosrör	17
3.2 Val av referensrör	17
3.3 Beräkningsexempel	18
3.4 Exempel med flera referensrör	23
4 ANALYSER AV METODENS ANVÄNDBARHET	24
5 UPPFÖLJNING	28
REFERENSER	29
Bilaga 1: Beskrivning av referensområden och referensrör	
Bilaga 2: Arbetsplan	
Bilaga 3: Blankett för grundvattennivåuppritning	

1 TEORI OCH BERÄKNINGSMETODER

1.1 Grundvattentryckets variation i tiden - en viktig parameter

Enligt den nya byggnormen skall all dimensionering omfatta beräkningar avseende, dels bruksstadiet dels brottstadiet. För bruksstadiet skall dimensioneringen resultera i att konstruktionens deformationer blir acceptabla, brottstadieberäkningar skall å sin sida visa att den har tillfredsställande säkerhet mot brott. Inom geotekniken är jordens hållfasthets- och deformationsegenskaper beroende av effektivspänningsnivån och således också av porvattentrycket. Nedan behandlas brotts- och bruksstadieberäkningar var för sig.

Bruksstadieberäkningar

Vid beräkning av de sättningar som orsakas av en viss belastning är det nödvändigt att ha god kännedom om jordens deformationsegenskaper. Av stor vikt är även att rätt kunna beräkna den i marken rådande effektivspänningsnivån σ'_0 , som är skillnaden mellan totaltrycket (σ_0) och portrycket (u). Det väsentliga i att med god noggrannhet kunna bedöma portrycket framgår av följande exempel.

Sättningen för ett jordlager kan förenklat göras enligt ekvation 1:

$$s = h \left(\frac{\sigma'_C - \sigma'_0}{M_0} + \frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma - \sigma'_C}{M_L} \right) \quad (1)$$

där σ'_C = förkonsolideringstryck

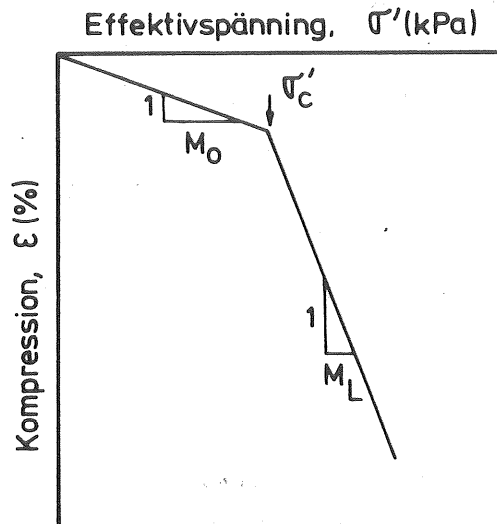
$\Delta\sigma$ = tilläggsbelastning

M_0 = kompressionsmodul då $\sigma' < \sigma'_C$, se figur 1

M_L = kompressionsmodul då $\sigma' > \sigma'_C$, se figur 1

I de fall jorden består av lera dominerar den andra termen i ekv 1 eftersom M_0 i de flesta fall är mycket större än M_L . Täljaren $(\sigma'_0 + \Delta\sigma) - \sigma'_C$ ökar, och således också de beräknade sättningarna, kraftigt med σ'_0 . σ'_0 är vidare en direkt funktion av portrycket. Men, eftersom sättningarna för en finjord, typ lera och siltig

lera, är kraftigt fördröjda i tiden på grund av jordens låga permeabilitet, är det inte enbart portryckets absoluta värde, utan i allra högsta grad dess varaktighet, som är betydelsefull. Portryckens storlek och hur länge dessa varar beror av grundvattentryckets fluktuationer.



Figur 1 Definition av M_0 , M_L och σ'_c .

Brottstadiieberäkningar

Vid byggande på och i mark krävs att säkerheten mot brott är betryggande. Säkerhetsfaktorn (F), som vanligen används inom geotekniken, definieras som kvoten mellan hållfasthet (τ_f) och mobiliserad skjuvspänning (τ_{mob}).

$$F = \frac{\tau_f}{\tau_{mob}} \quad (2)$$

Denna definition används oavsett om frågeställningen avser stabilitet för en schakt (med eller utan spont), bärighet för en byggnad eller stabiliteten för en naturlig slänt.

Den mobiliserade skjuvspänningen (τ_{mob}) beräknas utifrån given geometri och påförda laster medan skjuvhållfastheten är en del av jordens egenskaper. I vissa fall, odränerad analys, betraktas hållfastheten som en materialkonstant. I andra fall, dränerad analys, beror hållfastheten av effektivspänningarna i jorden (σ')

$$\tau_f = c' + \sigma' \tan \phi' \quad (3)$$

där c' = inre kohesion

ϕ' = inre friktionsvinkel

σ' = effektivspänning.

Eftersom effektivspänningen beror av portrycket

$$\sigma' = \sigma - u \quad (4)$$

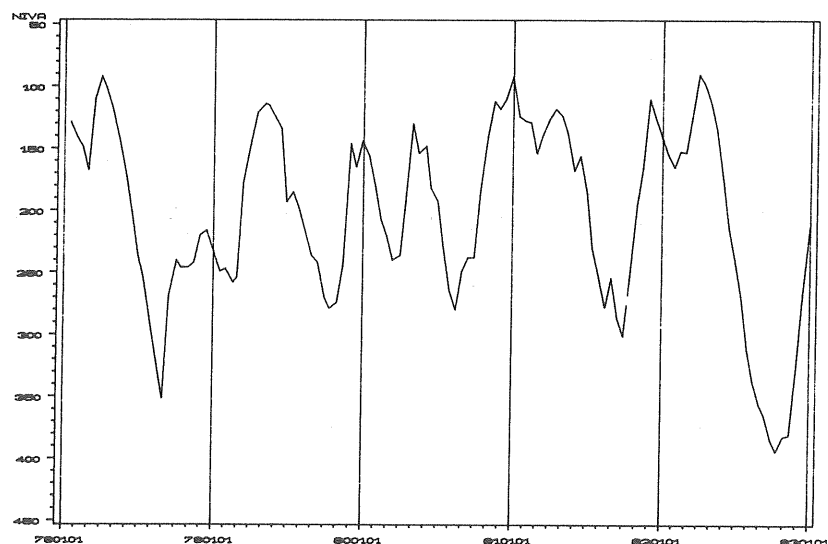
där σ = totalspänning

u = portryck

är således den dränerade skjuvhållfastheten starkt beroende av portrycket. Portrycket, slutligen är i sin tur en funktion av grundvattentrycket. Av ovanstående framgår att grundvattentrycket har en avgörande inverkan på hållfastheten och således även på säkerheten mot brott.

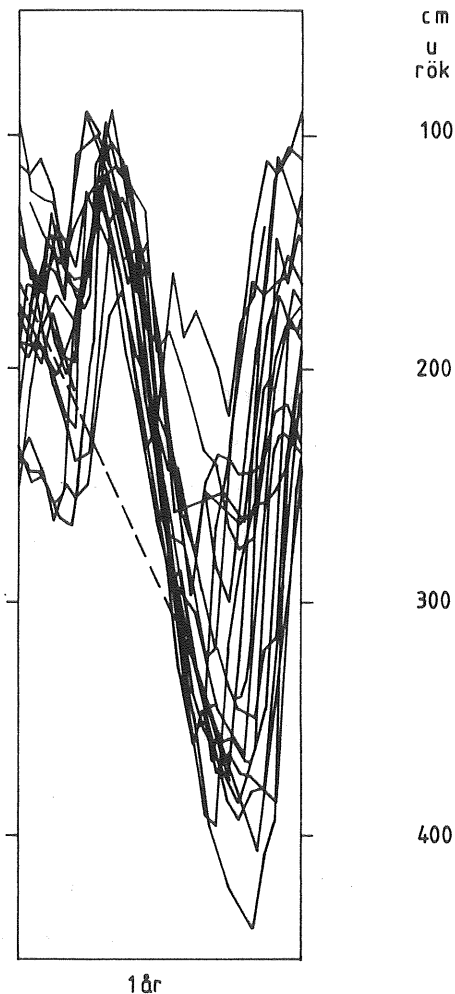
1.2 Grundvatten(tryck)nivåns variationer

Grundvattentrycket varierar, stundom kraftigt, med nederbörd och årstid. I figur 2 visas hur grundvattentrycket kan variera under året i en sluten akvifer i Stockholmsregionen. I figur 3 redovisas grundvattentrycksvariationerna för samma rör för en 24-års-

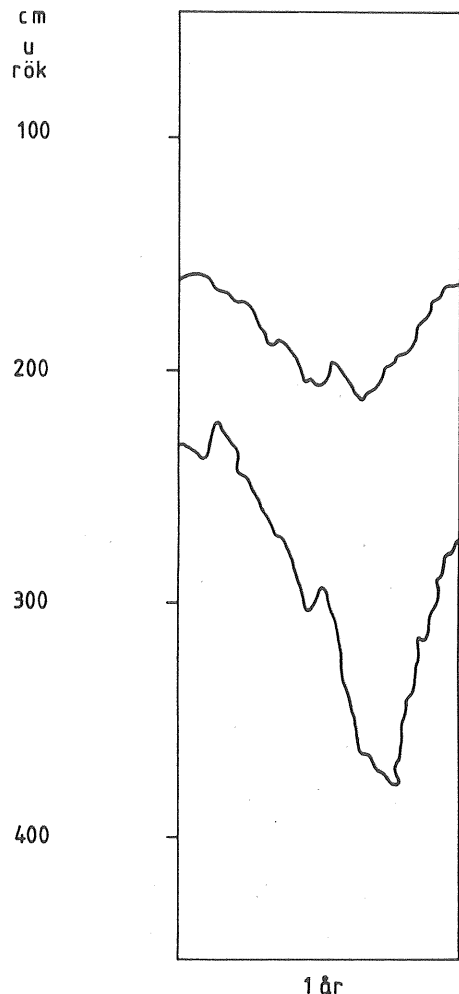


Figur 2 Grundvattennivåns variation i observationsrör 56014 i Haninge-området under ett antal år.

period. Av figurerna framgår ett typiskt mönster; grundvattentrycket har normalt ett maximivärde på hösten medan de lägsta värdena oftast inträffar på sommaren. En viss skillnad i variationerna fås beroende på om det aktuella röret står i hög- eller lågläge, se figur 4.



Figur 3 Variationerna hos grundvattennivån under ett antal år sammanritade ger en uppfattning om spridningen mellan olika år men också en bild av regelbundenheten.



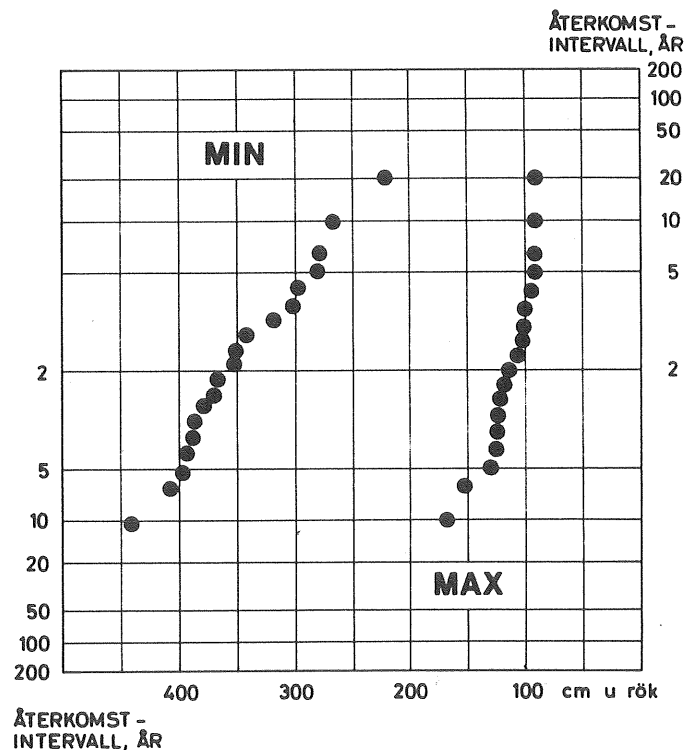
Figur 4 Grundvattennivån varierar olika i högläge (nedre kurvan) och lågläge (övre kurvan). I högläge är variationerna större än i lågläge.

I brottproblem av den typ som omnämnts i föregående avsnitt är det högsta grundvattentrycket av intresse, eftersom den dränerade skjuvhållfastheten då antar sitt lägsta värde. Av viss betydelse är även varaktigheten av de höga grundvattentrycken.

I bruksstadieberäkningar är det främst de låga grundvattentrycken och dessas varaktighet som dominerar resultaten.

En analys av de högsta och de lägsta värdena (extremvärdena) kan göras på följande sätt. Det högsta respektive värdet från varje hydrologiskt år läses ur kurvan, figur 2. Vi använder här ett modifierat hydrologiskt år där sommarens lågnivå utgör "års-skifte". En statistisk fördelning anpassas till denna mätserie av extremvärden. Med hjälp av denna fördelning kan sedan det grundvattentryck som återkommer med visat tidsintervall (exempelvis 100, 200 eller 500 år bestämmas).

Författarna har i tidigare rapporter (Svensson & Sällfors, 1982, Svensson, 1984) visat att normalfördelning kan användas för att beskriva extremvärdenas fördelning. I figur 5 har extremvärdena från hela mätserien från röret i figur 2 inritats på ett normalfördelningspapper.



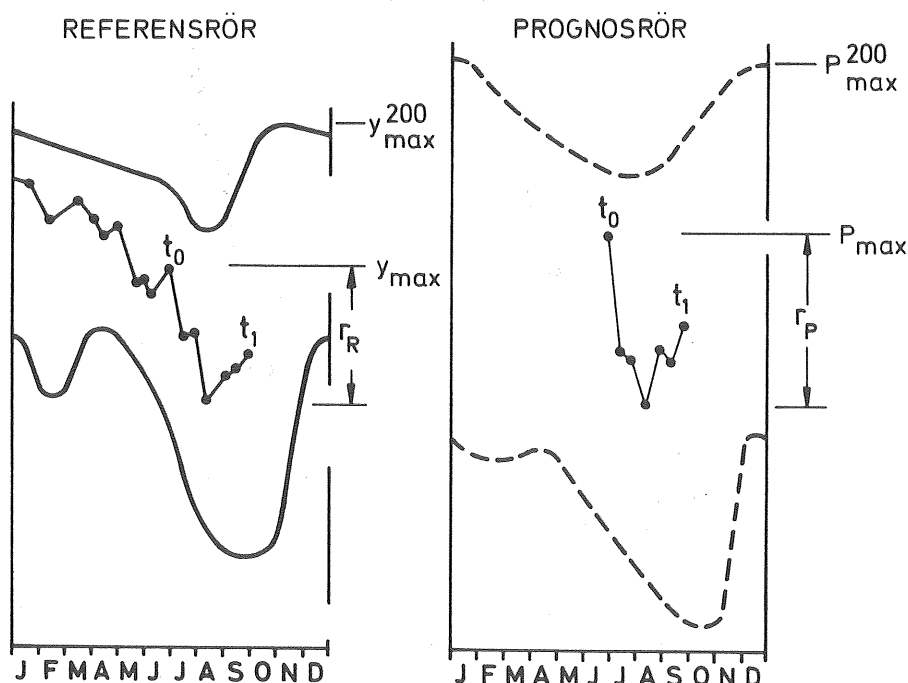
Figur 5 Plot av årliga maximi- och miniminivåer för grundvattennivån i rör 56014 på normalfördelningspapper för hela observationstiden 1968-1987.

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 6, jämförs sedan med ett utvalt referensrör, för vilket långtidsobservationer finns.

Det dimensionerande grundvattentrycket i den nya akviferen beräknas enligt beteckningar i figur 6 med följande formler:



Figur 6 Beteckningar för beräkningsmetodens formler för max-nivåer.

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

där

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

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

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

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

$$r_P = \text{variationsbredden hos grundvattennivån i prognosröret under beräkningsperioden } t_0-t_1$$

$$r_R = \text{variationsbredden hos grundvattennivån i referensröret under samma period.}$$

Beräkningen utförs lämpligen med successivt förlängd observationsperiod.

Två saker måste särskilt beaktas innan ovanstående hypotes kan användas:

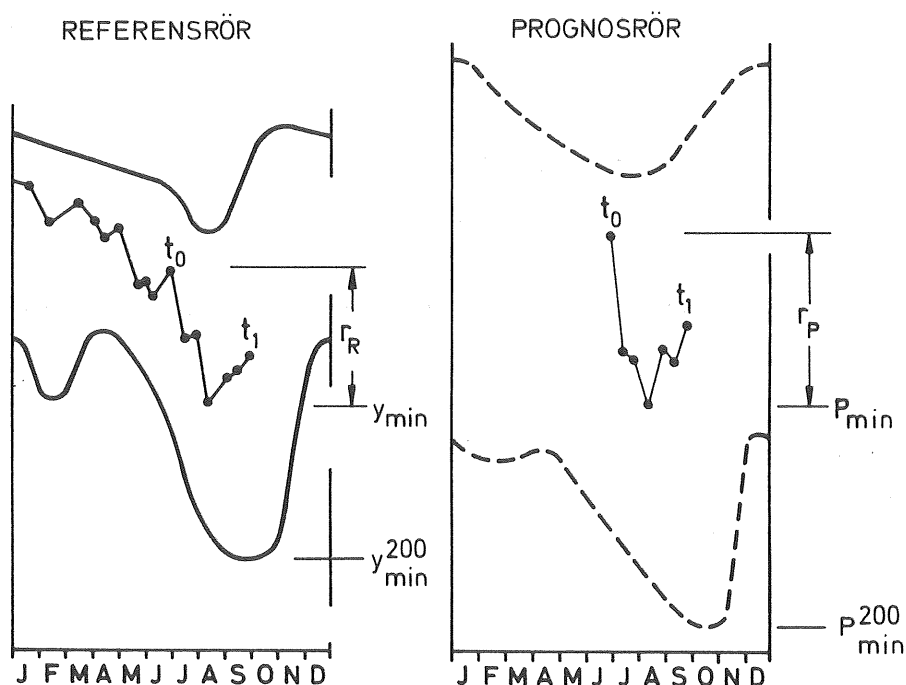
- A. De bägge områden där referensröret och prognosröret är belägna måste ligga tillräckligt nära varandra, i samma klimatzon. I Stockholmsområdet torde detta avstånd vara ca 50 km. Det blir bättre med flera referensrör.
- B. Tillförlitligheten i prognosen ökar om prognosröret och referensröret har likartade 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 (Svensson, 1984). Det är författarnas uppfattning att med hjälp av denna hypotes beaktas grundvattentryckets variationer och tillförlit-

ligheten i en brottanalys höjs väsentligen i förhållande till tidigare praxis.

1.4 Prognos av lägsta grundvattentryck

Med samma förutsättningar som i avsnitt 1.3 får vi med beteckningar i figur 7 följande formler för beräkning av lägsta grundvattentryck:



Figur 7 Beteckningar för beräkningsmetodens formler för minnivåer.

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

där

$P_{\min}$ = miniminivån i prognosröret

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

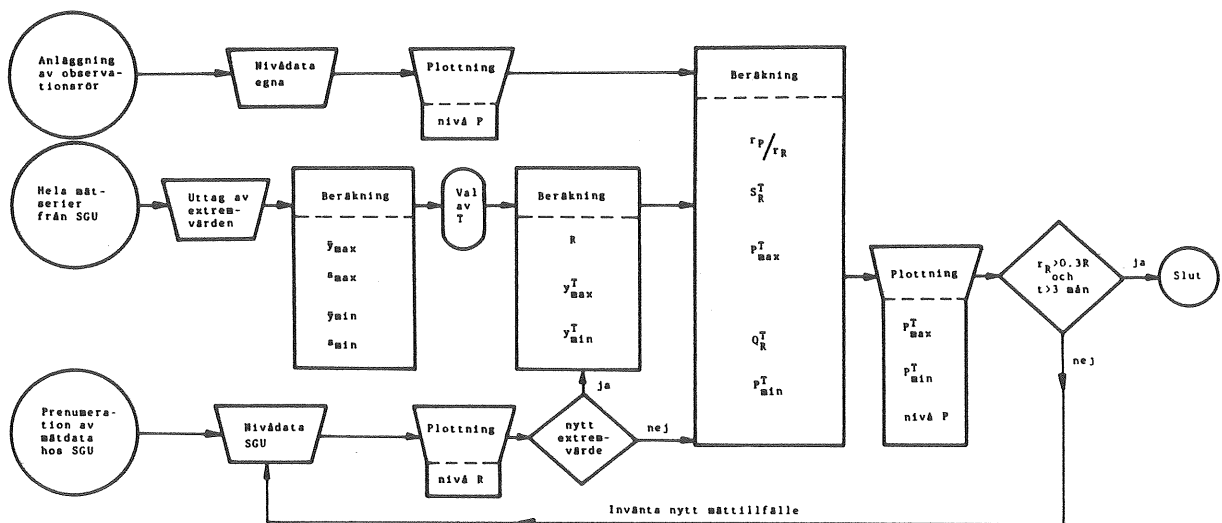
$y_{\min}^{200}$ = miniminivå för referensröret med återkomsttiden 200 år

$y_{\min}$ = 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 maximi-nivåer.



Figur 8 Arbetsschema för prognostisering av max- och min-nivåer med denna metod.

2 REFERENSRÖR

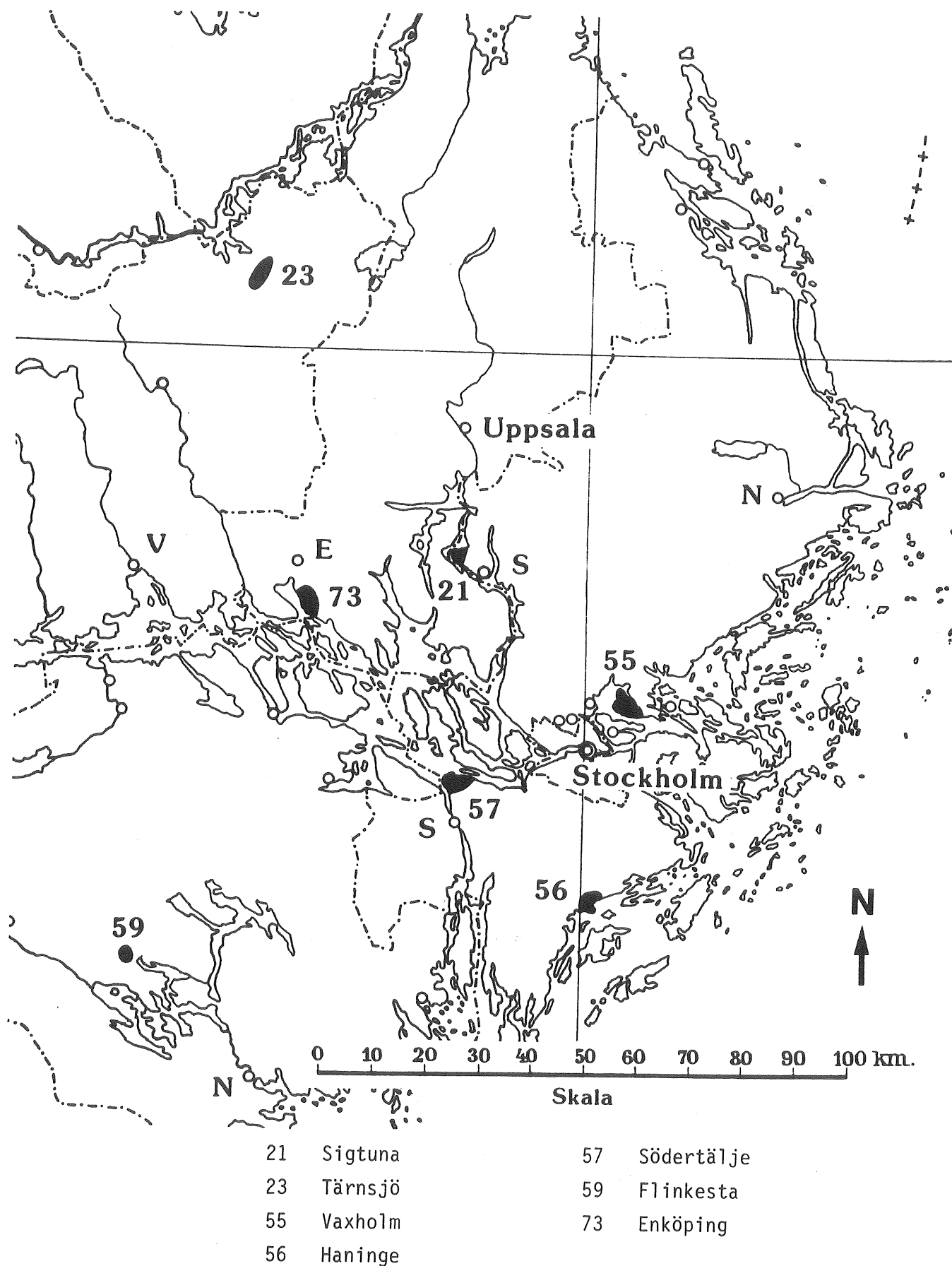
Med referensrör menar vi ett grundvattenobservationsrör med lång observationsserie och känd hydrogeologisk status. I Sverige finns hos Sveriges geologiska undersökning sedan mitten av 1960-talet en insamlingsenhet för grundvattennivådata benämnt Grundvattennätet. Detta organiserar insamling av data från 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 s k 2" galvaniserade järnrör drivna med hejarbock. I Stockholmsregionen finns tre områden varifrån grundvattendata införs i Grundvattennätets databas, nämligen 55 Vaxholm (f d Bogesund), 56 Haninge (f d Berga) och 57 Södertälje (f d Bornsjön). Dessutom finns på inte alltför stort avstånd ytterligare fyra referensområden, nämligen 21 Sigtuna (f d Bärmö), 23 Tärnsjö, 73 Enköping och 59 Flinkesta (se figur 9). Enköpingsområdets observationspunkter är bergborrade brunnar! Siffrorna anger områdets nummer i databasen. Rören har sedan tresiffriga nummer inom varje område. Rör nio i området Vaxholm kallas således 55009.

För exemplifiering av beräkningsmetoden har vi i denna skrift använt rören 55009 och 56009. Dessa rör är belägna i Vaxholm-området respektive i Haninge-området. Avståndet mellan rören är 38 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 & Sällfors 1982, 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 extrem-



Figur 9 Referensområden för grundvattennivå i Stockholms-regionen och dess omgivning.

värdet med en enkel formel. Härvid skall man veta vilket återkomstintervall man skall använda ("riskbedömning").

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 (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:
 $P = (N+1-m)/(N+1)$ för max-värden (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 56009 med återkomsttiden 100 år och 200 år. Basdata ur bilaga 1, rangordnade i fallande skala.

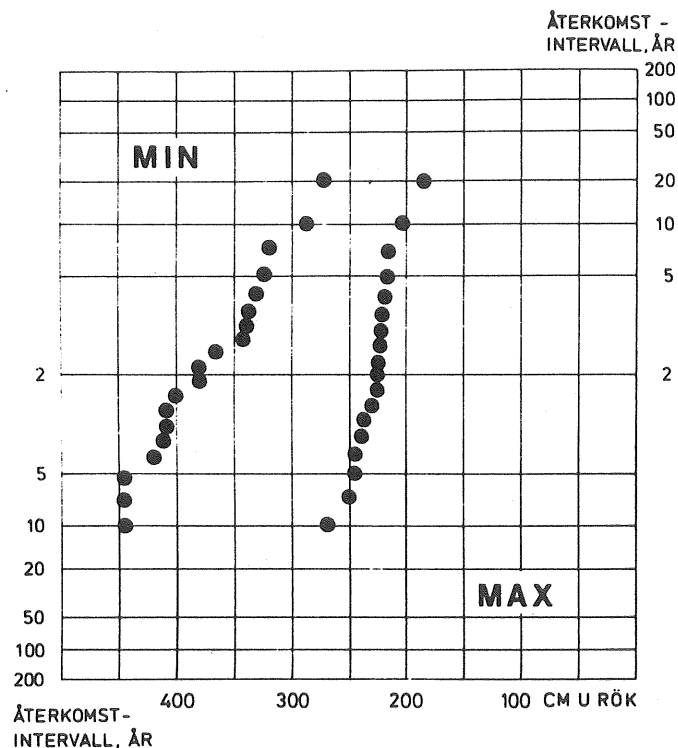
Moment 1)+2) utföres i tabell 2A.

Tabell 2A Beräkning av plottnings sannolikheter för referensröret 56009, årliga maximinivåer.

Rang m	Max.nivå (cm)	År	Plot.sann P
1	267	1986-87	0.100
2	251	75-76	0.150
3	246	70-71	0.200
4	246	73-74	0.250
5	239	79-80	0.300
6	237	83-84	0.350
7	230	74-75	0.400
8	226	82-83	0.450
9	225	69-70	0.500
10	224	77-78	0.550
11	223	85-86	0.600
12	222	78-79	0.650
13	220	80-81	0.700
14	219	68-69	0.750
15	216	84-85	0.800
16	215	76-77	0.850
17	203	81-82	0.900
18	184	71-72	0.950

Moment 3):

Dessa rangordnade värden $p_1 \dots p_{14}$ plottas på sannolikhetspapper, figur 10.



Figur 10 Plot av årliga maximivärden och minimivärden för grundvattennivån i referensrör 56009 under perioden 1968-87. Återkomstintervallet T är inverterade värdet av plottningssannolikheten P .

Moment 4):

$$\bar{y}_{\max} = (\sum y_{\max})/N = 227.4 \text{ cm} \quad (9)$$

Moment 5):

$$s_{\max} = \sqrt{(\sum y_i^2 - N\bar{y}^2)/(N - 1))} = 18.8 \text{ cm} \quad (10)$$

Moment 6):

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

$$y_{\max}^{100} = \bar{y}_{\max} - t_{100} s_{\max} = 227.4 - 2.3264 \cdot 18.8 = 184 \text{ cm}$$

$$y_{\max}^{200} = \bar{y}_{\max} - t_{200} s_{\max} = 227.4 - 2.5758 \cdot 18.8 = 179 \text{ cm}$$

Exempel B

Beräkning av grundvattennivåns minimivärde i rör 56009 med återkomsttiden 100 år och 200 år. Basdata ur bilaga 1, rangordnade i fallande skala:

Moment 1)+2) i tabell 2B.

Tabell 2B Beräkning av plottnings sannolikheter för referensröret 56009, årliga miniminivåer.

Rang m	Min.nivå (cm)	År	Plot.sann P
1	445	1969	0.095
2	445	1970	0.143
3	445	1983	0.190
4	419	1978	0.238
5	411	1976	0.286
6	408	1985	0.333
7	408	1986	0.381
8	401	1982	0.429
9	380	1973	0.476
10	380	1984	0.524
11	366	1968	0.571
12	342	1971	0.619
13	340	1980	0.667
14	337	1974	0.714
15	331	1981	0.762
16	324	1979	0.810
17	321	1975	0.857
18	286	1977	0.905
19	273	1972	0.952

3) Dessa rangordnade värden $p_1 \dots p_{14}$ plottas på sannolikhetspapper, figur 9.

$$4) \quad \bar{y}_{\min} = (\sum y_{\min})/N = 371.7 \text{ cm} \quad (11)$$

$$5) \quad s_{\min} = \sqrt{(\sum y_i^2 - N\bar{y}^2)/(N - 1)} = 52.8 \text{ cm} \quad (12)$$

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

$$y_{\min}^{100} = \bar{y}_{\min} - t_{100} s_{\min} = 371.7 + 2.3264 \cdot 52.8 = 495 \text{ cm}$$

$$y_{\min}^{200} = \bar{y}_{\min} - t_{200} s_{\min} = 371.7 + 2.5758 \cdot 52.8 = 508 \text{ cm}$$

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 6 och 7. 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 9.

3.1 Prognosrör

För prognostisering 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.

I Stockholms närmaste omgivning finns tre områden med referensrör: Vaxholm, Haninge och Södertälje. Bland de totalt aktiva 29 rören har vi bedömt följande vara de bästa: 55001, 55008, 55009, 55011, 55013, 55014, 56003, 56004, 56009, 56018, 57001, 57009, 57015.

I en framtid kommer rör 57022 att bli aktuellt när observationsserien blivit tillräckligt lång. Bearbetade data redovisas i bilaga 1.

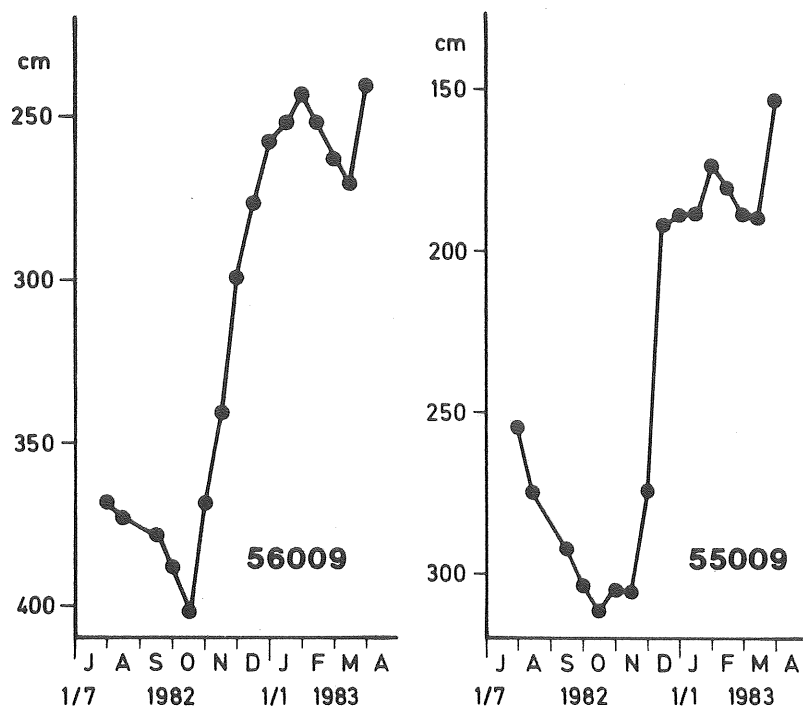
3.3 Beräkningsexempel

För demonstration av beräkningsmetoden har vi valt att prognostisera rör 55009 i Vaxholmsområdet med hjälp av rör 56009 i Haningeområdet. Det är 38 km mellan rören och vi har mer eller mindre slumpmässigt valt 820801 som startdatum. (Helt korrekt blir det inte, eftersom vi använder hela perioden 1968-1987 för att beräkna max- och minvärden. I det verkliga fallet skulle vi bara haft extremvärden 1968-82.) För kontroll av hur prognosen lyckas har vi beräknat max- och minvärden med normalfördelningsformeln: maximinivå med 200 års återkomsttid i rör 55009 är 121 och motsvarande miniminivå är 385 cm under rörets överkant.

Prognosberäkningar:

- * Referensrörets 56009 max.nivå = 184, min.nivå = 445 och således variationsbredden $R = 261$ cm.
- * 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. I detta fall saknas ett mätvärde i båda mätserierna, nämligen data nr 3 den sista augusti.

Uppritning av variationsbilderna för 55009 och 56009 i figur 11 och inledande beräkning i tabell 3.



Figur 11 Grundvattennivån i referensröret 56009 och prognosröret 55009 under beräkningsperioden (820801 -), cm under röröverkant.

Tabell 3 Rådata för 55009 och 56009 samt successiv beräkning av variationsbredden r_R i 56009.

Rådata		56009	55009	r_R	
		cm u rök	cm	cm	%
0	1982-08-01	368	254	-	-
1	15	372	274	4	2
2	09-15	377	292	9	3
3	10-01	388	304	20	8
4	10-14	401	311	33	13
5	10-31	369	305	33	13
6	11-15	341	306	60	23
7	12-01	299	274	102	39
8	12-15	276	192	125	48
9	12-31	257	188	144	55
10	1983-01-15	252	187	149	57
11	02-01	243	173	158	61
12	02-14	252	180	158	61
13	03-01	263	188	158	61
14	03-14	270	189	158	61
15	03-31	240	153	161	62

Referensrörets extremvärden

För rör 56009 föreligger data från 1968 och framåt. Ur dessa har årliga maximinivåer uttagits och rangordnats i exemplet i kapitel 2.1.

$$\begin{array}{ll} N_{\max} = 18 & \text{och} & N_{\min} = 19 \\ \bar{y}_{\max} = 227.4 \text{ cm} & & \bar{y}_{\min} = 371.7 \text{ cm} \\ s_{\max} = 18.8 \text{ cm} & & s_{\min} = 52.8 \text{ cm} \end{array}$$

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

$$\begin{array}{ll} y_{\max}^{100} = 184 \text{ cm} & y_{\min}^{100} = 495 \text{ cm} \\ y_{\max}^{200} = 179 \text{ cm} & y_{\min}^{200} = 508 \text{ cm} \end{array}$$

Kommentar: Vi har här någorlunda lång referensserie med närmare 20 års observationstid. Man kan använda serier som är kortare, t ex 15 år. Det som händer är att noggrannheten minskar i takt med N. Man skulle kunna infoga en korrektion härför, men 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 mätserien i 56009:s hela variationsbild, dvs hur långt från resp. extremvärde som högsta resp. lägsta nivå under perioden ligger. Detta förändras när man räknar med successivt förlängd period. För t ex perioden 820801-821201 gäller

$$S_R^{100} = y_{\max} - y_{\max}^{100} = 184 - 299 = 115 \text{ cm}$$

$$S_R^{200} = y_{\max} - y_{\max}^{200} = 179 - 299 = 120 \text{ cm}$$

respektive

$$Q_R^{100} = 495 - 401 = 94 \text{ cm}$$

$$Q_R^{200} = 508 - 401 = 107 \text{ cm}$$

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

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

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

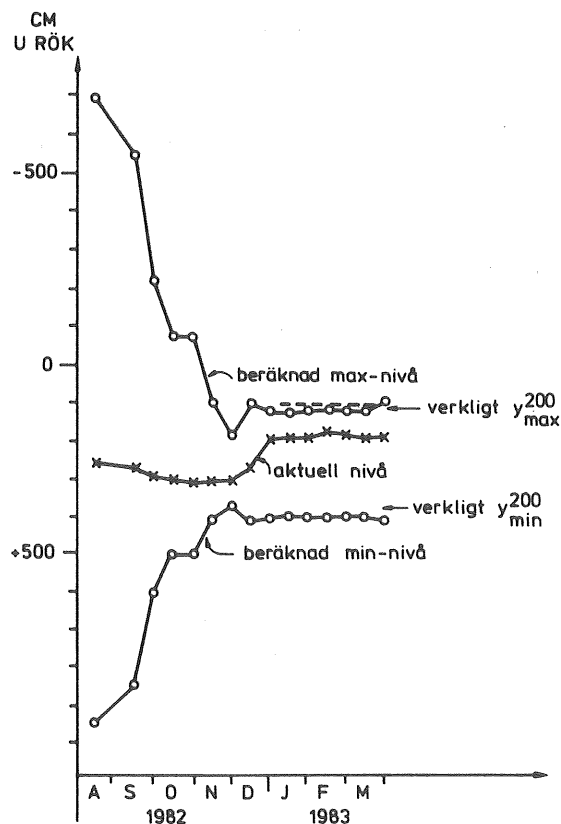
där till exempel för beräkningar i tabellen i de flesta fall gäller att $P_{\max} = 254$ (är mätvärde 1 i 56009). OBS! -tecken i max-beräkningen och +tecken i minberäkningen. Resultaten är plottade i figur 12.

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

56009	55009	r_p/r_R	$S_R^{100} \cdot r_p/r_R$	$P_{\max}^{100}$	$S_R^{200} \cdot r_p/r_R$	$P_{\max}^{200}$
368	254					
372	274	5.00	920	-666	945	-691
377	292	4.22	776.48	-522	798	-544
388	304	2.50	460	-206	472	-218
401	311	1.73	318.32	-64	327	-73
369	305	1.73	318.32	-64	327	-73
341	306	0.95	149.15	105	154	100
299	274	0.56	64.40	190	67	187
276	192	0.95	87.40	105	92	100
257	188	0.85	62.05	126	66	122
252	187	0.83	56.44	130	61	126
243	173	0.87	51.33	122	56	117
252	180	0.87	51	122	56	117
263	188	0.87	51	122	56	117
270	189	0.87	51	122	56	117
240	153	0.98	55	98	60	93

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

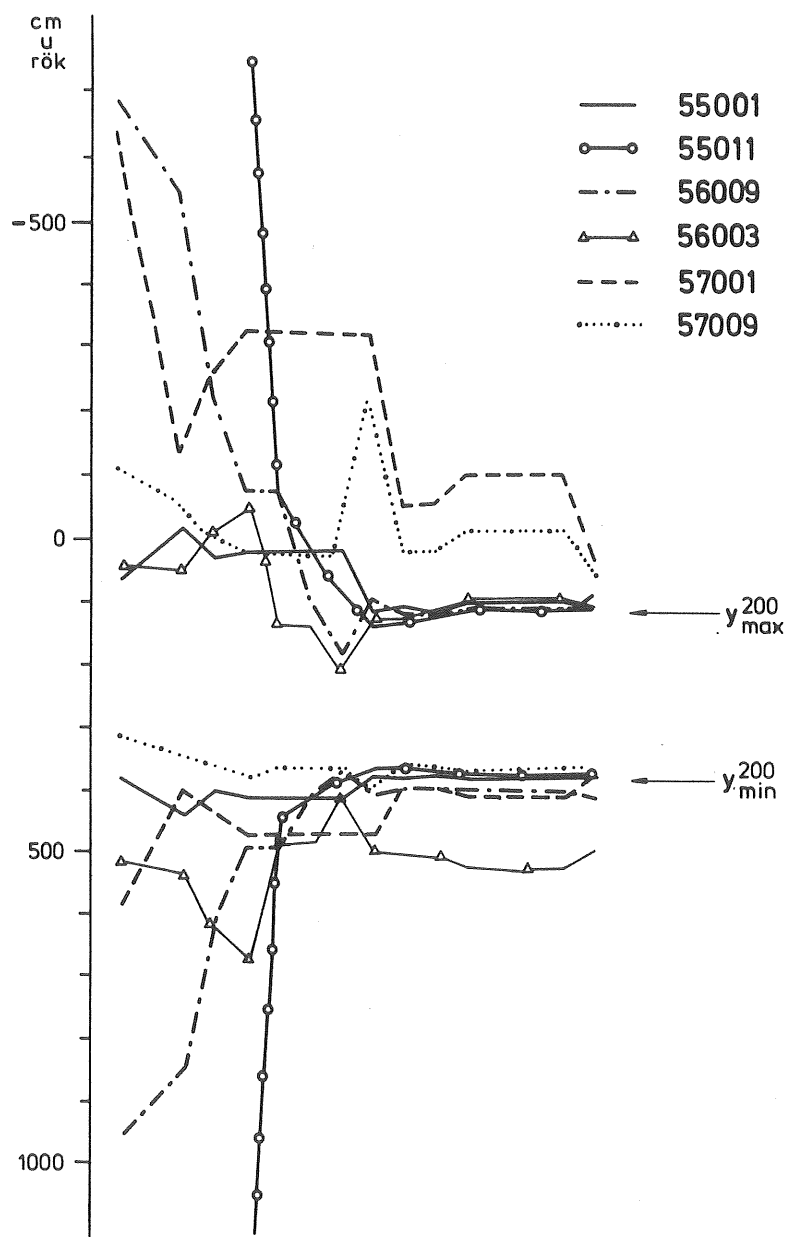
56009	55009	r_P/r_R	$Q_R^{100} \cdot r_P/r_R$	P_{min}^{100}	$Q_R^{200} \cdot r_P/r_R$	P_{min}^{200}
368	254					
372	274	5.00	615	889	680	954
377	292	4.22	498	790	553	845
388	304	2.50	268	572	300	604
401	311	1.73	163	474	185	496
369	305	1.73	163	474	185	496
341	306	0.95	89	400	102	413
299	274	0.56	53	364	60	371
276	192	0.95	89	400	102	413
257	188	0.85	80	391	91	402
252	187	0.83	78	389	89	400
243	173	0.87	82	393	93	404
252	180	0.87	82	393	93	404
263	188	0.87	82	393	93	404
270	189	0.87	82	393	93	404
240	153	0.98	92	403	105	416



Figur 12 Resultat av beräkningar för prognosröret 55009 med 56009 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 ett prognosrör (55009) och sex referensrör. I detta exempel har vi erhållit ganska lika resultat trots att vi har referensrör från tre olika referensområden, se figur 13.



Figur 13 Resultat av prognosberäkning med sex referensrör. Rör 55009 pronostiseras med referensrör i samma och närliggande områden i Stockholmsregionen.

4 ANALYSER AV METODENS ANVÄNDBARHET

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

Vi startade med att gå igenom data från alla rören i områdena i Stockholms omnejd. I område 20 Sala fann vi att samtliga rör på något sätt var oanvändbara. I område 22 Ugglevik finns inga nivåmätningar. Dessa två områdens rör är alltså uteslutna. Vi fann att data från rör i områdena 21, 23, 55, 56, 57, 59 och 73 skulle kunna användas. 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 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. Efter detta hade vi kvar mätserier från ett antal rör att bearbeta. I de tre områdena närmast Stockholm kom 27 rör att ingå i de fortsatta beräkningarna.

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 pro-

gramstrukturen 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). I de fall som det saknats mätvärden från något av rören har inte prognosperioden förlängts. Luckor i dataserierna har ej heller fyllts ut genom interpolation, eftersom detta inte ger större variationsbredd under prognosperioden.

För att belysa de beräkningar vi utfört redovisas ett av 28 beräkningar i område 55 Vaxholm. Rör 55001 är referensrör och 55011 är prognosrör. Alla mätvärden i båda rören används (efter korrigeringarna ovan) under perioden 1968-84. Vi prognostiserar således 55011 lika många gånger som antalet mätvärden minus sju (tre månader) och rullande genom hela mätserien. Följande medelvärden erhöles: Medelvärdet i felet av bestämningen av maximinivån i rör 55011 är 0.05 m med standardavvikelsen 0.39 m. Medelfelet i bestämningen av miniminivån är 0.42 m med standardavvikelsen 1.55 m. Beräkningen av min.värde är alltså ganska ojämn. I figur 14 har de erhållna avvikelserna från sanna max.värdet plottats mot variationsbredden i referensröret 55001. 0-linjen är rätt bestämning, -0.5 m innebär att det beräknade värdet är en halv meter för lågt och +0.5 m att det är för högt.

I figur 15 redovisas motsvarande resultat uppspaltat månadsvis. Resultaten är angivna vid respektive beräkningsperiods start. Vi kan se att i detta fall har de bästa resultaten erhållits när mätningarna startats under juni-oktober och januari-februari. Detta beror på att under/efter den första inträffar sensommarregn och höstregn med ty åtföljande grundvattennivåhöjningar. Under och efter den senare tinar snö och tjäle vilket också ger markanta grundvattennivåförändringar. För min.nivåerna blev resultaten sämst när beräkningsperioden startade under mars-maj.

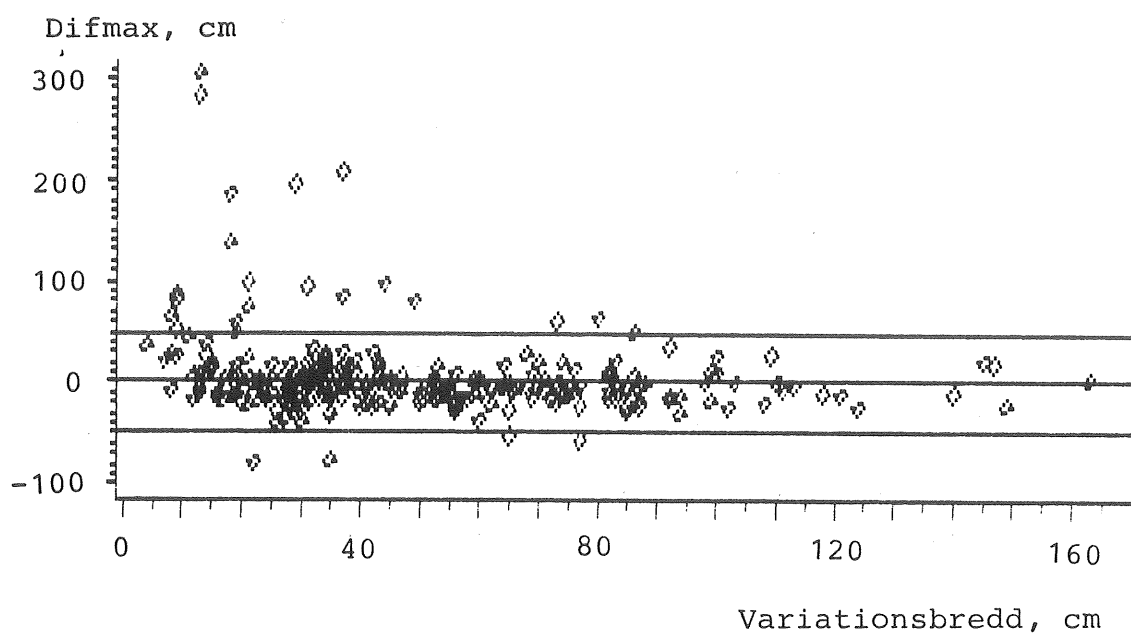
Vi fann vid beräkningarna att vattennivåerna i vissa rör var mycket svåra att prognostisera. Två fall kan klart urskiljas som olämpliga:

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

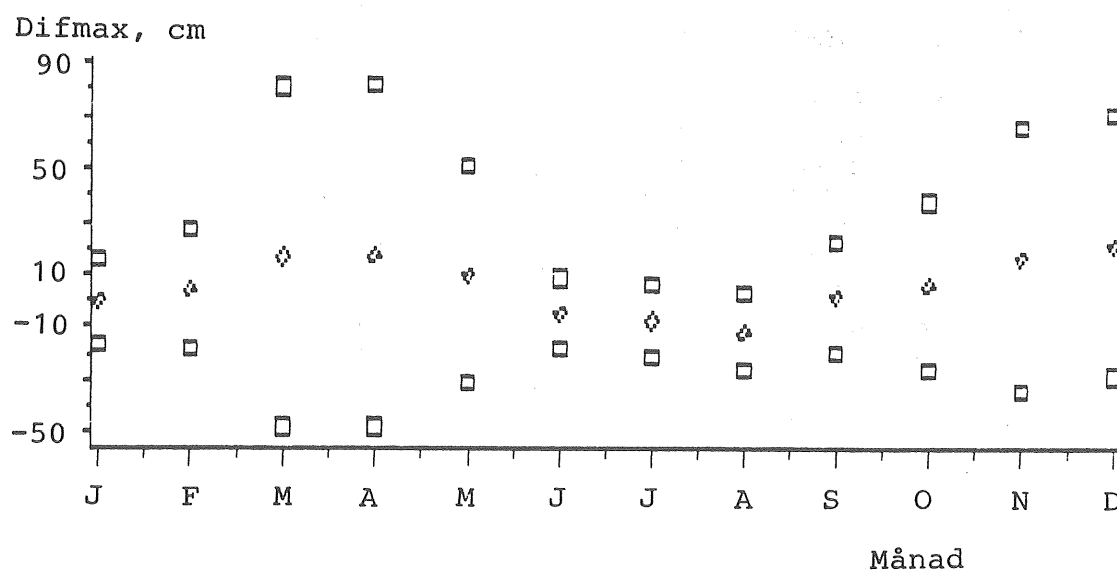
2) Det andra fallet var när något av de två rören hade långtidsvariationer som var större än årsvariationerna (men inte om båda hade det). Detta medför ju att vattennivåns variationsbredd under den använda tremånaders prognostiden i det ena röret inte motsvaras av nivåvariationer av samma storleksordning 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 årstidsvariationerna. Av denna anledning har vi gallrat ut rör med stora långtidsvariationer ur 'referensrörssamlingen'.

Till skillnad från Göteborgsregionen har vi inte funnit något större beroende av avståndet mellan prognosrör och observationsrör. Antalet fel vid beräkningar mellan olika referensområden har inte varit nämnvärt fler än vid beräkningar inom ett och samma referensområde. Detta innebär att vi inte har fått några anvisningar om hur långt det får vara mellan prognosrör och referensrör i Stockholmsområdet. Detta kan bero på att nederbördsförhållandena i Stockholmsområdet är jämnare än i Göteborgsområdet. Det är väsentligare att man har rätt förhållande mellan vattennivåernas variationsbredder.

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



Figur 14 Resultat av beräkning av max.nivå i 55011 med rör 55001 som referensrör. Avvikelse från sant värde på y-axeln och variationsbredden hos grundvattennivån i referensröret på x-axeln. Här har inte utförts någon extremvärdesberäkning utan det är bara den analyserade mätseriens extremvärden som är prognostiseringsmål.



Figur 15 De i figur 14 redovisade resultaten av beräkning av max.nivån i rör 55011 fördelade under året. Respektive resultat inlagt vid beräkningsperiodens startmånad. Medelvärde i "mitten" med standardavvikelse uppåt och nedåt.

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 5 Utdrag ur inköpt datamaterial.

SGU grundvattennätet, grundvattennivåer

Område	Datum	Grvnivå	Hnivå	Mnivå
Station		cm u rök	m öv hav	m und mark
56	18	870117	198	23.76
56	18	870131	201	23.73
56	18	870214	172	24.02
56	18	870228	186	23.88
56	18	870314	211	23.63
56	18	870415	144	24.30
56	18	870501	166	24.08
56	18	870515	170	24.04
56	18	870531	190	23.84
56	18	870615	193	23.81
56	18	870701	208	23.66
56	18	870715	209	23.65
56	18	870731	237	23.37
56	18	870816	173	24.01
56	18	870902	218	23.56
56	18	870916	195	23.79
56	18	871016	188	23.86
56	18	871031	171	24.03
				0.91

Om man så vill kan man få data i olika höjdsystem. 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

- Lindhe, P, 1986: Analys av grundvattennivåer i Norrlands kustland med "Svensson-Sällfors-metoden". CTH/GU, Geologiska institutionen, Publ B 295. Examensarbete. Göteborg.
- Lindskoug, N-E & Nilsson, L-Y, 1974: Grundvatten och byggande. Byggforskningsrådet R20:1974. Stockholm.
- Möller, H, 1985: Beskrivning till jordartskartan Enköping SV. SGU Ae28. Uppsala.
- Möller, H & Stålhös, G, 1964: Beskrivning till geologiska kartbladet Stockholm NO. SGU Ae1.
- Möller, H & Stålhös, G, 1969a: Beskrivning till geologiska kartbladet Stockholm SO. SGU Ae3.
- Möller, H & Stålhös, G, 1969b: Beskrivning till geologiska kartbladet Stockholm SV. SGU Ae4.
- Möller, H & Stålhös, G, 1971: Beskrivning till geologiska kartbladet Uppsala SV. SGU Ae9. Uppsala.
- Nordberg, L & Persson, G, 1974: The national groundwater network of Sweden. SGU Ra48. Stockholm.
- Persson, C, 1982: Beskrivning till jordartskartan Katrineholm NO. SGU Ae47. Uppsala.
- Stålhös, G, 1976: Beskrivning till berggrundskartan Enköping SV. SGU Af118.
- Svensson, C, 1984: Analys och användning av grundvattennivåobservationer. CTH/GU, Geologiska institutionen, Publ A49. Dissertation. Göteborg.
- Svensson, C & Sällfors, G, 1982: Extremvärdesanalys av 11 grundvattennivåmätserier. Stencil. Göteborg.

Svensson, C & Sällfors, G, 1985: Beräkning av dimensionerande grundvattentryck. 1. Göteborgsregionen. CTH Geohydrologiska forskningsgruppen, Meddelande 78. Göteborg.

Sveriges geologiska undersökning, 1985: Svenskt vattenarkiv, Grundvattennätet. SGU RM 43. Uppsala.

Wikner, T, Söderholm, H, Müllern, C-F, Engqvist, P, 1982: Beskrivning och bilagor till hydrogeologiska kartor över Västmanlands län. SGU Ah 2. Uppsala.

Område 21. SIGTUNA (f d Bärmö, AB-län)

Belägenhet: Bärmö-området ligger strax NV om Sigtuna, dvs 20 km S om Uppsala.

Geologi: Typiskt mälardalsskarp med kuperad urbergsterräng med sandig-moig morän och lera (Möller & Stålhös, 1971).

Observationsrör: De flesta rören utfördes i mitten och slutet av 1960-talet. Nu finns tre rör kvar i mätprogrammet, nämligen 21001, 21002 och 21007. Samtliga dessa tre står i morän och är 5, 8 resp 5 m djupa under markytan. Variationsbredden för vattennivån i dessa har under perioden 1965-1987 varit 4,39, 4,79 resp 3,02 m.

Rör 21001 (Sigtuna)

Max-nivåer	Min-nivåer
	650928 297
660401 188	661107 375
670315 145	670818 323
671027 140	681015 382
690415 155	690930 384
700503 170	701115 445
710415 196	711031 457
720415 192	721216 501
730513 261	731219 533
740403 194	741004 340
741222 156	751217 497
760603 443	761101 569
770331 182	770930 310
780413 187	781230 349
790515 187	791016 386
800613 162	800715 298
801030 130	811019 344
820406 162	821117 439
830415 189	830915 396
840416 195	840917 365
850430 159	851031 329
860402 170	860813 321

Rör 21002 (Sigtuna)

Max-nivåer	Min-nivåer
	650928 281
660515 159	661107 361
670315 114	670818 310
671027 115	680930 361
690415 138	690930 377
700503 142	701115 432
710415 181	711031 449
720415 77	721216 490
730513 254	731219 524
740403 182	741004 333
741222 132	751217 491
760515 435	761101 556
770331 151	770930 297
780913 162	781230 344
790515 163	791016 374
791129 201	800715 288
801030 103	811019 334
820406 132	821117 424
830415 160	830915 382
840416 174	840917 354
850430 127	851031 320
860402 149	860813 313

Rör 21007 (Sigtuna)

Max-nivåer		Min-nivåer	
		651219	208
660401	168	661010	290
661220	157	670721	427
671013	164	680831	327
690915	157	690916	359
700503	179	701101	367
710415	169	710930	363
720415	166	721102	400
730401	190	731119	374
740403	167	740920	325
741222	137	750905	398
760515	258	760531	358
770315	143	770930	327
780413	156	780901	332
790330	163	791016	342
791129	167	800715	299
801015	125	811002	338
811201	160	821021	372
830331	165	830830	381
840429	201	840917	341
850415	150	851129	358
860402	149	860819	329

OMR=21 ROR=2

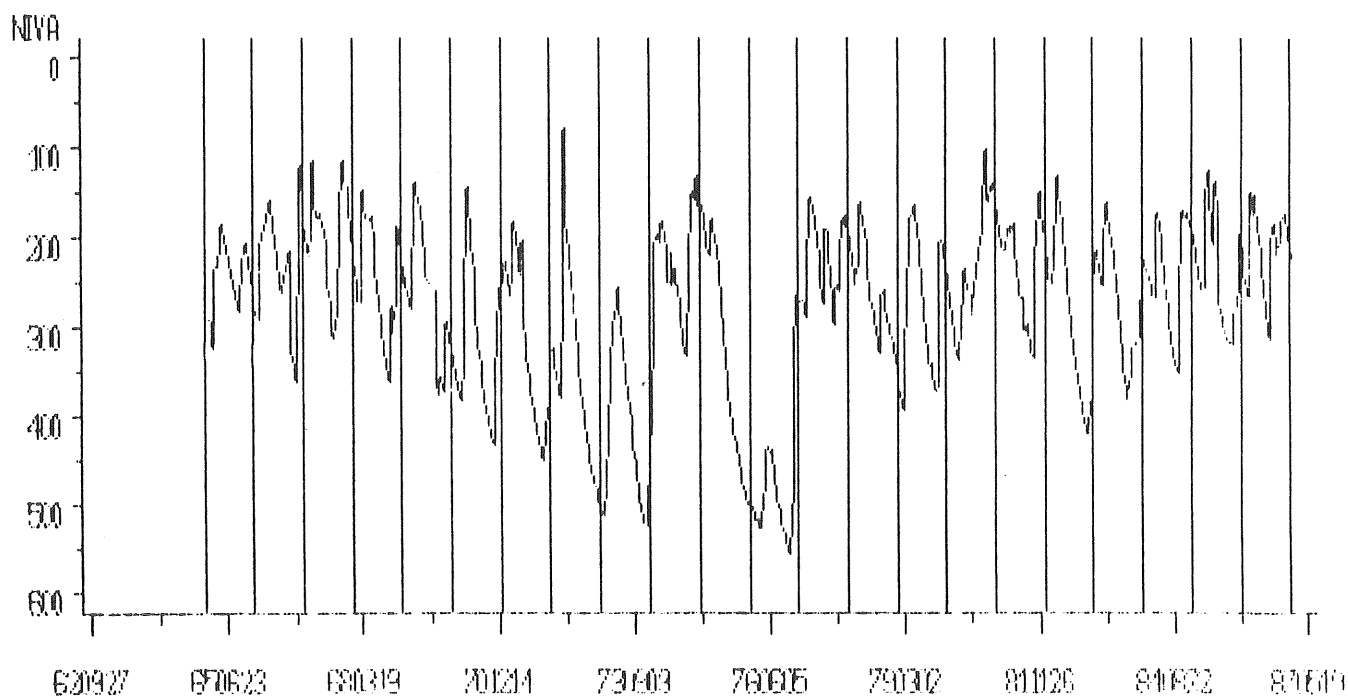


Fig 1. Vattennivån i rör 21002 under perioden 1965-86. Normalt regionalt min-värde 1976 och föregående lågt max-värde 1975-76.

Område 23. TÄRNSJÖ (U-län)

Belägenhet: Detta område ligger 50 km NV Uppsala och 30 km NO Sala.

Geologi: Området utgörs av en del av Enköpingsåsen med omgivningar, dvs en mäktig isälvsgrusavlagring omgivet av havssediment, svallsediment och morän. I detta område finns det av denna anledning flera typer av variationstyper (Nordberg & Persson, 1979, Wikner et al, 1982).

Observationsrör: De utnyttjade observationspunkterna 23006 (en grävd brunn) och 23007 (rör) är i morän vid sidan av åsen. Bra data finns också från en bergbrunn (23023) och ett rör i svallsand (23021). Rör 23007 visar den normala variationsbilden medan röret i svallsand (23021) har markerade max-värden åren 1977 och 1982 samt en stigande trend under observationsperioden. För prognoser synes 23021 vara mindre lämpad medan data från bergbrunnen 23023 är bra. Bäst mätserie är den från rör 23007. Variationsbredden hos vattennivån i de tre punkterna 23006, 23007 och 23023 är för perioden 2,87, 2,43 resp 2,06 m.

Brunn 23006 (Tärnsjö)Rör 23007 (Tärnsjö)

Max-nivåer		Min-nivåer		Max-nivåer		Min-nivåer	
		661006	244				
670323	82	670907	267				
680331	72	680811	268				
681124	63	690824	285			690914	285
700426	55	700927	284	700419	95	700927	280
710425	108	710912	278	710411	109	710919	256
720423	95	721008	259	720416	105	720910	244
730401	90	731028	262	730401	120	730916	252
740217	98	740915	273	740217	118	740929	294
741222	70	750803	290	741222	110	750817	303
760515	176	761031	297	760515	140	760831	338
770430	45	771001	252	770430	110	770917	231
780331	52	780831	261	780331	105	780831	269
790430	53	790715	245	790430	104	790715	242
791130	64	800731	255	791130	115	800731	239
801031	77	810930	223	801231	115	810915	201
820415	43	821016	314	820401	110	821016	297
830501	106	830831	330	830501	117	830831	312
840515	110	840915	305	840415	108	840915	286
850515	95	850729	284	850501	120	850729	251
860501	89	860801	304	860331	118	860814	290

Rör 23023 (Tärnsjö)

Max-nivåer		Min-nivåer	
		710731	400
720420	247	720915	356
730331	242	730930	375
740220	253	740703	391
741120	246	750810	424
760415	258	760831	435
770501	242	770702	368
780131	229	780831	333
790416	252	790715	381
791002	239	800730	363
801030	237	810731	335
811130	237	820802	426
821215	253	830831	428
840430	261	840915	385
841029	250	850729	406
860501	258	860801	375

CHF=23 RÖR=7

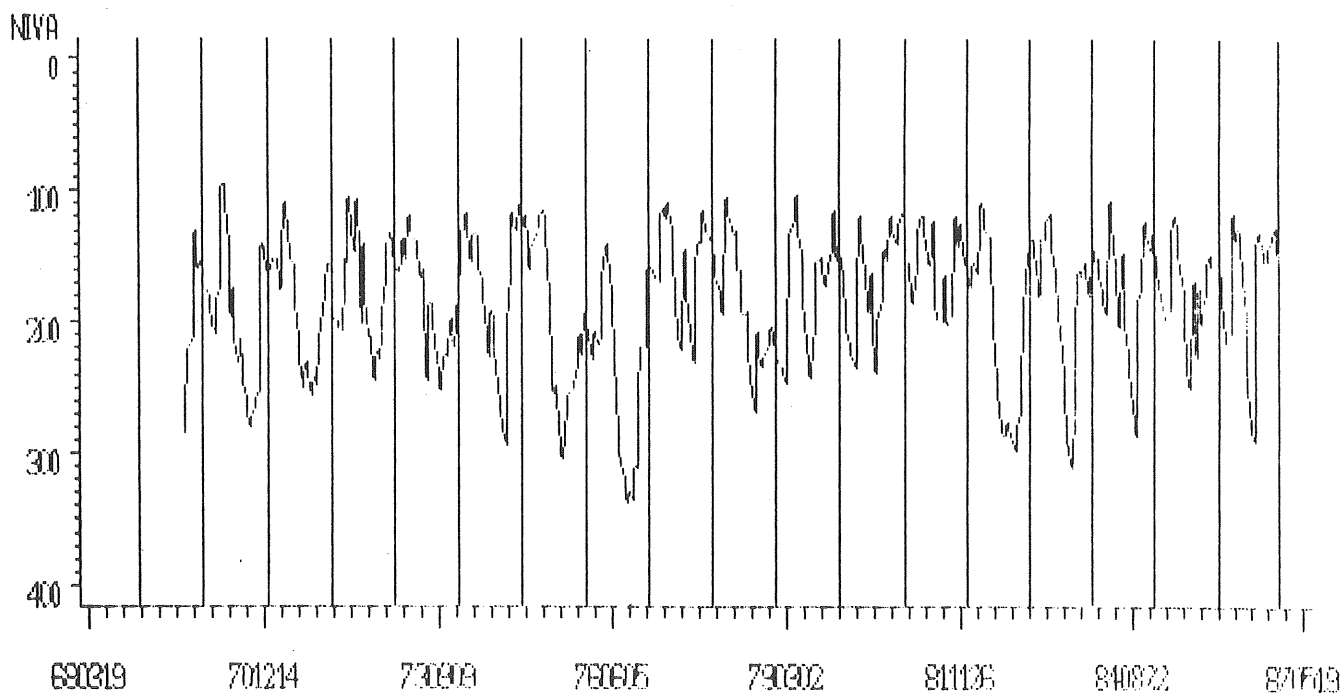


Fig 2. Vattennivån i rör 23007 under perioden 1969-86. Detta rör står i morän. Sommaren 1976 normalt regionalt minvärde.

OMR=23 RIF=21

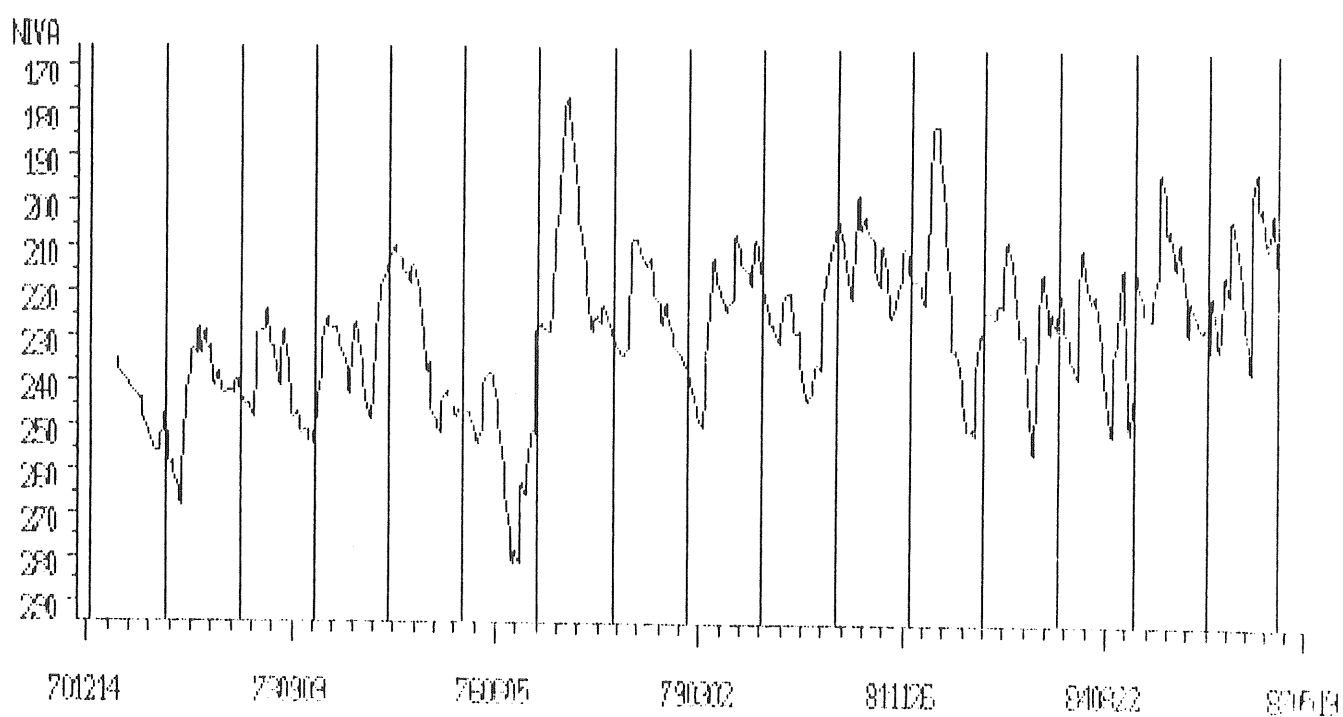


Fig 3. Vattennivån i rör 23021 under perioden 1971-86. Detta rör står i svallsand. Även här normalt regionalt minvärde 1976. De höga max-nivåerna 1977 och 1982 är av lokal karaktär.

Område 55. VAXHOLM (f d Bogesund, AB-län)

Historia: Detta område inrättades 1968 av forskargruppen STEGA och kom att bestå av 19 observationsrör. Mätningar avslutades i sju av dessa rör 1983. 1975 tillkom fyra rör varav två avslutades 1983. 1977 tillkom tre porttryckmätare, vilka också avslutades 1983. I drift är nu 14 grundvattenobservationsrör. Mätningar i området utfördes t o m 1973 av STEGA och övertogs fr o m 740101 av SGU. Mätintervallet under STEGAs tid var något varierande; under tiden okt-68 - jan-70 utfördes fyra mätningar per månad, under 1970-72 bara en mätning per månad och under hela 1973 endast två mätningar. SGUs mätningar utförs därefter två gånger per månad.

Belägenhet: På Bogesundslandet, cirka 10 km NO om Stockholms centrum.

Geologi: "representativa för det låglänta mellansvenska landskapet och innehåller odlad bygd i en för regionen karakteristisk utsträckning" (Lindskoug & Nilsson, 1974). Området innehåller ca 30% berg i dagen och och flera små dalgångar. Moräntäcket har ganska stor utbredning men är relativt tunt och består av sandigmoig morän. I dalgångarna finsediment och torvmarker (Möller & Stålhös, 1964).

Observationsrör och kommentarer till mätserierna 1968-1986

För samtliga rör 55001-55019 gäller ovanstående oregelbundenheter i mätintervallet under 1972 och 1973.

Rör 55001: Bra mätserie. Längre lucka i mätningarna 711223 - 720419 samt endast två mätningar 1973. Max-nivå 780331 113, min-nivå 761101 320. Variationsbredd 2,07 m.

Rör 55002: Dålig mätserie. Avslutat 1983.

Rör 55003: Ojämn mätserie med flera mätluckor och några troliga, men ej analyserade, mätfel. Seriens utseende i början av 70-talet orealistisk. Mätserien förefaller otillförlitlig.

Rör 55004: Mätserien förefaller rimlig. Avslutat 1983.

Rör 55005: Bra mätserie. Luckor i mätserien sommaren 1972 och under 1973. Ett mätvärde ändrat: 831016 264 måste vara 164; efter jämförelse med t ex 55001. Max-nivå 700420 101 och 760915 280. Variationsbredd 1,79 m.

Rör 55006: Bra mätserie men avslutat 1983.

Rör 55007: Grundvattentryckytan ofta ovan markytan med ty åtföljande risk för frysningar i röret vintertid ("glykoliserat?"). Första årets värden klart avvikande, för höga. Mätserien lite egen, ty toppar väl synliga men lågnivåer förefaller svårnåeliga.

Rör 55008: Bra mätserie med undantag för 1973. Max-nivå 780331 101, min-nivå 830830 (!) 248 (under 1976 var min-nivån 226, här kan således föreligga ett datafel). Variationsbredd 1,47 m.

Rör 55009: Bra mätserie med undantag för 1973. Max-nivå 700420 135 och min-nivå 761101 371. Variationsbredd 2,36 meter.

Rör 55010: Mätserien ser underlig ut under mitten av 70-talet. Där måste finnas flera mätfel, men ej ytterligare analyserat. Avslutat 1983.

Rör 55011: Bra mätserie med undantag för 1973. Troliga datafel: 830305 ändrat från 361 till 261, dvs justerat 1,00 m (i annat fall orimligt snabb avsänkning med 1,03 m under två veckor och återhämtning med 0,98 m under 10 dagar), 850101 ändrat från 131 till 231 av motsvarande skäl. Max-nivå 700420 205 och min-nivå 830830 356 (1976 års min-värde: 350). Variationsbredd efter justering 1,51 m.

Rör 55012: Bra mätserie med undantag för perioden hösten 1972 - vintern 1973/74. Max-nivå 700427 10 och min-nivå 761116 332. Under 1976 uppfylldes magasinet ej i normal omfattning, vilket gav en extremt låg max-nivå, 223. Variationsbredd 3,22 m. Max-nivåer under senvintern/våren är ofta i höjd med markytan med ty åtföljande frysningsrisk i röret. Det förefaller vara sämre upplösning i denna serie än för t ex 55001, men högnivåer går fram tydligare än lågnivåer.

Rör 55013: Bra mätserie med undantag för 1973. Mätserien har mycket sämre upplösning än rör 55001. Max-nivå 690421 128 och min-nivå 760831 284. Variationsbredd 1,56 m.

Rör 55014: Bra mätserie med undantag för 1973. Minst ett datafel; 760115 118 är orimligt, det måste vara 218. Max-nivå 700420 115 och min-nivå 761101 282. Variationsbredd 1,67 m.

Rör 55015: Mätseriens högnivåer förefaller underliga som om magasinet bräddat vid viss nivå. Avslutat 1983.

Rör 55016: Mätserien förefaller bra, men dess variationsbredd ganska liten, mindre än 1,5 m. Mätvärden 1968 förefaller för små, dvs vattenytan i röret högre än någonsin senare vilket inte är troligt med hänsyn till andra mätseriers utseende.

Rör 55017: Mätserien förefaller vara bra, men ej närmare analyserad. Underliga toppar våren 1983 och 1987, troligen två 1,0 m mätfel. Ganska små variationer under perioden 1977-81.

Rör 55018: Avslutat 1983.

Rör 55019: Avslutat 1983.

Rör 55020: Helt kass mätserie. Avslutat 1983.

Rör 55022: Start våren 1975. Låg grundvattennivå (?) 1975-76, vilket är svårkontrollerbart, eller systematiskt fel denna tidsperiod. Dålig upplösning i topparna.

Rör 55023: Avslutat 1983.

Rör 55024: Start 1975. Egendomlig mätserie 1975 - helt irrelevant 1975. Därefter är mätserien bra.

Portryckmätare 55050-55052: Ej analyserade.

Synpunkter på mätseriernas kvalitet

Av ovanstående framgår att de tillförlitligaste mätserierna är de för rören 55001, 55008, 55009, 55011, 55012, 55013 och 55014. Om man inte är beroende av alla max-nivåer duger också mätserien från rör 55005. Mätserierna från rören 55016 och 55017 har ganska liten variationsbredd, men förefaller annars vara goda. De nyare rörens mätserier är än så länge ganska ointressanta, men synes vara goda fr o m 1977.

Mätserierna från rören 55003 och 55007 är ej tillförlitliga. Detta på grund av för stora luckor i mätmaterialiet.

Extremvärden

För de bästa rören listas här extremvärdena för hela mätperioden fram till och med 1986.

Rör 55001 (Vaxholm)

Max-nivåer	Min-nivåer
690407 117	690818 253
700420 110	701012 267
710419 130	710913 228
720419 129	720717 196
721213 132	731107 244
740214 135	740930 211
741118 128	751117 292
760430 149	761101 320
770429 125	770701 166
780331 113	780815 237
790515 116	790814 197
800430 138	800715 198
801117 125	810715 218
820331 131	821015 278
830403 136	830830 293
840415 142	840901 239
850417 137	850715 241
860331 117	860817 223

Rör 55008 (Vaxholm)

Max-nivåer	Min-nivåer
690421 118	690818 228
700420 102	700914 227
710111 144	710913 213
720419 143	720717 213
721213 145	730709 194
740329 130	740930 152
741118 108	750730 206
760430 149	760831 226
770429 119	770905 155
780331 101	780801 184
790515 119	791001 157
791129 123	800715 166
801015 104	810714 179
820331 113	820815 199
830403 122	830830 248
840415 153	840901 218
850417 131	850715 201
860331 116	860802 189

Rör 55009 (Vaxholm)

Max-nivåer	Min-nivåer
690421 140	690818 276
700420 135	701012 294
710419 161	710712 249
720419 157	720717 239
721213 180	730709 249
740214 156	740930 225
751118 148	741117 334
760414 181	761101 371
770718 145	770905 213
780331 145	780815 250
790417 153	791001 215
800430 152	800715 206
801015 141	810814 237
820331 151	821015 311
830403 153	830916 326
840415 162	840917 274
850417 151	850901 266
860331 140	860917 276

Rör 55011 (Vaxholm)

Max-nivåer	Min-nivåer
681104 212	690818 318
700420 205	700914 326
710419 234	710913 292
711223 234	720717 305
721213 240	730709 305
740214 223	740902 273
741118 219	750730 335
760414 244	761014 350
770315 219	770701 266
780331 209	780801 294
790330 221	790814 255
791129 211	800715 267
801015 209	810715 284
811130 224	821130 338
830403 220	830830 356
840115 241	840901 325
850101 231	850715 329
860331 206	860802 333

Rör 55013 (Vaxholm)

Max-nivåer	Min-nivåer
690421 128	690818 216
700420 135	700914 211
710419 169	710712 221
720419 165	720717 201
721213 177	730709 225
740730 167	740902 195
750103 149	750730 234
760430 200	760831 284
770718 178	770816 206
780413 172	780815 213
790502 172	791001 196
791129 166	800715 200
801030 157	811001 200
820331 152	820815 215
830403 173	830830 245
8403 184	840901 220
850417 163	850715 213
860331 155	860817 205

Rör 55014 (Vaxholm)

Max-nivåer	Min-nivåer
681104 137	690818 252
700420 115	700914 256
710419 115	710913 237
720419 179	720717 214
721213 184	731107 247
740730 165	740930 209
741118 150	751031 253
760115 118	761101 282
770315 152	770930 204
780331 163	780831 229
790330 161	791030 209
791129 148	800715 202
801015 130	811001 217
820331 129	821001 241
830403 147	830830 267
840415 185	840901 218
850417 148	850715 223
860331 123	860817 203

OMR=55 ROR=1

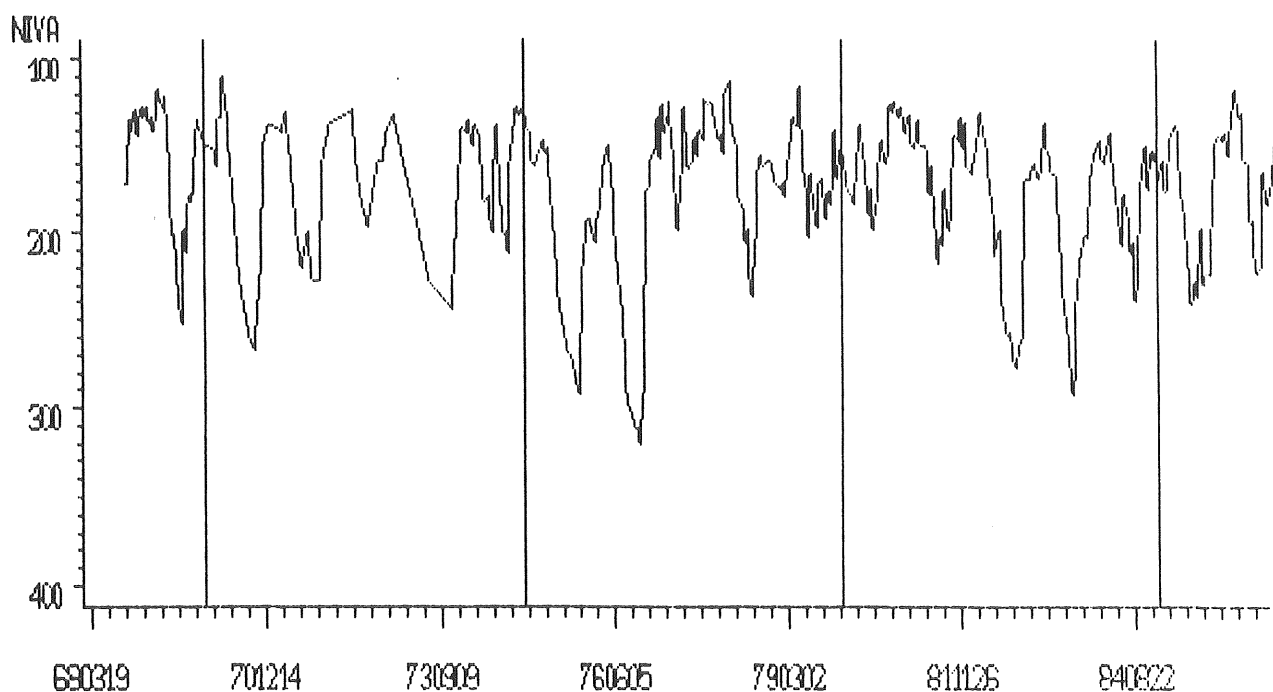


Fig 4. Vattennivån i rör 55001 under perioden 1968-1987. Endast två mätningar utförda 1973. Regionala lågnivåer 1976 och 1983.

OMR=55 ROR=9

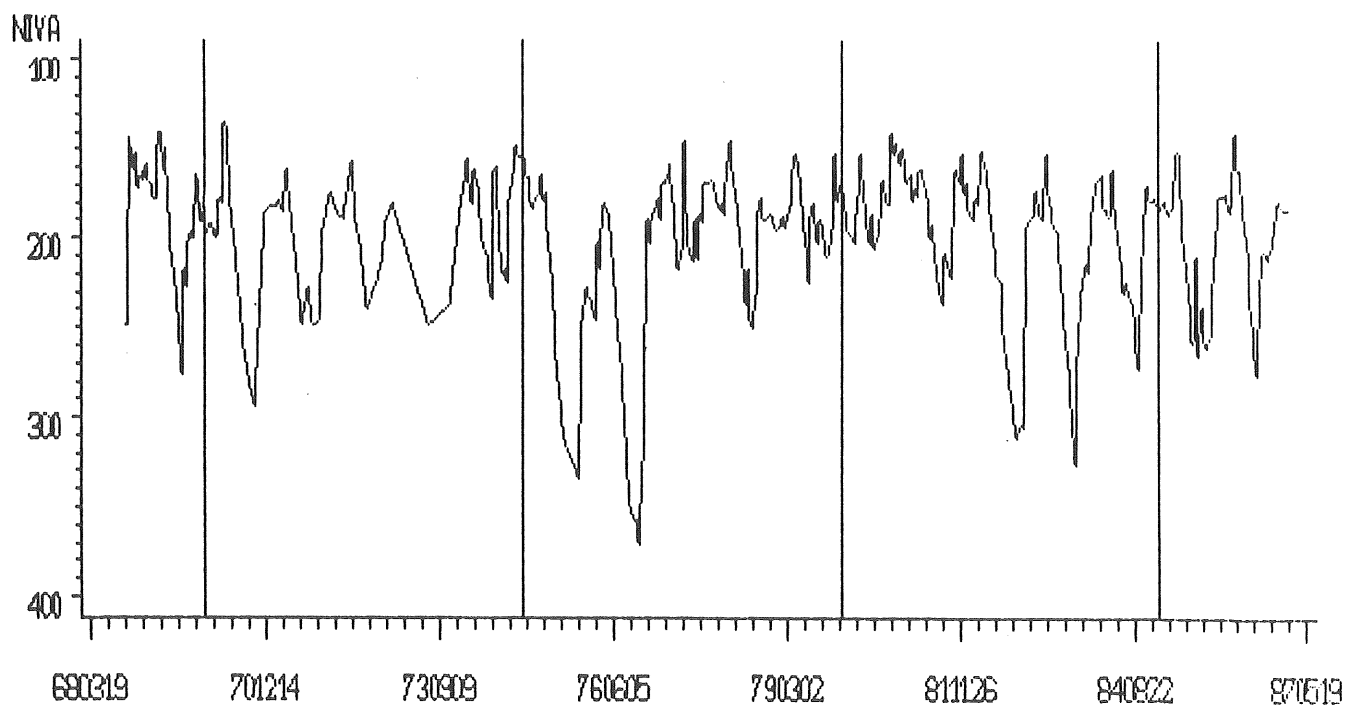


Fig 5. Vattennivån i rör 55009 under perioden 1968-1987. Endast två mätningar utförda 1973! Regionalt förekommande lågnivåer 1976 och 1983.

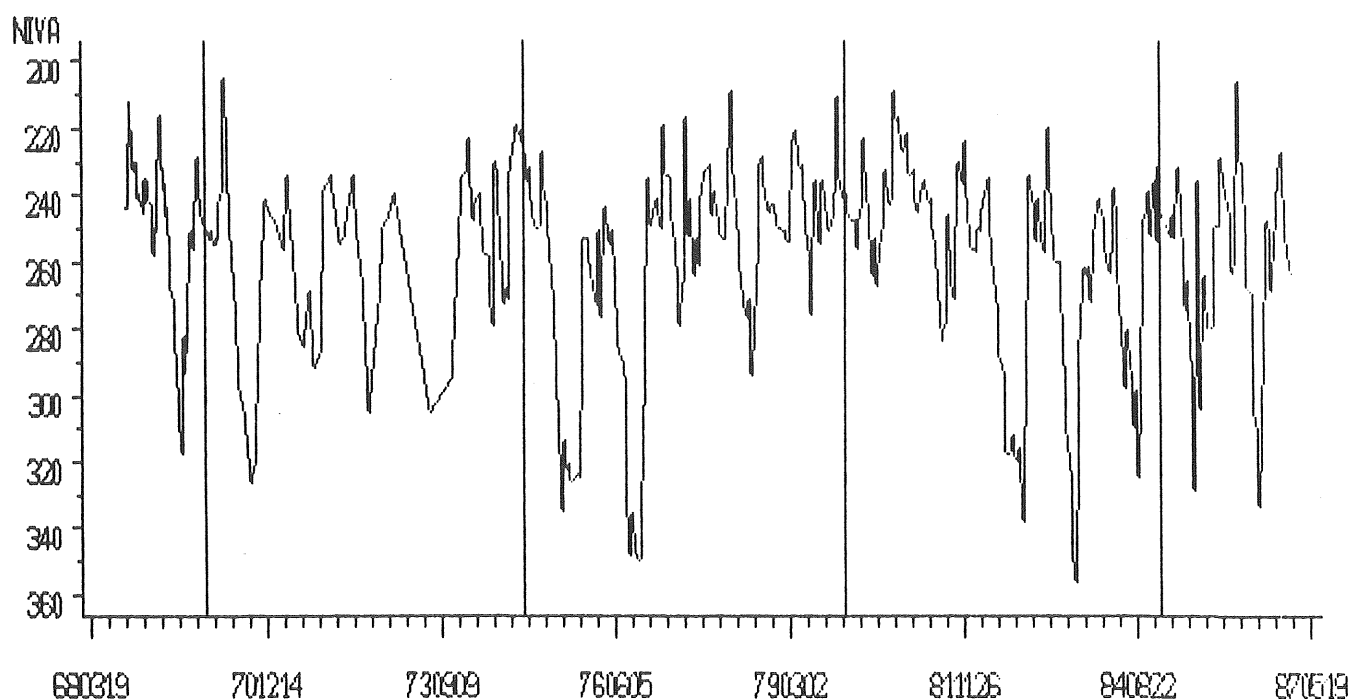


Fig 6. Vattennivån i rör 55011 under perioden 1968-1987. Observera att under 1973 utfördes endast två mätningar. Lågnivån 1983 är lägre än 1976 års. Detta är ovanligt - kan bero på något datafel.

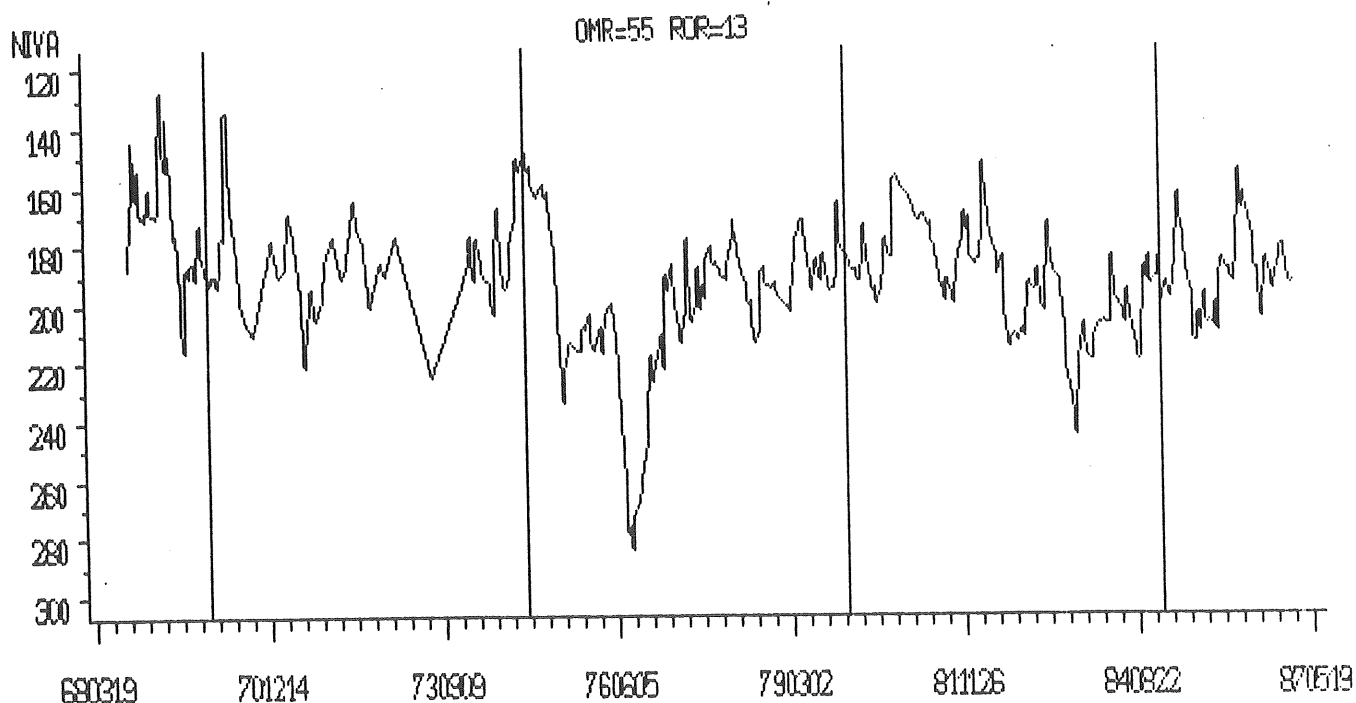


Fig 7. Vattennivån i rör 55013 under perioden 1968-1987. Endast två mätningar 1973. Observera att detta rörs vattennivåer har ganska små årsvariationer jämfört med de långvariga klimatvariationer som ger de låga nivåerna 1976 och 1983. Ej bra som referensrör!

OMR=55 ROR=14

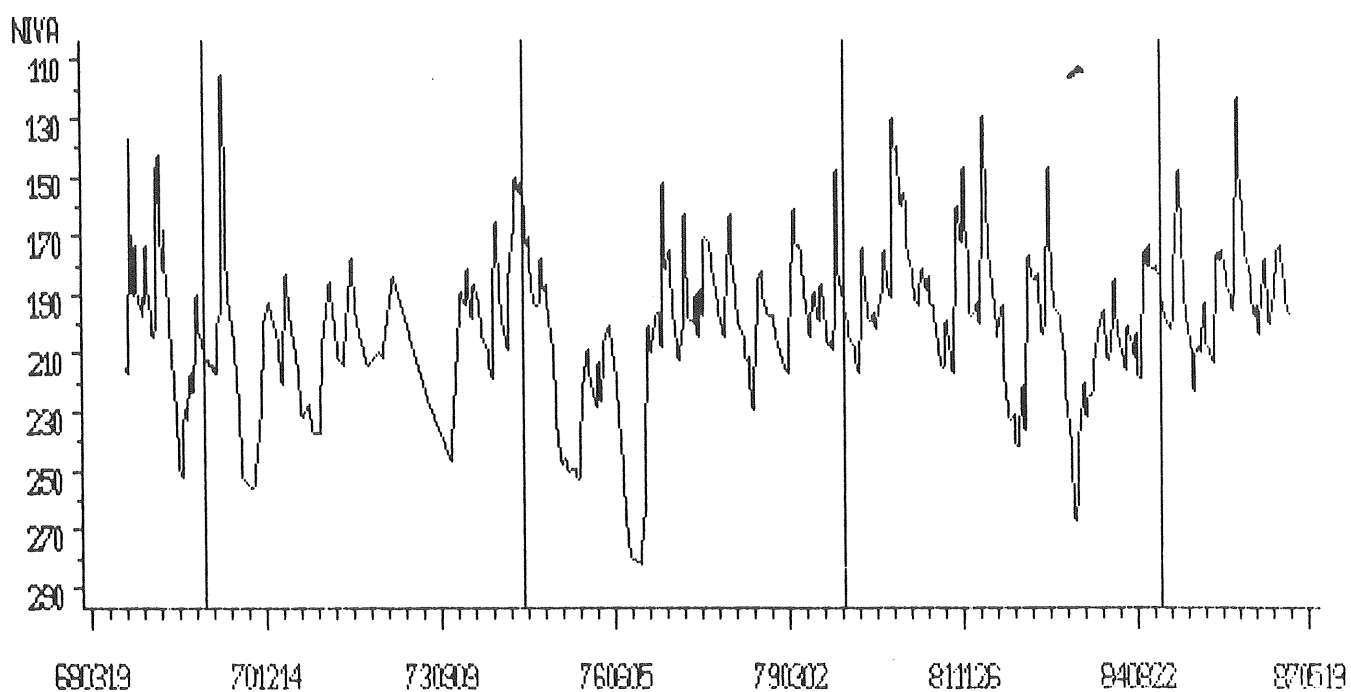


Fig 8. Vattennivån i rör 55014 under perioden 1968-1987. Observera att under 1973 utfördes endast två mätningar. Regional lågnivå 1976 med föregående låga vinternivåer.

Område 56. HANINGE (f d Berga, AB-län)

Historia: Detta område inrättades 1968 av forskargruppen STEGA och kom att bestå av 18 observationsrör. Mätningarna avslutades i ett av dessa 1977, ett 1978, ett 1981 och fem 1983. Återstår således tio rör i drift. Mätningarna utfördes t o m 1973 av STEGA och övertogs av SGU fr o m 740101. Mätintervallet under STEGAS tid var något varierande; under tiden okt 68 - jan 70 utfördes fyra mätningar per månad, under 1970-72 bara en mätning per månad och under hela 1973 totalt endast två mätningar. SGUs mätningar utförs därefter två gånger per månad.

Belägenhet: Cirka 25 km söder om Stockholms centrum.

Geologi: "representativa för det låglänta mellansvenska landskapet och innehåller odlad bygd i en för regionen karakteristisk utsträckning" (Lindskoug & Nilsson, 1974). Området innehåller ca 40% berg i dagen och flera små dalgångar. Sänkor i höjdläge samt många sluttningar innehåller oftast morän, vanligen av sandigmoig typ. Lägre slänter och dalbottnar består av leror och silt (Möller & Stålhös, 1969a).

Observationsrör och kommentarer till mätserierna, 1968-1986

För samtliga rör gäller ovanstående anmärkning om mätintervall.

Rör 56001: Många "frusna toppar". Avslutat 1978.

Rör 56002: Troligen en ganska bra mätserie. Avslutat 1983.

Rör 56003: Bra mätserie med ovanstående undantag. Max-nivå 700424 107 och min-nivå 761102 415. Min-nivån är extremt låg och borde enligt sannolikhetsplottnings vara ca 0,5 m högre (motsvarar ett 200-årsvärde). Variationsbredd 3,08 m. Om extrem max-nivå inträffar vintertid finns det risk för frysning och data-lucka.

Rör 56004: Bra mätserie med ovanstående undantag. Max-nivå 810601 189 och min-nivå 761102 568. Variationsbredd 3,79 m.

Rör 56005: Ointressant. Avslutat 1977.

Rör 56006: Egendomlig mätserie. Allmänt högre nivåer före 1975 än senare. Högnivåer mer accentuerade än lågnivåer. Avslutat 1983.

Rör 56007: Lågnivåerna mer accentuerade än högnivåerna. Avslutat 1981.

Rör 56008: Grundvattentrycknivån ofta ovan markytan med ty åtföljande frysningsrisk och data-luckor, speciellt för max-värden. Ett eller två datafel våren 1969, ej korrigerade. Röret ger således ej relevant datamängd.

Rör 56009: Bra mätserie med ovanstående undantag. Tre lika min-värden; 690820, 701015 (dock tveksamt värde), och 830915 har alla nivån 445. Max-nivå 711223 184. Variationsbredd 2,61 m.

Rör 56010: Grundvattentrycknivån nästan alltid ovan markytan med ty åtföljande frysningrisk och dataluckor ("glykoliserat?"). Grundvattennivån synes vara sjunkande sedan 1977. Röret ger således ej relevant datamängd.

Rör 56011: Bra mätserie med ovanstående undantag. Max-nivå 700424 81 och min-nivå 761102 296. Variationsbredd 2,15 m. 1983 års min-nivå, 293, förefaller vara jämförelsevis onormalt låg.

Rör 56012: Ganska bra mätserie med ett datafel 1970 (tömt rör?). Avslutat 1983.

Rör 56013: Bra mätserie 1974-83. Avslutat 1983.

Rör 56014: Bra mätserie med ovanstående undantag. Max-nivåer lika 820331 och 850501: 90 och min-nivå 761102 441. Variationsbredd 3,51 m. Fara för frysning i röret om extrem max-nivå inträffar vintertid ("glykoliserat?").

Rör 56015: Denna mätserie är inte helt bra. Förutom ovanstående undantag innehåller serien en lucka 840129 - 840330 (6 mätvärden saknas, troligen på grund av frysning i röret eftersom sista värde före är 41 och första värde efter är 59 och det är vinter). Vissa höga nivåer ovan markytan. Om max-nivå inträffar under frostperiod blir den inte representerad i datamängden. Noterad max-nivå 700424 36 och min-nivå 761102 315. Variationsbredd 2,79 m. Mätserien är således inte relevant vad avser max-nivåer.

Rör 56016: Avslutat 1983.

Rör 56017: Bra mätserie med ovanstående undantag. Max-nivå 780331 63 och min-nivå 830831 317 (761102 315). Variationsbredd 2,54 m.

Rör 56018: Mätserie med ganska många luckor samt ovanstående undantag. Max-nivå 700416 121 och min-nivå 761001 375. Variationsbredd 2,54 m.

Synpunkter på mätseriernas kvalitet

Av ovanstående framgår att de tillförlitligaste mätserierna är de för rören 56003, 56004 och 56009. Om man inte är beroende av alla max-nivåer duger också mätserierna från rören 56011, 56014, 56015 och 56017.

Mätserierna från rören 56008 och 56010 är inte tillförlitliga eftersom de saknar extremvärden och många andra nivåer som kan förekomma vintertid eftersom grundvattentrycknivån oftast ligger ovan markytan i dessa båda rör. Tillsats av frosthindrande medel (t ex glykol) kan inte rekommenderas eftersom man därmed frånhänder sig möjligheten att funktionstesta rören med konventionella metoder.

Extremvärden

För de "bästa" rören har vattennivåns extremvärden tagits ut och listas i följande tabeller för hela observationsperioden fram till och med 1986.

Rör 56003 (Haninge)

Max-nivåer	Min-nivåer
	681009 298
690410 117	690813 307
700424 107	701015 338
701218 153	710916 294
711130 136	721017 296
721116 131	731107 246
740116 130	741001 305
741128 120	751119 307
751230 147	761102 415
770118 131	770930 204
780331 122	780831 281
790330 144	790814 241
791230 131	800816 253
801015 112	810731 228
811201 117	820801 246
830331 123	830831 304
840414 155	840901 258
850501 143	850715 248
860331 127	860815 265
861130 154	870816 137

Rör 56004 (Haninge)

Max-nivåer	Min-nivåer
	681016 490
690410 219	690820 477
700424 205	701015 544
701218 262	711021 528
720421 253	720718 376
721214 257	731107 558
740218 260	741001 494
741128 239	750818 476
760514 265	761102 568
770331 248	770629 398
780413 250	780831 489
790417 243	791014 377
791202 240	800816 338
810616 189	810701 316
820331 224	821014 343
830414 241	830831 455
840414 249	840901 354
850501 239	850715 392
860331 225	860815 384
870415 22	870731 332

Rör 56009 (Haninge)

Max-nivåer	Min-nivåer
-	681009 366
690410 219	690820 445
700424 225	701015 554
710422 246	710916 342
711223 184	721017 273
data saknas	731107 380
740218 246	741001 337
741216 230	751202 321
760514 251	761102 411
770615 215	770930 286
780413 224	780831 419
790417 222	791014 324
791202 239	800816 340
801231 220	810816 331
820331 203	821014 401
830414 226	830915 445
840414 237	840915 380
850501 216	851102 408
860331 223	860815 408
861231 267	87

Rör 56018 (Haninge)

Max-nivåer	Min-nivåer
690410 143	690820 336
700416 121	700813 288
701218 167	710715 281
711223 149	720718 256
721116 149	731107 293
740329 158	741001 281
741030 152	750730 312
751230 156	761001 375
770315 141	770629 223
780331 129	780831 318
790417 149	791014 236
791202 146	800731 237
801116 146	810715 238
820331 139	821014 299
830331 147	830831 315
840214 135	8409 259
8505 141	8507 274
8603 136	860815 295
861231 183	870731 237

OMR=56 ROR=3

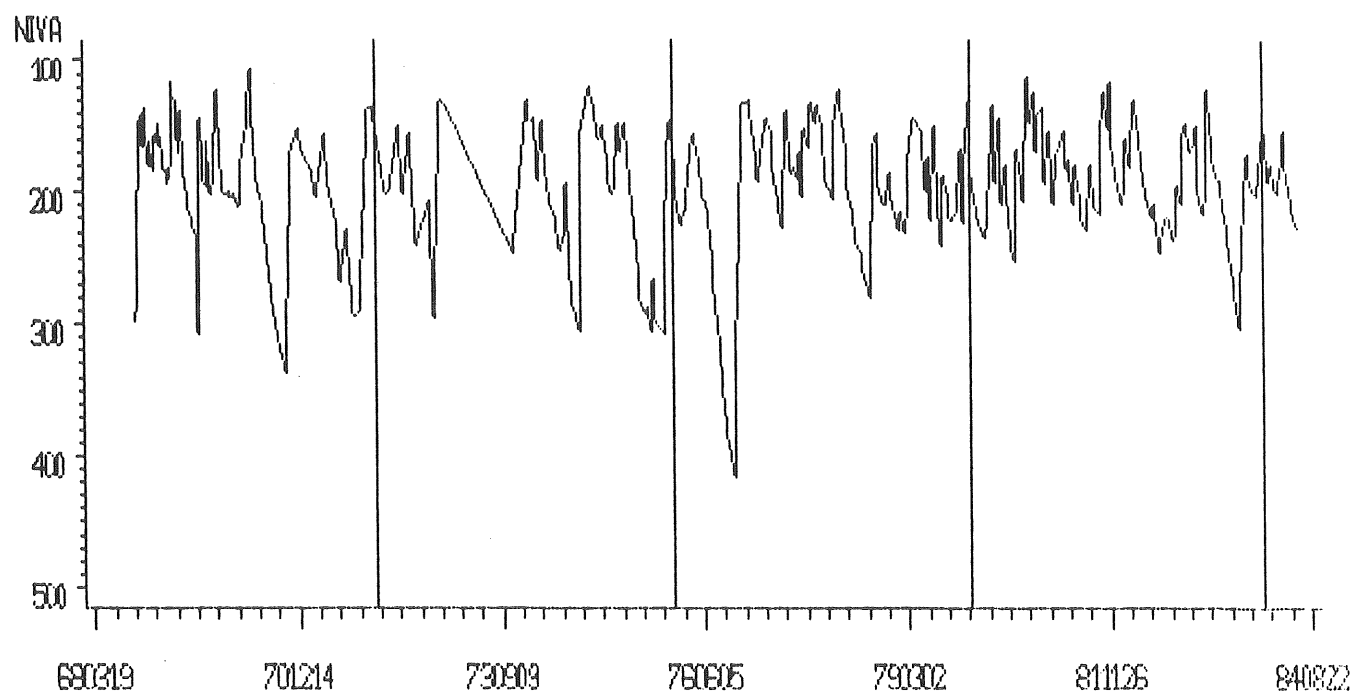


Fig 9. Vattennivån i rör 56003 under perioden 1968-1987. Endast två mätvärden 1973. Regionalt min-värde 1983.

OMR=56 ROR=4

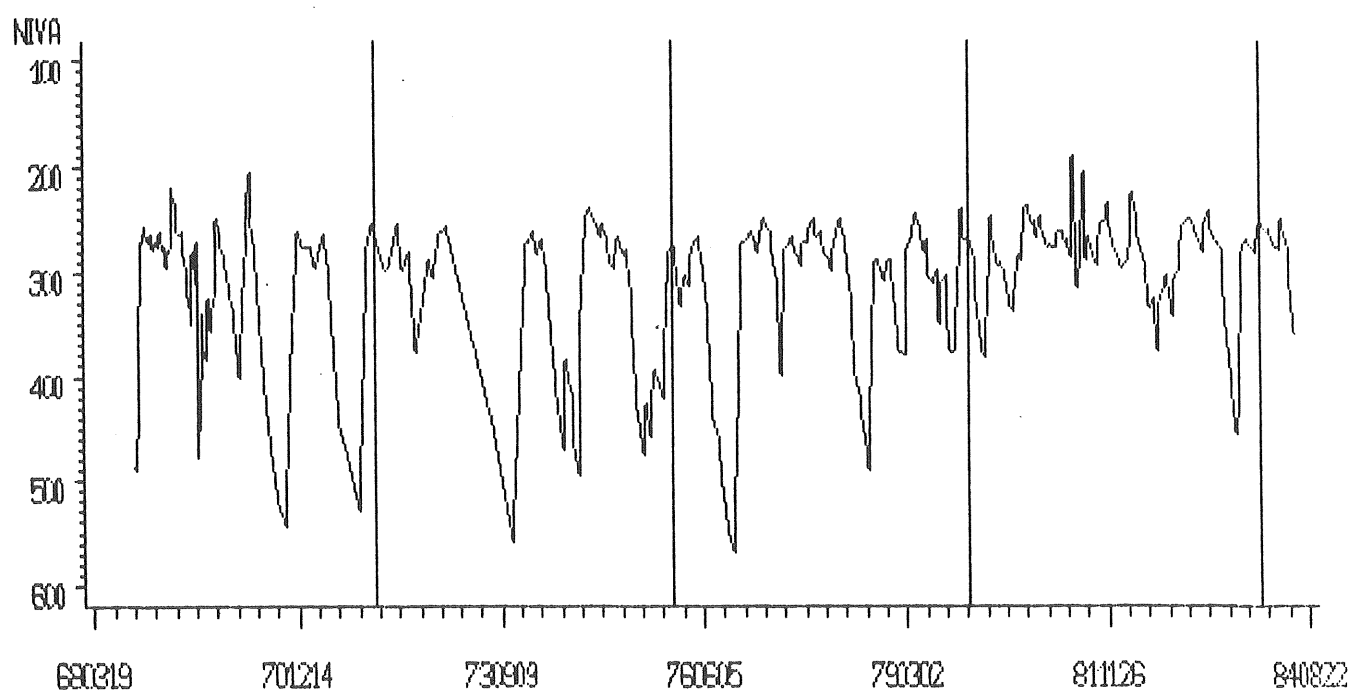


Fig 10. Vattennivån i rör 56004 under perioden 1968-1984. Endast två mätningar 1973.

OMR=56 RÖR=9

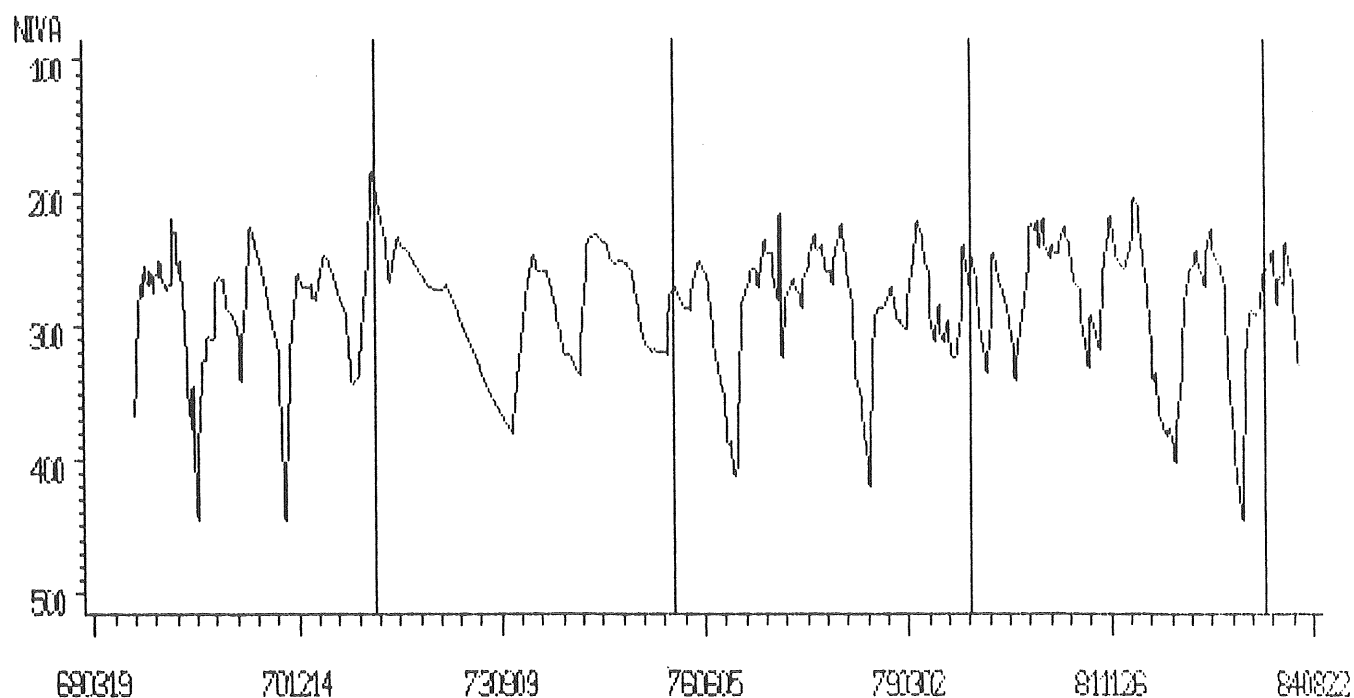


Fig 11. Vattennivån i rör 56009 under perioden 1968-1984. Endast två mätningar utförda 1973. Observera att här är inte den regionala lågnivån 1976 på något sätt extrem.

Område 57. SÖDERTÄLJE (f d Bornsjön, AB-län)

Historik: Detta område inrättades av forskargruppen STEGA och kom att bestå av 18 observationsrör i starten. Av dessa kvarstår 1987 endast fyra i mätprogrammet. 1975 tillkom fyra rör i norra delen. Tre av de tidiga rören förlängdes i dec med vardera 1,00 m. Mätningarna i området utfördes t o m 1973 av STEGA och övertogs av SGU 740101. Mätintervallerna var något varierande under STEGAs tid; under tiden dec 68 - jan 70 utfördes fyra mätningar per månad, under 1970-72 bara en mätning per månad och under hela 1973 endast två mätningar. SGUs mätningar utförs därefter två gånger per månad.

Belägenhet: Cirka 25 km SSV Stockholm centrum.

Geologi: "representativa för det låglänta mellansvenska landskapet och innehåller odlad bygd i en för regionen karakteristisk utsträckning" (Lindskoug & Nilsson, 1974). Även här är mängden kalt berg stor. Moränmaktigheten är i allmänhet ringa. Morän i dagen uppträder i stort sett endast på bergshöjdernas sluttningar samt inom relativt högt belägna sänkor mellan dessa. Moränen är huvudsakligen av sandig-moig typ och ytskiktet är normalt påverkat av svallning. Det finns inga isälvsavlagringar i detta område. De sydöstra delarna innehåller mäktigare lersediment. (Möller & Stålhös, 1969b).

Observationsrör och kommentarer till mätserierna 1968-1986

För samtliga rör 57001-57018 gäller ovanstående oregelbundenheter i mätintervallerna under 1972 och 1973.

Rör 57001: Ganska bra mätserie. Data mellan 690730 och 690903 är osannolika, bör utgå. Ett ytterligare datafel: 820916 89 måste vara 189. Max-nivå 860420 68 och min-nivå 760906 213 och variationsbredden således 1,45 m.

Rör 57002: Bra mätserie med reservation för att hälften av alla års-maxima ligger i nivå med eller ovan markytan, dvs det finns en påtaglig risk för frysning och dataluckor. Max-nivå 780331 75 och min-nivå 760906 222 (ett 50-årsvärde). Variationsbredd 1,47 m. Mätningarna avslutade 860228.

Rör 57003: Mätserien förefaller inte vara tillförlitlig. Avslutat 1983.

Rör 57004: Bra mätserie med reservation för att mer än hälften av årsmaxima ligger i nivå med eller ovan markytan, dvs det finns en påtaglig risk för frysning och dataluckor. Två datafel: 820504 196 måste vara 96 och 820517 204 måste vara 104. Max-nivå 741118 58 och min-nivå 761102 261 (ett 80-årsvärde). Variationsbredden är således 2,03 m. Avslutat före 870827.

Rör 57005: En något avvikande mätserie. Rörets topp (0-nivån) belägen 2,1 m över markytan, varför så gott som samtliga mätvärden hänförs sig till en grundvattentryckta belägen över markytan. Det saknas mätdata från tre vintrar, 1970-73, vilket tyder på att röret varit fruset. Därefter finns det vintervärden, vilket måste bero på att man "glykoliserat" röret. Mätvärdena före och efter

denna glykolisering är inte kompatibla så länge man inte vet hur mycket glykol som påfyllts. Detta rör måste således anses ge ej tillförlitliga data. Ett datafel: 820703 230 måste vara 130. Avslutat före 870827.

Rör 57006: Mätserie som synes innehålla flera felaktigheter. Avslutat 1979.

Rör 57007: Acceptabel mätserie, men avslutad 1977.

Rör 57008: Helt osannolik mätserie, dock inte avslutad förrän 1983.

Rör 57009: Bra mätserie. Ett datafel: 830718 368 måste vara 268. Hälften av alla årsmaxima ligger ovan markytan med ty åtföljande risk för frysning och datafel ("glykoliserat"?). Max-nivå 711201 71 och min-nivå 761013 323. Variationsbredd 2,32 m.

Rör 57010: Bra mätserie. Inga mätdata från 1973. Grundvattenytan ligger här normalt ca 5 m under markytan. Max-nivå 780413 364 och min-nivå 761102 747. Variationsbredd 3,83 m. Avslutat före 870827.

Rör 57011: Data från 1973 saknas. Detta rör förlängdes 741217 med 1,00 m. Databasen innehåller data med vid mätningen gällande referensnivå, dvs utan sammanjämkning, vilket är förvillande för den oinvigde. Grundvattentrycknivån var hösten 1984 så hög att vattnet rann över rörkanten (vilket föranledde förlängningen). Rör överkant är nu 2,20 m över markytan. Variationsbredd i storleksordningen 3 m. Avslutat före 870827.

Rör 57012: Ganska bra mätserie, men det finns en tendens till avsänkning. Avslutat 1983. Avslutat före 870827.

Rör 57013: Bra mätserie. Max-nivå 750213 178 och min-nivå 761116 513 (60-årsvärde). Variationsbredd 3,35 m. Avslutat före 870827.

Rör 57014: Bra mätserie, men med ganska liten variationsbredd - 1,00 m. Max-nivå 741129 91 och min-nivå 830905 191 (760806 var det bara 189). Avslutat före 870827.

Rör 57015: Bra mätserie, men lite säregen eftersom den har två årsminima som är lägre än 1976 års (260), nämligen 1983 310 och 1970 261. Alla årsmaxima är över markytan. Max-nivå 700423 88 och 860331 88. Variationsbredd 2,22 m.

Rör 57016: Röret förlängt 741217 och därmed referensnivån förändrad. Databasens värden är ej korrigerade härför. Ett datafel vid första mätning efter förlängning: 750102 67 måste vara 167. Variationsbredden är i storleksordningen 1,7 m. "Glykoliserat"? Avslutat före 870827.

Rör 57017: Röret förlängt 751217 med ovanstående konsekvenser. Ett datafel: 690219 560 måste vara 56. Avslutat 1983.

Rör 57018: Röret förlängt 741217 med 1,00 m. Med ovanstående konsekvenser. Vattennivån var före förlängningen nära rör överkant och synes ha bräddat vid flera årsmaxima, speciellt hösten 1974.

Max-värden före 1975 torde därför kunna anses vara helt irrelevanta! Variationsbredden i storleksordningen 2 m. Avslutat före 870827.

Rör 57019: Bra mätserie, men omfattar bara 11 år. Max-nivå 82003 130 och min-nivå 760916 374. Variationsbredden är således 2,44 m. Avslutat före 870827.

Rör 57020: Bra mätserie, men omfattar bara 11 år. Ett datafel: 770615 110 måste vara 210. Max-nivå 800520 106 (över markytan) och min-nivå 761102 350. Variationsbredden är således 2,44 m även för detta rör. Avslutat före 870827.

Rör 57021: Bra mätserie, men omfattar bara 11 år. De första mätvärdena i serien, från 1975, synes dock vara irrelevanta (start med tomt rör och sakta tillrinning?). Max-nivå 820403 155 och min-nivå 830905 318. Variationsbredden är således 1,63 m. Avslutat före 870827.

Synpunkter på mätseriernas kvalitet

Av ovanstående framgår att de tillförlitligaste mätserierna finns för rören 57010, 57013 och 57014, men dessa tre har upphört som mättningsobjekt! Återstår bara rören 57001, 009, 015, 018 och 022. Av dessa är för rör 57018 max-nivåerna före 1975 ej användbara. Ej heller är data från rör 57009 helt tillförlitliga. Således återstår rören 57001, 57015 och 57022.

Extremvärden

För de "bästa" rören har vattennivåns extremvärden tagits ut och listas i följande tabeller för hela observationsperioden fram till och med 1986.

Rör 57001 (Södertälje)

Max-nivåer	Min-nivåer
	690903 172
700423 84	701013 182
710421 118	710915 174
720420 103	721025 173
721212 153	731107 187
740329 126	741101 165
741129 77	751030 190
760514 150	760906 213
770414 93	770930 141
780413 80	780831 174
790515 100	791016 148
791205 100	800802 159
801017 97	810917 173
820403 83	821002 188
830404 105	830905 210
840418 123	840904 183
850518 89	850917 156
860420 68	860815 143
861209 99	

Rör 57009 (Södertälje)

Max-nivåer	Min-nivåer
690423 117	690826 275
700423 78	701013 277
710421 142	711020 248
711222 71	data saknas
data saknas	731107 287
740218 176	741001 256
741129 91	751119 289
760514 218	761013 323
770315 99	770930 219
771130 120	780831 261
790515 129	791016 240
791205 150	801003 275
801115 151	810917 278
820318 114	821101 295
830404 118	830718 368
840418 187	840918 277
850418 127	850917 282
860420 100	860815 245

Rör 57015 (Södertälje)Rör 57022 (Södertälje)

Max-nivåer		Min-nivåer		Max-nivåer		Min-nivåer	
690423	98	690820	257	700423	88	701013	261
710421	126	710714	233	711222	119	720719	217
721212	128	731107	230	740116	109	740902	170
741129	92	750916	250	751230	131	761001	260
770315	99	770930	191	770429	173	771101	222
780331	97	780831	242	780413	162	780831	261
790330	118	790817	208	790507	158	791118	266
791205	114	800802	217	791217	171	800918	235
801115	110	810804	215	801203	169	811017	293
820318	102	821002	239	820403	155	821117	304
830404	119	830905	310	830415	158	830905	318
840118	130	840904	199	840418	181	840904	263
850418	113	850716	227	841116	188	860117	249
860331	88	860815	219	860507	197		

DR-57 ROR-1

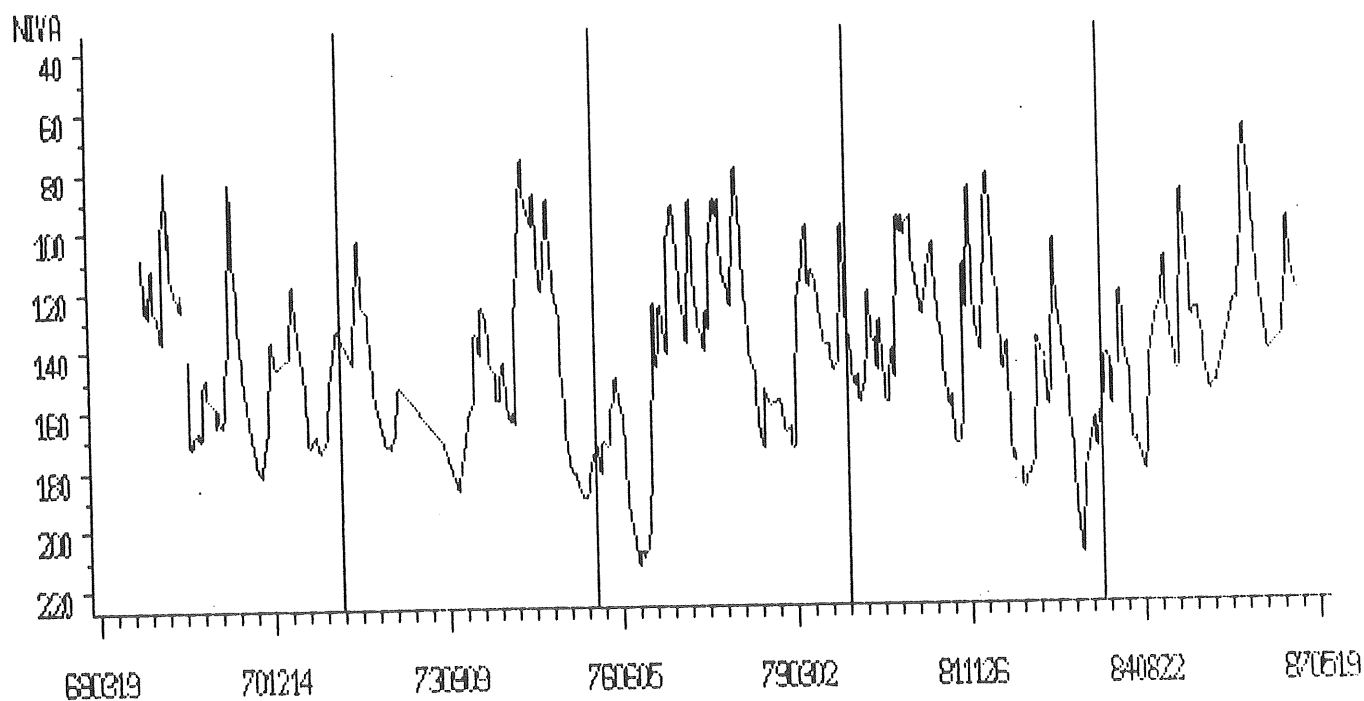


Fig 12. Vattennivån i 57001 under perioden 1968-1987. Endast två mätningar 1973 medför "stymplingen". Regionala lågnivåer 1976 och 1983.

OMR=57 ROR=9

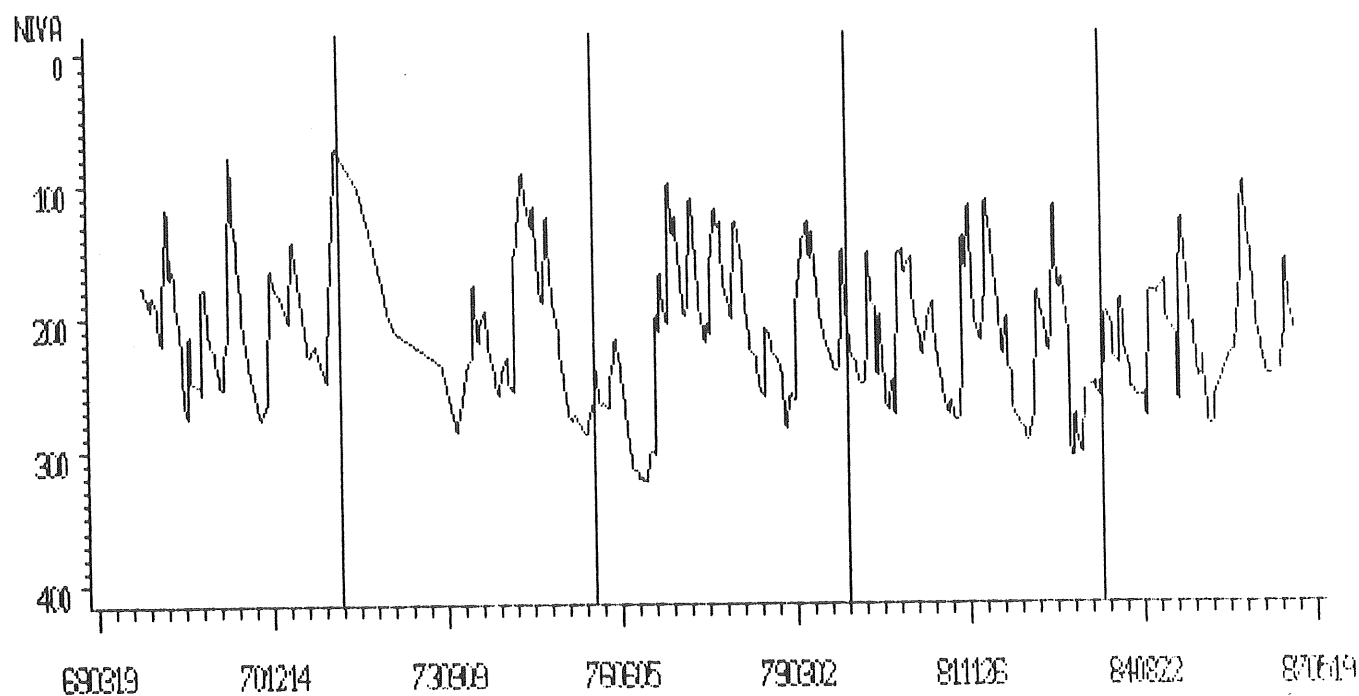


Fig 13. Vattennivån i rör 57009 under perioden 1968-1987. Endast två mätningar 1973 medför denna underliga figur 1972-73.

OMR=57 ROR=15

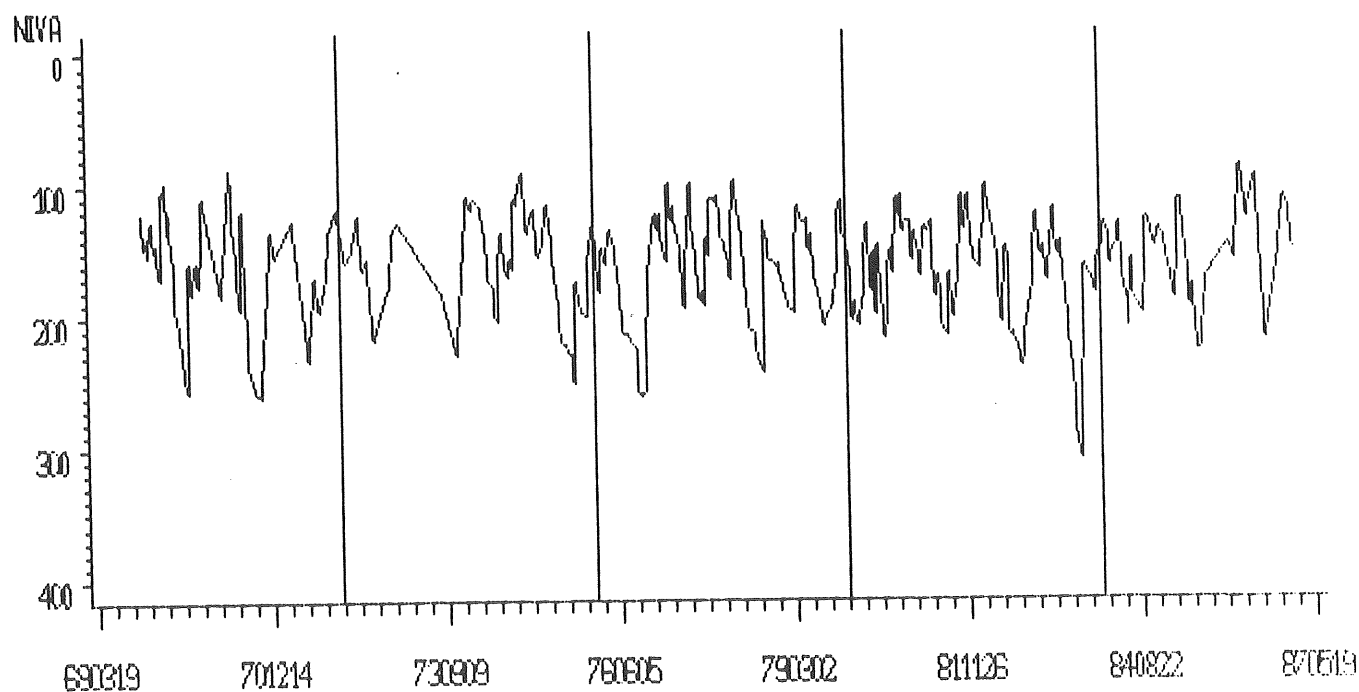


Fig 14. Vattennivån i rör 57015 under perioden 1968-1987. Endast två mätningar 1973! Observera att den regionala lågnivån 1976 inte går fram - detta är ovanligt.

Område 59. FLINKESTA (D-län)

Belägenhet: Flinkesta är beläget 20 km SSO Katrineholm och 30 km NV Nyköping strax norr om sjön Långhalsen.

Geologi: Kuperat berg-moränområde med lera i sänkorna. Dalbottenarna är några tiotal meter över havsytan. Morän av sandig-moig typ (Persson, 1982).

Observationsrör: Observationsrör i området utförda 1973-75. De i drift kvarvarande rören finns ganska nära varandra omkring Flinkesta gård. De i prognostiseringsanalysen utnyttjade rören är 59008, 59009 och 59010 och de står mindre än 20 m från varandra. Under tiden 1975-1987 har vattennivån i dessa rör variationsbredderna 2,32, 2,13 resp 1,74 m. I detta område är vattennivåns variation mer bunden till långtidsvariationer än i de flesta andra områden i regionen och observationsserien bara 12 år. Detta innebär att man måste vara extra försiktig vid prognostisering med hjälp av data från detta område om man över huvud taget skall utnyttja dem alls.

Rör 59008 (Flinkesta)

Max-nivåer	Min-nivåer
	740930 203
750411 39	750912 271
760407 92	761101 266
770328 101	770909 150
780331 67	780831 150
790902 59	790714 136
791207 78	800816 154
801020 84	810911 161
820413 84	821112 194
830321 95	830918 239
840424 99	840702 213
850420 74	850715 122
860513 88	860708 124
861201 88	

Rör 59009 (Flinkesta)

Max-nivåer	Min-nivåer
	741012 248
741115 61	751201 242
760514 204	761101 274
770703 144	770715 189
780414 133	780831 157
790430 109	791015 138
791207 120	800901 169
810116 117	810911 167
820612 114	820814 189
830502 149	831211 220
840702 148	840924 226
850909 149	851007 153
860513 114	861006 129

Rör 59010 (Flinkesta)

Max-nivåer	Min-nivåer
	741012 228
750509 159	750912 240
750929 218	761112 282
770513 205	770703 203
780612 133	780831 157
790430 116	791109 149
791207 127	800913 169
810116 120	810911 169
820413 113	821213 182
830502 161	831114 218
840702 199	840827 236
850618 108	850715 165
860909 121	

OMF=53 ROR=9

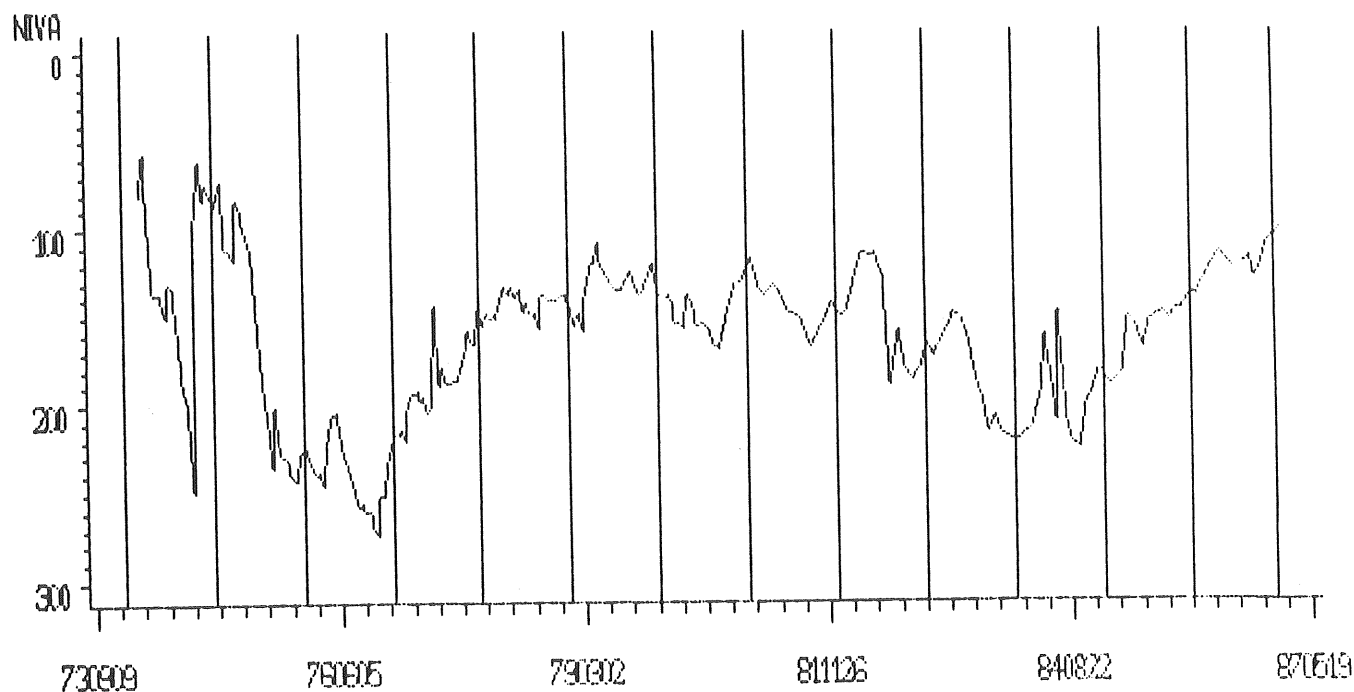


Fig 15. Vattennivån i rör 59009 under perioden 1974-86. Här är årsvariationerna mycket små och de regionala långtidsvariationerna dominerar med min 1976 och 1984. Detta rör duger ej som normalt referensrör för prognosmetoden.

Område 73. ENKÖPING (C-län)

Belägenhet: Detta område finns dels 5-8 km SSO Enköping på Svinnegarnsvikens (Mälaren) östra sida, dels vid Rönna 8 km NNW om Enköping och innehåller enbart bergborrhål.

Geologi: Granitområde. I södra delen mycket kalt berg samt moig morän. I norra delen morän-ler-område med uppstickande berg (Möller, 1985, Stålhös, 1976).

Observationsbrunnar: 1977 utfördes fyra BERGBORRHÅL i detta område. Av dessa förefaller två vara användbara för prognosmetoden, nämligen nr 73001 och 73003. Detta måste naturligtvis tas med stor reservation, men trots att det här är data från bergborrhål har prognosmetoden fungerat. Dessa två bergborrhål är 45 resp 53,6 m djupa och 73001 är dessutom gradat 10°. Variationsbredden hos vattennivån i dessa båda hål har under tiden 1977-87 varit 2,38 resp 2,75 m. Här finns inte det regionala lågnivåtilfallet 1976 med, varför variationsbredden kommer att öka markant vid nästa regionala "botten-notering".

Hål 73001 (Enköping)

Max-nivåer	Min-nivåer
	771218 188
780417 178	781129 278
790430 177	791001 266
800131 201	800902 292
810701 128	811015 300
811031 145	821115 366
830415 172	830901 328
840415 170	840915 263
850501 128	851101 292
860501 146	861107 200

Hål 73003 (Enköping)

Max-nivåer	Min-nivåer
	771215 106
780401 93	780901 155
790501 75	790701 149
790801 85	800815 145
801015 71	810801 133
820401 65	820901 192
830501 81	830901 215
840701 91	840901 175
850501 75	850815 193
860501 87	860801 175

CMR=73 ROR=3

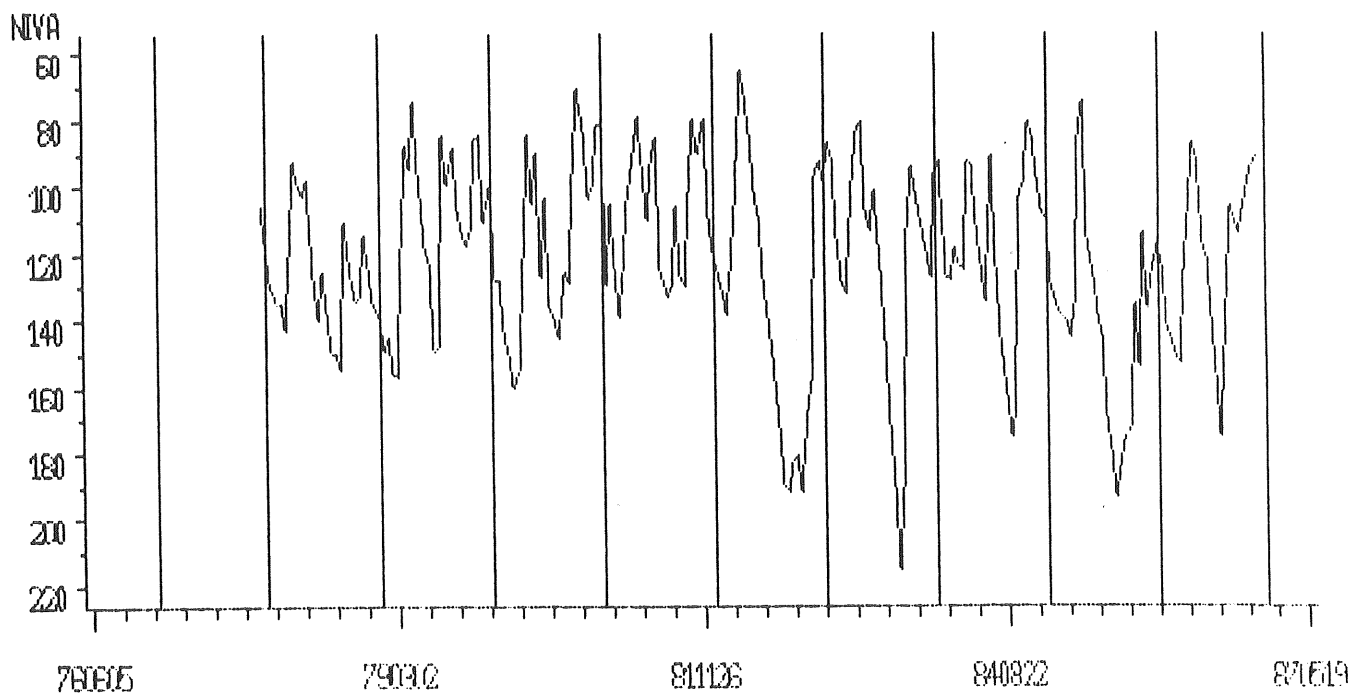
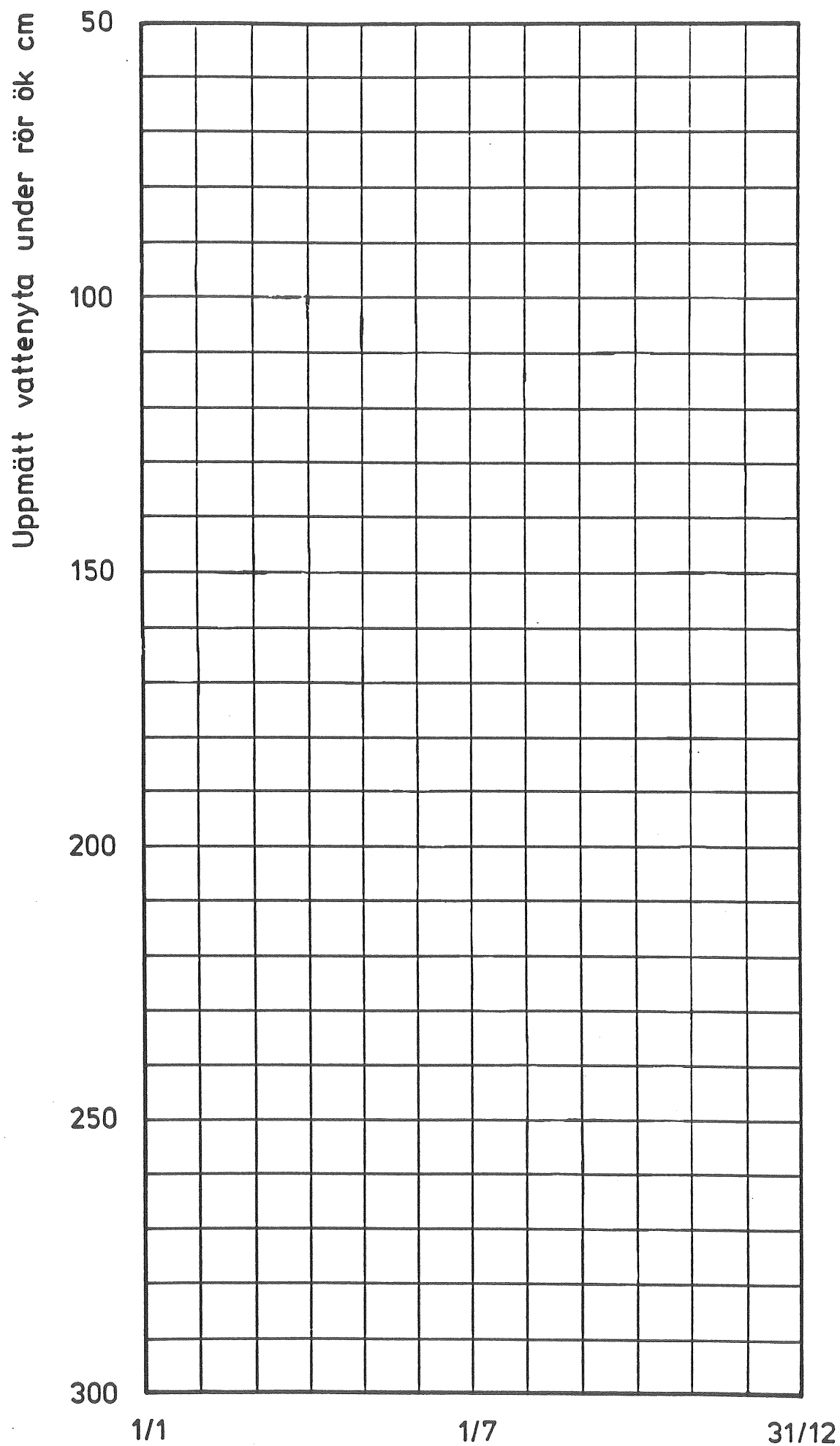


Fig 16. Vattennivån i rör 73003 under perioden 1978-86. Normalt regionalt min-värde 1983.

ARBETSPLAN

1. Prenumeration av referensrörsdata från SGU.
2. Ta ut de årliga max- och min-värdena ur referensrörens mätserier. Min-värdena 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.



Meddelande:

- nr 1 Urbaniseringsprocessens inverkan på ytvattenavrinning och grundvattenbildning. Lägesrapporter (1972-07-01 - 1973-03-01). 1973. 100 sidor. (Utgången)
- nr 2 Leif Carlsson: Grundvattenavsänkning Del 1. Evaluering av akviferers geohydrologiska data med hjälp av provpumpningsdata. 1973. 67 sidor.
- nr 3 Leif Carlsson: Grundvattenavsänkning Del 2. Evaluering av lågpermeabla lagers hydrauliska diffusivitet med hjälp av provpumpningsdata. 1973. 17 sidor.
- nr 4 Viktor Arnell: Nederbördsräknare. En sammanställning av några olika mätartyper. 1973. 39 sidor. (Utgången)
- nr 5 Viktor Arnell: Intensitets-varaktighetskurvor för häftiga regn i Göteborg under 45-årsperioden 1926-1971. 1974. 68 sidor.
- nr 6 Urbaniseringsprocessens inverkan på ytvattenavrinning och grundvattenbildning. Lägesrapporter (1973-03-01 - 1974-02-01). 1974. 167 sidor.
- nr 7 Olov Holmstrand, Per O Wedel: Ingenjörsgelogiska kartor - litteraturstudier. 1974. 55 sidor. (Utgången)
- nr 8 Anders Sjöberg: Interim Report. Mathematical Models for Gradually Varied Unsteady Free Flow. Development and Discussion of Basic Equations. Preliminary Studies of Methods for Flood Routing in Storm Drains. 1974. 74 sidor. (Utgången)
- nr 9 Olov Holmstrand (red.): Seminarium om ingenjörsgelogiska kartor. 1974. 38 sidor. (Utgången)
- nr 10 Viktor Arnell, Börje Sjölander: Mätning av nederbördsintensiteter i Göteborgsregionen. Stationsbeskrivning. 1974. 53 sidor. (Utgången)
- nr 11 Per-Arne Malmquist, Gilbert Svensson: Dagvattnets beskaffenhet och egenskaper. Sammanställning av utförda dagvattenundersökningar i Stockholm och Göteborg 1969-1972. Engelsk sammanfattning. 1974. 46 sidor. (Utgången)
- nr 12 Viktor Arnell, Sven Lyngfelt: Interimrapport. Beräkningsmodell för simulering av dagvattenflöde inom bebyggda områden. Geohydrologiska forskningsgruppen i samarbete med VA-verket i Göteborg. 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.
Torstensson B-A. Följder av grundvattensänkning inom lerområden.
Wedel P. Exempel på dränering av jordlager på grund av tunnelbyggande. (Utgången)
- nr 17 Olov Holmstrand, Per Wedel: Markvattenundersökningar i ett urbant område. 1976. 127 sidor.
- nr 18 Göran Ejdeling: Beräkningsmodeller för prognos av grundvattenförhållanden. 1978. 130 sidor.
- nr 19 Viktor Arnell, Jan Falk, Per-Arne Malmquist: Urban Storm Water Research in Sweden. 1977. 30 sidor.
- nr 20 Viktor Arnell: Studier av amerikansk dagvattenteknik. Resa i december 1976. 1977. 64 sidor.
- nr 21 Leif Carlsson: Reserapport från studieresa i USA samt deltagande i 2nd International Symposium on Land Subsidence in Anaheim, USA. 29 nov-17 dec 1976. 1977. 61 sidor.

- nr 22 Per O Wedel: Grundvattenbildning, samspelet jordlager och berggrund. Exemplifierat från ett försöksområde i Angered. 1978. 130 sidor.
- nr 23 Viktor Arnell: Nederbördsdata vid dimensionering av dagvattensystem med hjälp av detaljerade beräkningsmodeller. En inledande studie. 1977. 29 sidor.
- nr 24 Leif Carlsson, Klas Cederwall: Urbaniseringsprocessens inverkan på ytvattenavrinning och grundvattenbildning. Geohydrologisk forskning vid CTH, Sektion V, under perioden 1972-75. 1977. 17 sidor.
- nr 25 Lars O Ericsson (red.): Lokalt omhändertagande av dagvatten. Delrapport från första verksamhetsåret 1976-02-01 - 1977-01-31. 1977. 120 sidor.
- nr 26 Ann-Carin Andersson, Jan Berntsson: Kontrollerad grundvattenbalans genom djupinfiltration. En inventering av djupinfiltrationsprojekt. 1978. 273 sidor.
- nr 27 Anders Eriksson, Per Lindvall: Lokalt omhändertagande av dagvatten. Resultatredovisning av enkät rörande drift och konstruktion av perkolationsanläggningar. 1978. 126 sidor.
- nr 28 Olov Holmstrand (red.): Lokalt omhändertagande av dagvatten. Delrapport nr 2 från perioden 1977-02-01 - 1977-11-30. 1978. 69 sidor.
- nr 29 Leif Carlsson: Djupinfiltrationsstudier i Angered. 1978. 70 sidor.
- nr 30 Lars O Ericsson: Infiltrationsprocessen i en dagvattenmodell. Teori, Undersökning, Mätning och Utvärdering. 1978. 45 sidor.
- nr 31 Lars O Ericsson, Permeabilitetsbestämning i fält vid perkolationsmagasin. Dimensionering. 1978. 15 sidor.
- nr 32 Lars O Ericsson, Stig Hård: Infiltrationsundersökningar i stadsdelen Ryd, Linköping. 1978. 145 sidor.
- nr 33 Jan Hällgren, Per-Arne Malmquist: Urban Hydrology Research in Sweden 1978. Swedish Coordinating Committee for Urban Hydrology Research. 1978. 14 sidor.
- nr 34 Bo Lind, Göte Nordin: Geohydrologi och vegetation i Dalen 5, Karlskoga. 1978. 63 sidor.
- nr 35 Eivor Bucht, Bo Lind: Metodfrågor vid naturanpassad stadsplanering - erfarenheter från studie i Karlskoga. 1978. 65 sidor.
- nr 36 Anders Sjöberg, Jan Lundgren, Thomas Asp, Henriette Melin: Manual för ILLUDAS (version S2). Ett datorprogram för dimensionering och analys av dagvattensystem. 1979. 67 sidor.
- nr 37 Per-Arne Malmquist m fl: Papers on Urban 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: Perkolationsmagasin i ett lerområde. Lokalt omhändertagande av dagvatten i Bratthammar, Göteborg. 172 sidor.
- nr 55 Erland Högberg, 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 Högberg: 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 perkolationsmagasin. 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.): Byggnade, 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 ledningsbyggnade. 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.

VASASTADENS BOKBINDERI AB
GÖTEBORG 1988