

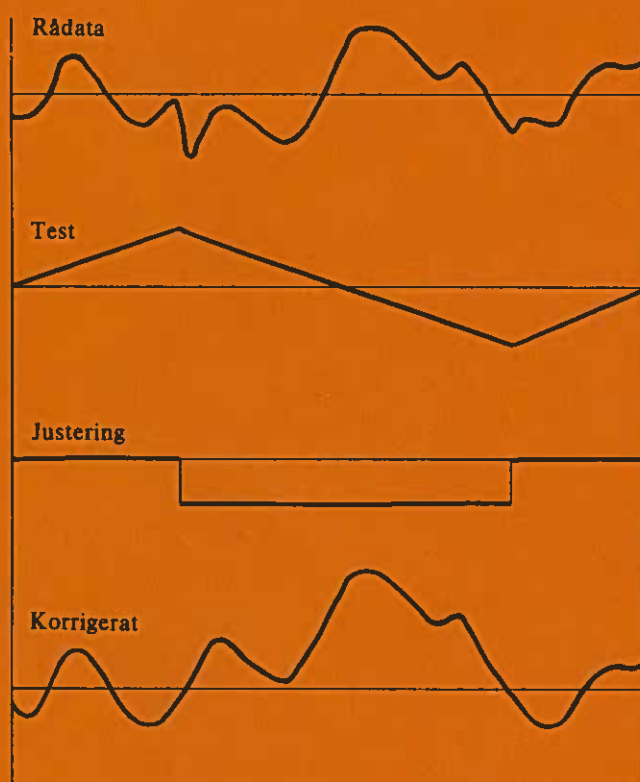


CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN

Geologi  
Geoteknik med grundläggning  
Vattenbyggnad  
Vattenförsörjnings- och avloppsteknik

ISSN 0347 - 8165

# Analys av påverkade grundvattennivåer



**Chester Svensson**

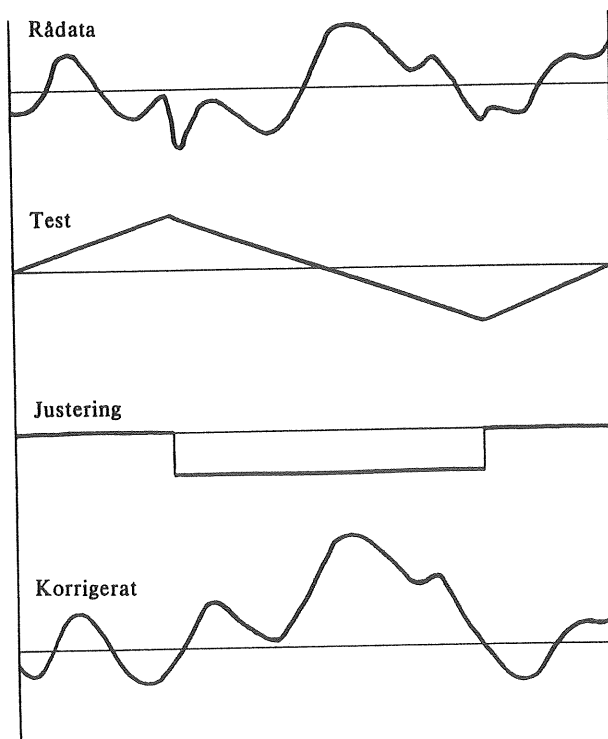


ISSN 0347 - 8165

**CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA**  
**GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN**

**Geologi**  
**Geoteknik med grundläggning**  
**Vattenbyggnad**  
**Vattenförsörjnings- och avloppsteknik**

# **Analys av påverkade grundvattennivåer**



**Chester Svensson**

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



## FÖRORD

Vid användning av grundvattennivåmätserier för olika ändamål får man ofta tillgång till mätserier med olika ursprung. Det är därvid nödvändigt att man kan kontrollera mätseriernas kvalitet, eftersom det i många fall är väsentligt att underlaget är så korrekt som möjligt.

Det finns i princip två typer av felmöjligheter man skall uppmärksamma. Först men inte minst måste man kontrollera att mätserien eller mätserierna inte innehåller fel som orsakas av felaktigheter eller underlåtenheter i dataregistreringen. Detta kan vara enstaka slumpmässiga fel, som beror på felskrivningar i olika led i behandlingen, eller systematiska fel, som kan bero på t ex förändringar i referensnivå. Den andra typen av "fel" är förändringar i akviferen. Denna skrift behandlar hur man kan finna systematiska fel och avvikelser som beror på akviferförändringar.

Detta projekt har finansierats genom anslag från Byggforskningsrådet - BFR 870094-7. Projektet har genomförts vid Geologiska institutionen, Chalmers tekniska högskola, Göteborg.

Vid de inledande arbetena och för de första beräkningarna utvecklades datorprogram i FORTRAN av Juhani Reinikainen vid Geologiska institutionen, CTH/GU, för en Digital-dator efter anvisningar från undertecknad. Denna maskin har tagits ur bruk och det nu använda programmet, som är betydligt utökat, har utvecklats av undertecknad efter principerna i Reinikainens program. Ett tack framföres härmed till honom och till Ulf Sundqvist, som bidragit till utformningen av den grafiska framställningen i datorprogrammet.

Göteborg den 1 mars 1988

Chester Svensson

## INNEHÅLL

	<u>Sid</u>
FÖRORD	i
INNEHÅLLSFÖRTECKNING	ii
1 INLEDNING	1
2 DOUBLE-MASS-METODEN	3
3 ANALYS AV ENSTAKA MÄTSERIE	11
4 ANALYS MED FLERA MÄTSERIER	14
4.1 Förberedelser	14
4.2 Analys med Double-mass-metoden	15
4.3 Analys med modifierad Double-mass-metod	17
4.4 Principschema för olika beräkningsfall	18
5 EXEMPEL	20
5.1 Bestämning av bestående konstant förändring	20
5.2 Bestämning av tillfällig konstant förändring	21
5.3 Bestämning av två på varandra följande konstanta förändringar	22
5.4 Bestämning av linjärt ökande/minskande förändring	24
5.5 Bestämning av flera konstanta förändringar i följd	25
5.6 Homogenitetsanalys av sex grundvattennivåmätserier	25
5.6.1 Rör 15008 kontra summaserien	27
5.6.2 Rör 16018 kontra summaserien	27
5.6.3 Rör 16025 kontra summaserien	29
5.6.4 Rör 16029 kontra summaserien	30
5.6.5 Rör 71001 kontra summaserien	31
5.6.6 Rör 71002 kontra summaserien	31
5.6.7 Ny homogenitetskontroll	32
REFERENSER	34

Bilaga 1: Datorprogram i BASIC för PC

## 1 INLEDNING

*"the longer the record the greater the chance that there has been a change in the physical conditions of the basin or in the methods of data collection."  
(Searcy & Hardison, 1960 sid 31)*

Det är med andra ord mer regel än undantag att det finns fel i de mätserier man skall bearbeta. Det är dock sällsynt att man diskuterar fel och felavhjälpning i grundvattennivåmätserier.

Hydrologiska data i form av tidsserier måste ofta användas för beräkningar och det är härvid av stor vikt att man har förvissat sig om att tidsserien är relevant och homogen. Det innebär att tidsserien skall innehålla korrekta siffervärden och att de yttre förhållanden som kan påverka den aktuella parameterns storlek är konstanta under hela observationsperioden.

Detta innebär också att man vid bearbetning av en eller flera mätserier måste kontrollera om det finns några fel i serien/serierna innan man utför själva bearbetningen. Om man bara har tillgång till en mätserie kan detta vara svårt medan det är tämligen lätt om man har två likvärdiga mätserier.

Det finns i litteraturen mycket få anvisningar om hur man kan finna och därmed eliminera fel i mätserier. De mest svårfunna felen är de små slumpmässiga felen, eftersom man inte kan vara helt säker på att en misstänkt liten avvikelse verkligen är ett fel. Den lilla avvikelsen kan ju bero på någon okänd omständighet, som därmed inte finns med i bedömningsunderlaget.

Om man bara har en mätserie kan man endast finna stora konstanta eller slumpmässiga fel, dvs sådana fel som ger värden som är orimliga. Matematisk variansanalys är inte användbar ty den kräver att man har en tidsserie med konstant och ganska kort intervall mellan mätningarna och det är i praktiken ej uppnåbart med manuell mätning.

Om man har två eller flera mätserier finns det flera metoder att utnyttja. Hur man finner slumpmässiga och vissa typer av konstanta fel i mätserier typ grundvattennivådata är redovisat av

Svensson (1984). En av de utnyttjade metoderna - modifierad Double-mass - har tidigare ej använts för analys av grundvattennivådata. Franke (1960) var först med att tillämpa ordinär Double-mass analys på grundvattennivåer och Rutledge presenterade 1985 analys av provpumpningar med denna metod.

I kapitel 2 redovisas den teoretiska bakgrunden till Double-mass-metoden och hur den använts.

I kapitel 3 behandlas hur man skall förfara när man bara har en mätserie.

I kapitel 4 behandlas tillvägagångssättet när man har två eller flera mätserier.

Kapitel 5 innehåller ett antal exempel där Double-mass-metoden använts för att beräkna brott i mätserier av olika slag.

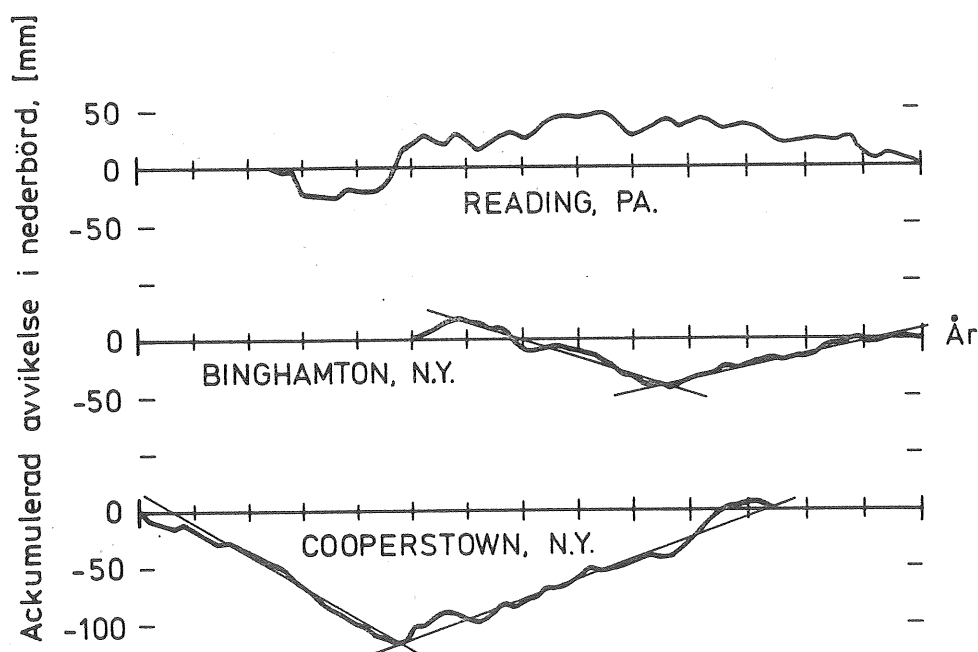
I bilaga 1 finns listat ett datorprogram för analys enligt ovanstående. Programmet är utvecklat på en Ericsson PC med GW BASIC version 2.02 och kan således köras på IBM-kompatibler. Programmet kan mot viss ersättning erhållas på diskett.

## 2 DOUBLE-MASS-METODEN

Under 1930-talet hade man i USA anledning att försöka utvärdera några nederbördsserier från Susquehanna Valley. Med hjälp av data från 50-60 år långa nederbördsmätningar hade man 1930 producerat en nederbördskarta och man frågade sig om hur relevant den var och om senare utvecklade förfinade analysmetoder kunde påverka det material som låg till grund för kartan. Man var också intresserad av att utröna om de nu något längre nederbördsserierna kunde ge mer information än tidigare.

En sammanfattning av dessa arbeten publicerades av Merriam 1937. Man hade med tre metoder bearbetat längre eller kortare mätserier från 212 nederbördstationer:

- a) plottnig av successiv ackumulering av avvikelser från medelvärdet hos en mätserie, se figur 2.1

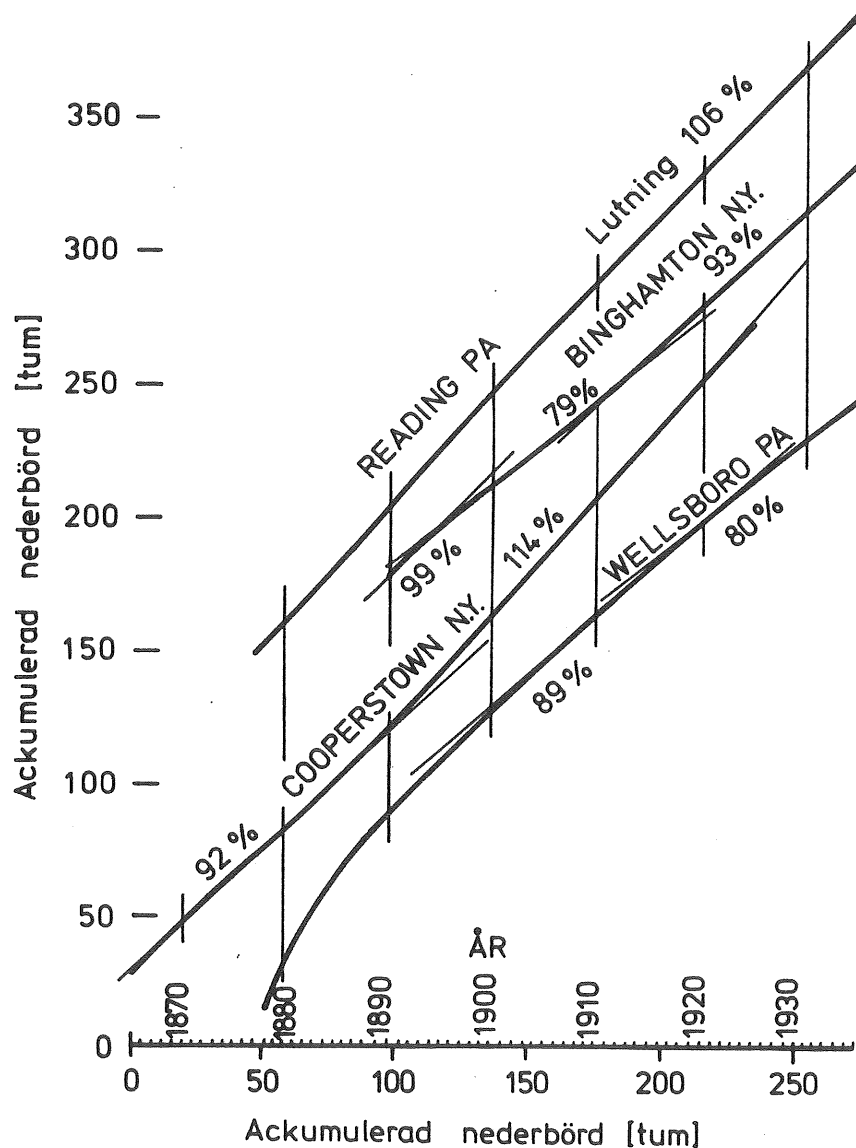


Figur 2.1 Merriams första testmetod för homogenitet hos typiska nederbördsserier. Här har successivt ackumulerade avvikelser från medelvärdet för enstaka serie plottats mot tiden (Merriam 1937). Data från några nederbördsstationer i Pennsylvania och New York.



- b) plottning av successivt ackumulerade data från en mätserie mot motsvarande data från en annan (bestående av medelvärden för ca 40 mätseriers mätvärden). Detta är den s k Double-mass-metoden, se figur 2.2
- c) plottning på samma sätt av enskild korttids-mätserie mot en serie bestående av områdesmedelvärdena för samma tidsperiod.

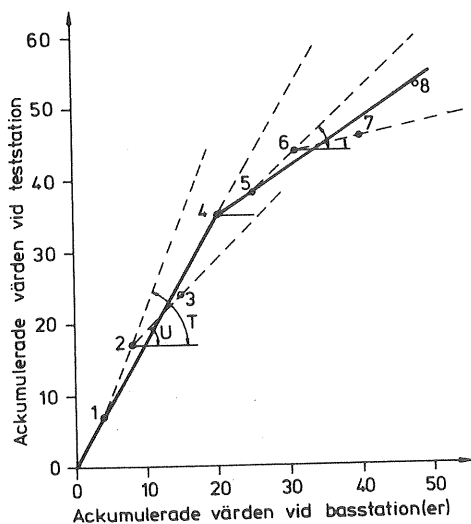
Dessutom sökte man med samma metoder samband mellan nederbörd och avrinning.



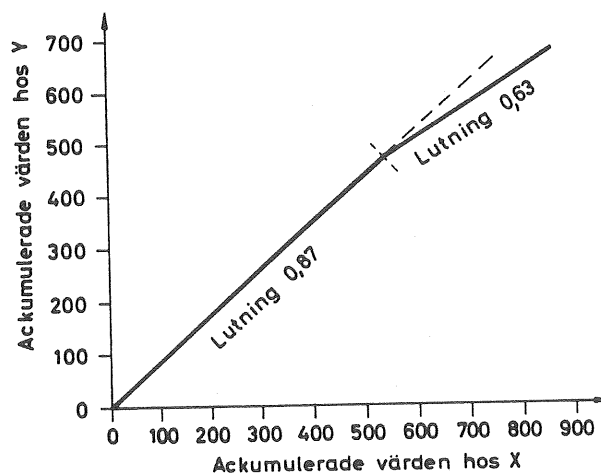
Figur 2.2 Merriams andra testmetod för homogenitet, successivt ackumulerade avvikelser från medelvärdet för en serie plottat mot motsvarande värden för ett (årligt) arealmedelvärde, kallat "standard pattern" (Merriam 1937). Lutning i % är angiven för respektive stations sambandslinje. Data från några nederbördsstationer i Pennsylvania och New York.

Man fann att den andra metoden (b) gav mycket goda resultat i så måtto att merparten av mätserierna visade sig innehålla systematiska fel. Bara en handfull av de 50-60 år långa mätserier befinns vara felfria enligt denna analysmetod, som Merriam inte namngav men senare kom att kallas Double-mass-analys.

Double-mass-analysen är en form av lineär regressionsanalys, där sambandet mellan variablerna  $x$  och  $y$  är av formen  $y = kx + l$ . Kohler (1949) anger att för några meteorologiska parametrar, såsom temperatur, är konstanten  $k$  nära 1,0 och  $l$  utgör den konstanta temperaturskillnaden mellan två lokaler. För nederbörd anger han att  $b$  är noll medan  $k$  är skilt från ett, dvs nederbörden på två olika lokaler är proportionell. Således är sambandet för nederbörden  $y = kx$  och de ackumulerade värdena av  $x$  och  $y$  plottar som en rät linje (genom origo). När man jämför månads- eller årsnederbörden från två närliggande stationer är funktionen inte exakt, utan sammanbindningslinjen mellan konsekutiva plottningspunkter kommer att bli en kroklinje, som slumpmässigt ömsom är över och ömsom är under den raka linje som funktionen anger. Om emellertid den ena stationen har flyttats under observations-tiden, kommer troligen proportionalitetskonstanten  $k$  att ha förändrats. Härvid kommer punkterna att vid plottningen falla utmed två rätta dellinjer med något olika lutning. Det bildas en brytpunkt där dessa två linjer slutar respektive börjar (figur 2.3).



Figur 2.3a Double-mass-analys enligt Kohler (1949).



Figur 2.3b Double-mass-analys enligt Weiss & Wilson (1953).

De uppkomna lutningskoefficienterna kan användas för att korrigera de äldre mätvärdena, så att den korrigerade mätserien plottar på en rät linje och således blir direkt jämförbar med andra felfria mätserier. Man kan givetvis inte direkt avgöra vilken av mätserierna som är behäftad med fel om båda härrör från enskilda stationer. Detta är dock helt möjligt om man använder en medelvärdeserie att jämföra med i stället för enskild mätserie.

Vad det gäller nederbördsserier brukar man justera de äldre mätningarna, eftersom man vanligen anser att de senaste mätningarna är mest relevanta.

Kohler redovisar bara ett exempel, men anger att Double-mass-analys bara kan förväntas ge avgörande och användbara resultat om: 1) det finns hög korrelation mellan de faktorer som jämförs, 2) faktorerna är direkt proportionella, 3) den ena faktorn (basen) består av jämförbara data under hela perioden.

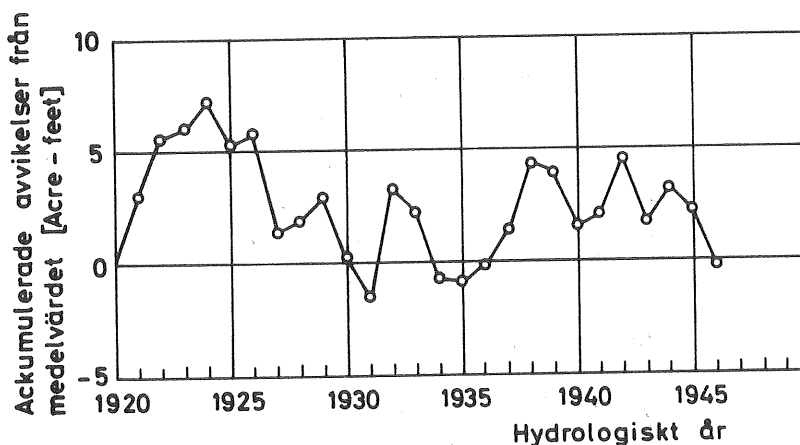
Kohler anger också att det ofta är möjligt att testa och justera mätserier med en modifierad metod även om basdata inte uppfyller villkor 2. Detta exemplifieras med justering av avrinningsdata med hjälp av nederbördsdata. Detta genomför han genom att först plotta avrinning mot nederbörd och anpassa en sambandskurva. Därefter beräknas avrinningsdata för användning i Double-mass-analysen genom att från sambandskurvan ta ut avrinningsvärden för respektive nederbördsperiod. Därefter utförs normal Double-mass analys.

Enligt Searcy & Hardison (1960) använde Oltman & Tracy (1951) Double-mass-analys för att studera trender eller möjliga förändringar i nederbörd-avrinningssamband.

Weiss & Wilson (1953) anger att Double-mass-analysen allmänt används för analys av nederbördsmätserier. De har funnit att det kan vara svårt att direkt avgöra om den uppkomna vinkeländringen i diagrammet är signifikant, dvs om den är tillräckligt stor. De använde variansanalys, vilket innebär att man först beräknar medelvärden och standardavvikelse och därefter jämför varianskvoten med standardtabellvärden. För små stickprov anges dock variationsbredden vara ett tillräckligt statistiskt mått. De

redovisar ett beräkningsexempel och nomogram för utvärdering av signifikansen hos vinkeländringen i Double-mass-kurvan.

Searcy & Hardison (1960) anger i sin "Manual of hydrology" att Double-mass-analysen använts av U.S.Geological Survey sedan 1948. De exemplifierar med nederbördsanalys, avrinningsanalys, sedimenttransportanalys och nederbörd-avrinnings samband. I deras avrinningsexempel finns det antydningar till brytpunkter. För att närmare analysera dessa utför de en "förstoring" genom att använda en "Residual-mass curve", se figur 2.4. Denna rest erhålls genom att dra den beräknade avrinningen från den uppmätta, ackumulera resterna och plotta mot respektive år. Denna kurva ger en förstoring av variationerna och brytpunkter i Double-mass-kurvan blir representerad som maxima eller minima på Residual-mass-kurvan. Denna plottning analyseras inte närmare av Searcy & Hardison, utan de övergår till signifikanstest med variansanalys på samma sätt som Weiss & Wilson (1953).

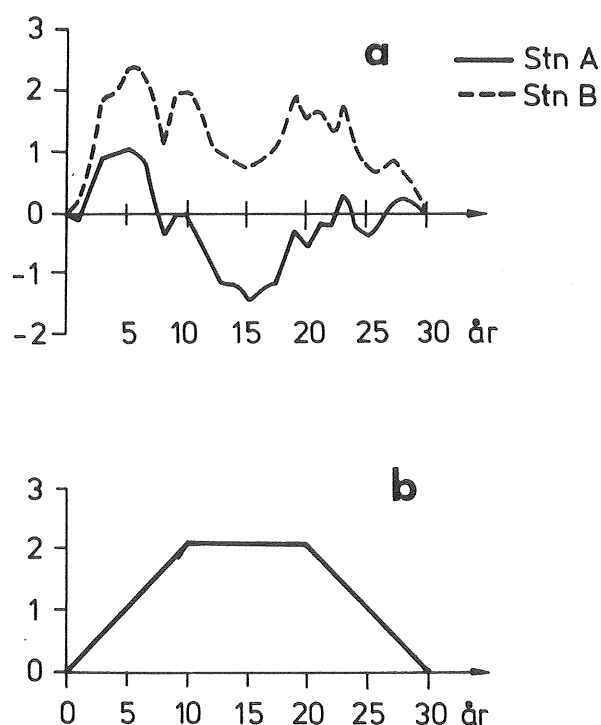


Figur 2.4 "Residual-mass curve" för uppmätt avrinning minus beräknad avrinning plotta mot tiden enligt Searcy & Hardison (1960). Data från Coloradofloden nära Grand Canyon, Arizona.

Den första tillämpningen av Double-mass-metoden på grundvattennivåer rapporterades av Franke (1960). Han studerade grundvattennivåförändringar och avrinningsförändringar på Long Island i New York. Beräkningarna utfördes för s k brunnslinjer, vardera bestående av 4-5 brunnar. Först beräknades årsmedelvärden för varje brunn och därefter årsmedelvärden för varje brunnslinje utifrån

de individuella brunnarnas årsmedelvärden. De beräknade avvikelserna angavs i tiodels fot, dvs på tre cm när.

I ett arbete av Ehlert (1972) presenteras en modifierad version av Double-mass-metoden, vilken använts av Hovmöller (manuskript, 1972) vid SMHI för homogenitetskontroll av nederbördsserier, se figur 2.5. Metoden är i princip samma som Searcy & Hardisons (1960) "residual-mass curve" och fungerar som en kombination av



Figur 2.5 Modifierad Double-mass enligt Ehlert (1972)

a) relativa ackumulerade avvikelser från medeltalet för de två stationerna

b) differensen mellan två stationers relativa ackumulerade avvikelser från respektive medelvärden.

Merriams metoder a och b. Hovmöller hade erfarenhetsmässigt funnit att 30 år långa nederbördsserier (årsvärden) kunde betraktas som homogena om inget restvärde var större än 1 % av "totalvärdet för perioden". Detta totalvärde anges som  $N$  = antalet värden i serien (Ehlert, sid 49).

Ehlert använde Hovmöllers metod för att analysera årliga vattenföringsdata från Velen och Lappträsket. Han skriver:

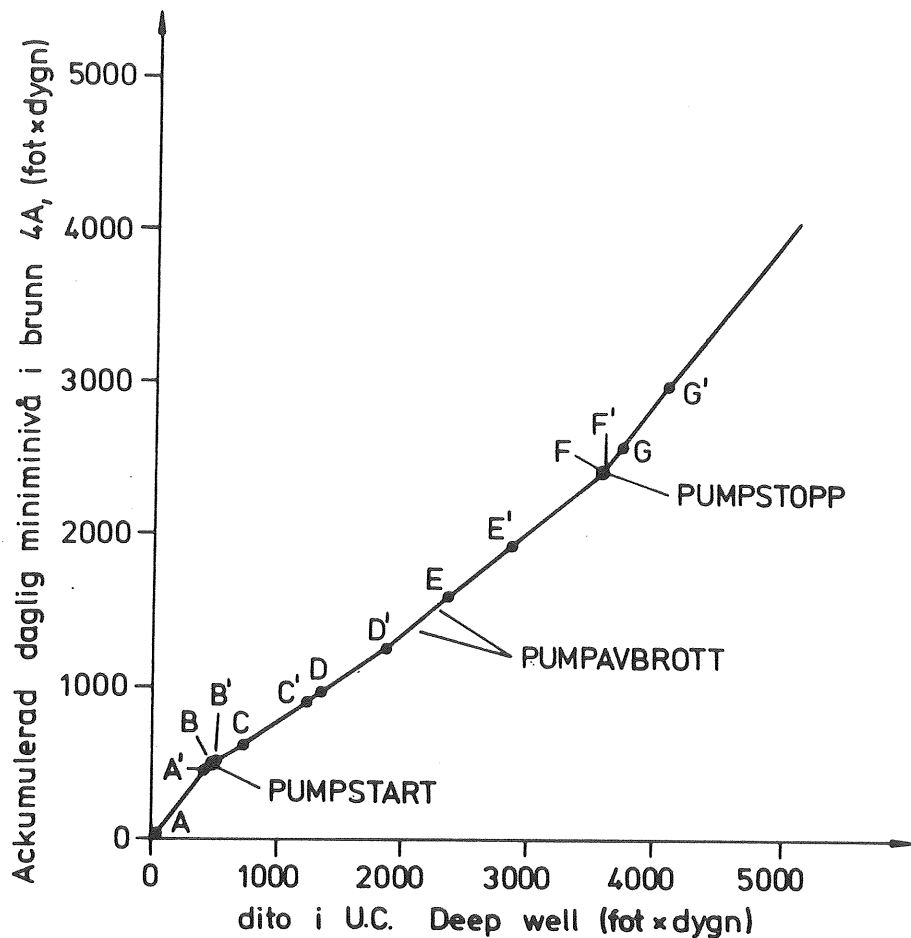
"I likhet med nederbördsdata har vattenföringsdata slumpmässiga variationer från år till år som verkar olika för olika stationer. Dessutom har dock två vattenföringsserier olika variationer från år till år, beroende på olika magasineringseffekter i de olika avrinningsområdena, vilket medför att differensen mellan de ackumulerade avvikelserna från medeltalen kan komma att oscillera kraftigare än för nederbördsdata. .... På grund av detta bör kanske den gräns under vilken man accepterar serien som homogen ej vara den tidigare nämnda 1 %-gränsen."

Ehlert anger att denna modifierade metod förutsätter att värdena för de studerade stationerna har ett konstant förhållande och redovisar därför ett tillvägagångssätt för korrigering av avrinningsdata. Han använder härvid en konstant årlig avdunstning å varje lokal som hjälpmedel och kan med minsta kvadratmetoden finna ett linjärt samband mellan de två stationernas avrinningsvärden. Därefter uppskattas avdunstningen i de två avrinningsområdena med regressionsanalys. Därefter justeras de båda stationernas mätvärden med dessa konstanter och ny differensberäkning genomförs. Han skissar också på hur man skulle kunna korrigera för varierande årlig avdunstning.

Westman (1982) redovisar ett datorprogram för automatisk kontroll av nederbörds- och temperaturdata med ordinär Double-mass-metod för användning som subrutin till HBV-modellen.

Vid utvärdering av provpumpning i Volusia county i Florida använde Rutledge (1985) Double-mass-analys, eftersom det fanns stora naturliga variationer hos grundvattennivån vilka han måste filtrera bort. Han använde data från skrivande pegrar och kunde därmed utnyttja dagliga högsta eller lägsta värden. I analysen utfördes beräkningarna för brunnarna parvis, dvs medelvärden för grundvattennivåerna i någon brunnsgrupp utnyttjades ej. Rutledge plottade de ackumulerade värdena på vanligt sätt och beräknade Double-mass-kurvans lutning mellan de olika brytpunkterna. De olika delarnas inbördes lutningsförändringar användes för att beräkna den avsänkning som uppkommit under tidsperioden ifråga, se figur 2.6. Avsänkningen dividerad med tidsperiodens längd gav

således den sökta (konstanta) avsänkning under den aktuella delperioden. I beräkningarna har han använt fot med två decimalers noggrannhet (motsvarar 3 mm), men det framgår inte hur stor noggrannhet han ansetts sig ha nått i avsänkingsbestämningarna.



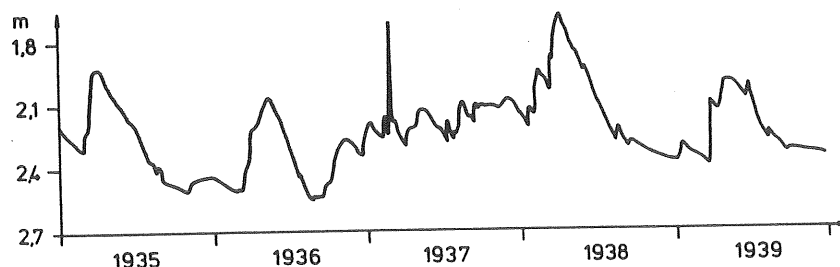
Figur 2.6 Idealiserad hydrograf och Double-mass-kurva för vattennivån i två brunnar före, under och efter en korttidsprovpumpning. Data från Volusia county, Florida. (Rutledge, 1985)

## 3 ANALYS AV ENSTAKA MÄTSERIE

I det fall att man bara har en mätserie, som man vill analysera med avseende på homogenitet eller påverkan, kan man normalt inte använda Double-mass-analys, eftersom den fordrar minst två mätserier. Man kan i gynnsamma fall finna andra mätserier från närbelägna observationsrör. Detta kan vara fallet dels i storstadsregioner dels i närheten av Grundvattennätets (SGU) referensområden. I sådana fall förfar man enligt de metoder som anges i kapitel 4.

Om man inte kan finna någon annan serie att jämföra med, måste man göra det bästa av situationen:

Man måste granska mätvärdena för att gallra bort de grövsta felen. Dessa brukar vara grova mät- eller skrivfel, där man anger enstaka mätvärden som avviker från det sanna med en meter eller mer. Om det händelsevis finns flera "slarvfel" av samma typ i sträck är det genast mycket svårare att lokalisera dem. Det är vanligen så att grundvattenytan inte stiger eller sjunker nämnvärt fort, utan om man har någotsånär kort mätintervall (två veckor eller kortare), kan man utgå ifrån att "höjningar"/"sänkningar" i storleksordningen 100 cm omedelbart efter varandra beror på felavläsning eller felskrivning.

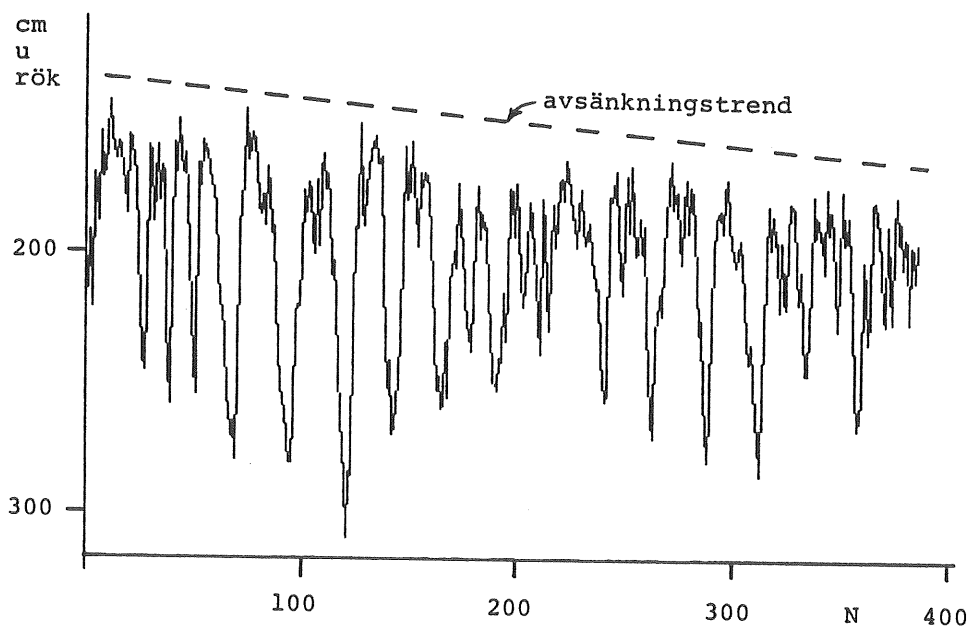


Figur 3.1 Grundvattennivån i observationsbrunnen RoHg1 i Roscommon County i USA. Det avvikande mätvärdet i februari 1937 är en felplottning som skall vara 0,3 m lägre (en fot fel). Figur från USGS WSP 886 och rådata för kontrollen ur ett flertal USGS WSP.



Genom att plotta mätserien som en vanlig tidsserie och sammanbinda punkterna får man snabbt en uppfattning om mätseriens egenskaper, t ex variationsbredd, säsongvariationer och storskaliga trender. I figur 3.1 exemplifieras detta av en figur ur ett arbete från United States Geological Survey. I figuren finns ett starkt avvikande värde som författaren inte ifrågasatt. Händelsevis finns mätseriens data publicerad på annat ställe och innehåller där ett mer sannolikt mätvärde. Detta är visserligen exempel på slumpmässigt "skrivfel", men åskådliggör vilka problem man kan behöva lösa.

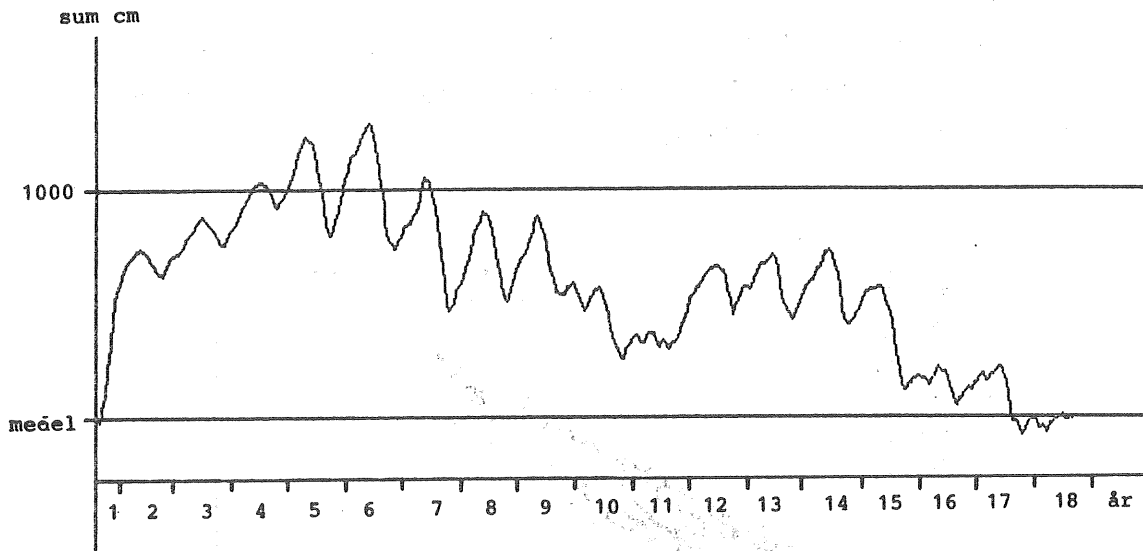
I figur 3.2 visas en mätserie med en linjär fallande trend. Detta kan bero på att en bergsklack bortsprängts i den slutna akviferens utloppssektion. Detta kan ha sänkt den naturliga dränerings-tröskeln, skapat nya sprickor i berggrunden eller utvidgat gamla sprickor och en sakta gående anpassning till den nya bestämmande sektionen pågår. Denna situation är inte helt ovanlig och pågår i alla kustområden med landhöjning, men i avsevärt långsammare takt.



Figur 3.2 Grundvattennivån i ett rör där avsänkningen ökar linjärt med tiden. Avsänkningen kan troligen härledas till att en bergsklack sprängts bort, i början av mätperioden, i den slutna akviferens utloppssektion, vilken är belägen ett hundratal meter från röret. u rök = under rör överkant (referensnivån), N = mätvärdesnummer.

Variansanalys är inte matematiskt korrekt för tidsserier som inte har exakt lika tidsperiod mellan mätvärdena. Det är vanligtvis dessutom ganska långt mellan mätningarna av grundvattennivå och man får i regel bara en ganska gles skattning av tidsseriens innehåll.

Om man vill se något av hur mätvärdena förhåller sig till hela mätserien kan man plotta respektive mätvärdens ackumulerade avvikelse från seriens medelvärde som i figur 2.1, se figur 3.3. Ur detta kan man vanligen inte dra några slutsatser om mätseriens enskilda mätvärdens korrekthet, men man får en viss uppfattning om huruvida mätvärdena varierar likartat omkring medelvärdet eller ej. Om det finns olikheter finns det kanske anledning att söka andra kontrollmöjligheter.



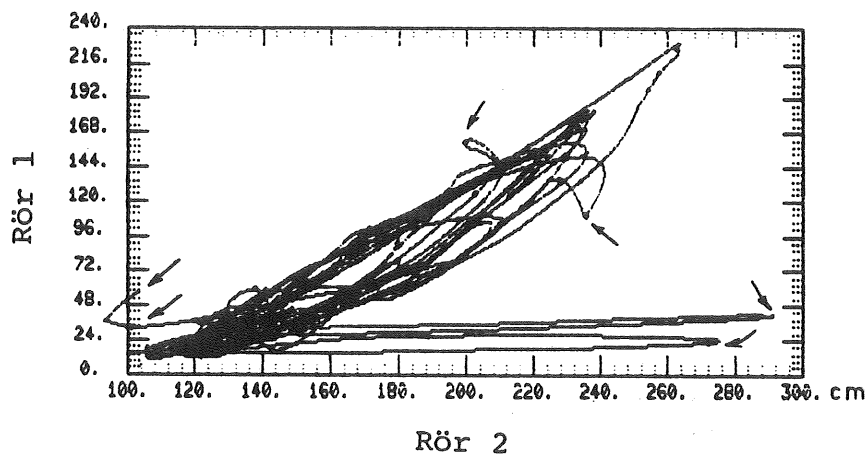
Figur 3.3 Plotning av mätserievärdenas summerade avvikelse från medelvärdet (205 cm). Samma serie som i figur 3.2.

## 4 ANALYS MED FLERA MÄTSERIER

Vid tillgång av två eller fler mätserier har man åtskilligt större möjligheter att bearbeta serierna än vid enstaka serie. Man har fler metoder för att finna eventuella slumpmässiga datafel och får dessutom möjlighet att använda Double-mass-analys för analys av homogenitet/inhomogenitet.

4.1 Förberedelser

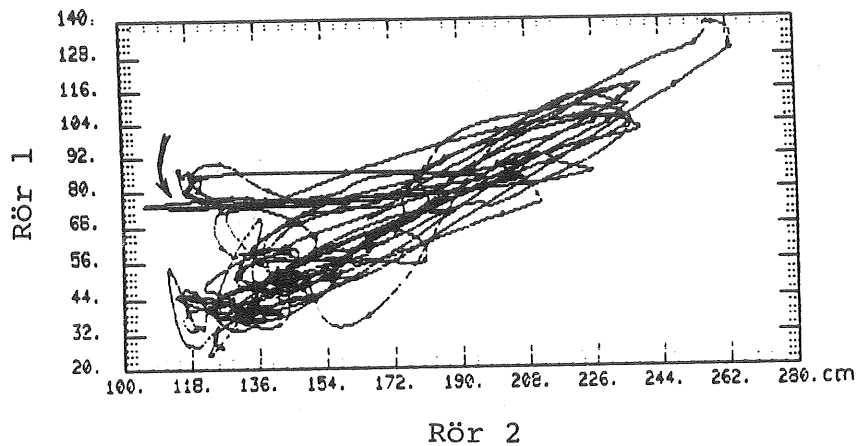
Först måste man kontrollera om det finns slumpmässiga enstaka fel i mätmaterialiet. Man börjar med att plotta de enskilda mätserierna mot tiden och ger akt på om det finns skarpa toppar eller dalar som representeras av endast ett mätvärde. Om dessa avviker i storleksordningen hel meter från omgivande värden kan man nästan säkert utgå från att det avvikande värdet är fel. Detta gäller speciellt om det inte är alltför glest mellan mätningarna eller om variationsbredden hos vattennivån i övrigt inte är mer än upp till cirka dubbla avvikelser.



Figur 4.1 Plottning i tidsföld av två mätseriers värden mot varandra. Mätvärdena sammanbinds i successivt och de avvikande värdena uppträder som utlöpare från mönstret. (Svensson, 1984)

Nästa etapp är att plotta två seriers mätvärden mot varandra i x-y-diagram. Om man har flera mätserier kan man givetvis först skapa en summaserie att jämföra med och successivt justera den när fel lokaliserats. Om det är ett ungefärligen linjärt samband

mellan mätvärdenas storlek från de båda rören kommer eventuella enstaka fel att "hoppa" utanför mönstret, se figur 4.1. Vissa systematiska fel kan också detekteras i denna typ av plottning, se figur 4.2.



Figur 4.2 Plottning i tidsföljd av två mätseriers värden mot varandra. Det ena röret har förlängts eftersom det har "bräddat" men databasen har inte justerats därför. Den gamla förlågningsnivån framträder som en horisontell linje. (Svensson, 1984)

#### 4.2 Analys med Double-mass-metoden

Double-mass-analys bygger på grafisk och matematisk analys av tidsserier av mätvärden.

Den grafiska bilden vid ordinär Double-mass-analys erhålles genom plottning mot varandra av ackumulerade värden från två olika mätserier under samma tidsperiod. Om båda mätserierna är homogena och linjärt proportionella bildas en rät linje genom origo och med lutningen +1. Ett brott, dvs en vinkeländring i Double-mass-"kurvan" betyder att en förändring har skett i proportionalitetskonstanten mellan de två variablerna. Skillnaden mellan de två lutningarna, dvs vinkeländringen, visar hur stor förändringen är.

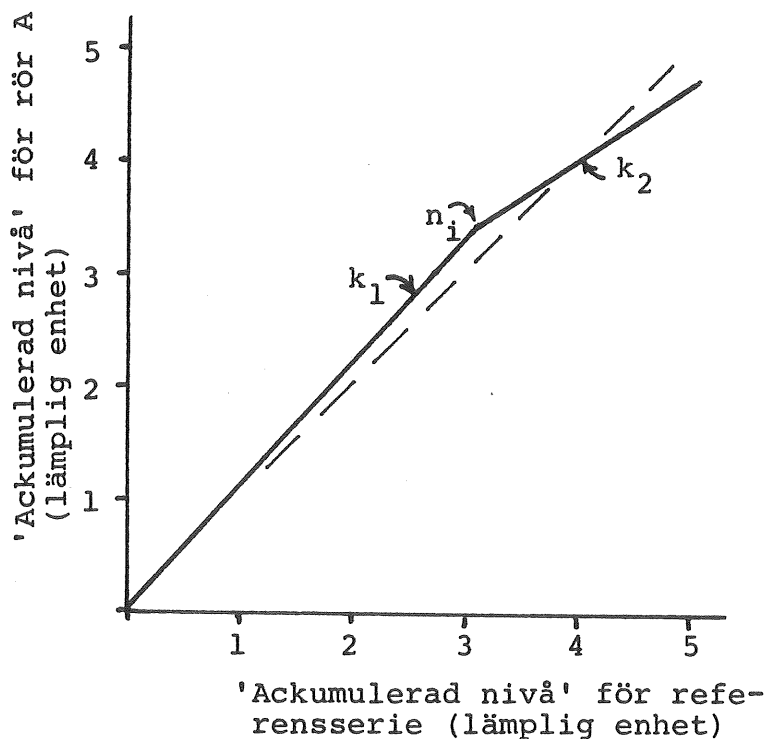
Om årsvärdena för de två stationerna betecknas  $X_i$  resp.  $Y_i$ ,  $i=1,2,\dots,N$ , blir beräkningsgången följande:

1. Beräkna den ackumulerade summan för  $X_i$  resp.  $Y_i$ :

$$X_i = \sum_{j=1}^i X_j \quad i = 1, 2, \dots, N$$

$$Y_i = \sum_{j=1}^i Y_j \quad i = 1, 2, \dots, N$$

2. Plotta dessa  $X_i$  och  $Y_i$  mot varandra i ett x-y-diagram.
3. Studera lutningen hos punkternas sammanbindningslinje. Dra hjälplinjer i diagrammet och beräkna de uppdragna linjernas lutningar  $k_1$ ,  $k_2$  osv, se figur 4.3.
4. Justera värdena efter lutningsförhållandena. De värden som finns efter brytpunkten har lutningen  $k_2$  och för brytpunkten är lutningen  $k_1$ . Värdena efter brytpunkten skall ändras i proportionen  $k_1/k_2$ , dvs värdena efter brytpunkten skall multipliceras med faktorn  $(k_1/k_2)$ .



Figur 4.3 Normal Double-mass-analys. Brytpunkter markeras och rätta linjer anpassas. Linjernas lutning beräknas.

### 4.3 Analys med modifierad Double-mass-metod

Den modifierade Double-mass analysen bygger också på grafisk och matematisk analys av tidsserier av mätvärden.

Den grafiska bilden i modifierad ordinär Double-mass-analys erhålles genom plottning mot varandra av ackumulerade avvikelser från respektive medelvärden för två olika mätserier under samma tidsperiod. Om båda mätserierna är homogena och linjärt proportionella bildas en horisontell rät linje genom origo. Vid en förändring i proportionaliteten mellan de två mätserierna uppstår en avvikelse från horisontallinjen. Skillnaden mellan de två lutningarna, dvs vinkeländringen, visar hur stor förändringen är (Ehlert 1972).

Vid användande av en modifierad Double-mass-metod, ser man lättare än vid den ordinära metoden eventuella brott.

Om årsvärden för de två stationerna betecknas  $X_i$  resp.  $Y_i$ ,  $i=1,2,\dots,N$ , där  $N$  är antalet värden, blir beräkningsgången följande:

1. Beräkna medelvärdena  $X_m$  och  $Y_m$ :

$$X_m = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i \quad \text{och} \quad Y_m = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Y_i$$

2. Beräkna  $dX_i = \frac{X_i}{X_m}$  och  $dY_i = \frac{Y_i}{Y_m}$

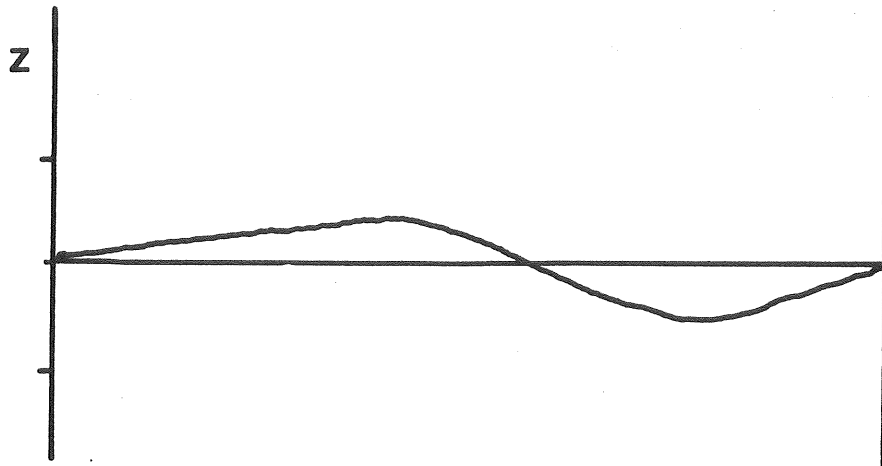
3. Beräkna den ackumulerade relativa avvikelsen från medeltalet för  $dX_i$  resp.  $dY_i$ . Eftersom medelvärdet för  $dX_i$  och  $dY_i = 1$  erhålles således :

$$X_i = \sum_{j=1}^i (dX_j - 1) \quad i = 1,2,\dots,N \quad \text{och}$$

$$Y_i = \sum_{j=1}^i (dY_j - 1) \quad i = 1,2,\dots,N$$

4. Beräkna och plotta  $Z_i = X_i - Y_i$ , se figur 4.4.

Dessa Z-värden kommer att oscillera fram och tillbaka, dvs upp och ner, beroende på att hos värdena från de två stationerna finns vissa slumpmässiga variationer. Eventuell inhomogenitet kommer emellertid att ge en tydlig avvikelse vid uppritningen.



Figur 4.4 Modifierad Double-mass-analys. Skillnaden mellan de två mätseriernas ackumulerade avvikelse från respektive medelvärde plottas mot mätvärdesnummer.

Hovmöller (enligt Ehlert 1972) fann att serierna, med vissa undantag, kan betraktas som homogena om inga  $Z_i$  till beloppet överstiger 1 % av totala antalet värden för perioden, d.v.s. för relativa värden skall gälla:

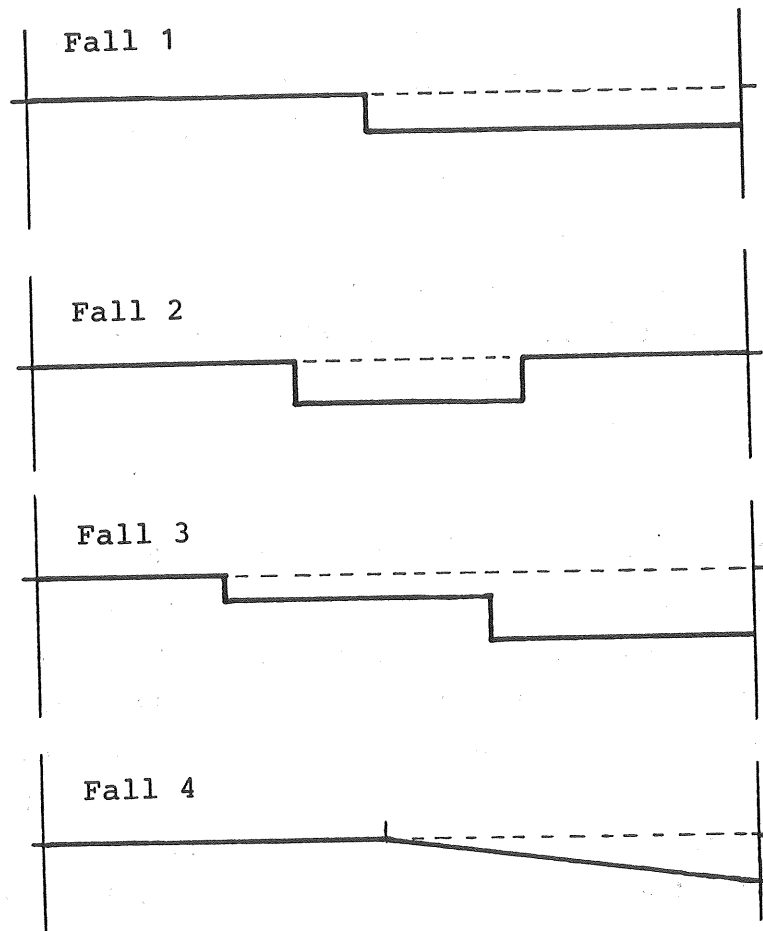
$$\left| Z_i \right| < 0.01 N \quad i = 1, 2, \dots, N \quad N = \text{antalet år}$$

#### 4.4 Principschema för olika beräkningsfall

För att underlätta beräkningarna bör man använda dator. I bilaga 1 redovisas ett datorprogram i BASIC som använts för analys av olika exempel. Fyra olika beräkningsfall har utskiljts:

- 1) en bestående konstant förändring
- 2) en tillfällig konstant förändring
- 3) två på varandra följande konstanta förändringar
- 4) linjärt ökande eller minskande förändring som börjar under mätperioden

De olika fallen har skissats i figur 4.5.



Figur 4.5 De olika beräkningsfallen i datorprogrammet, bilaga 1

- 1) en konstant förändring
- 2) en tillfällig konstant förändring
- 3) två olika konstanta förändringar
- 4) en linjärt ökande eller minskande förändring



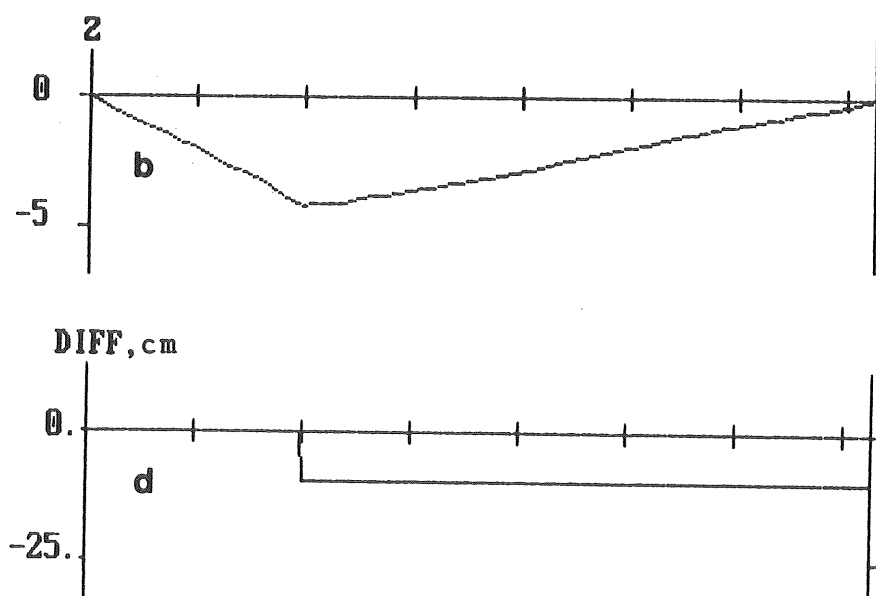
## 5 EXEMPEL

För att belysa användbarheten av den modifierade Double-mass-analysen presenteras här fyra enkla fall och två sammansatta exempel. Datorprogrammet i bilaga 1 har använts i samtliga beräkningar och figurerna är skärmdumpar. I figurerna i detta kapitel har samtliga delfigurer kodats med en bokstav på följande sätt:

- $a_i$  = aktuell tidsserie (= rådata)
- $b_i$  = modifierad Double-mass-kurva
- $c_i$  = modifierad Double-mass-kurva efter justering av rådata
- $d_i$  = beräknade avvikelser
- $e_i$  = justerad tidsserie

5.1 Bestämning av bestående konstant förändring

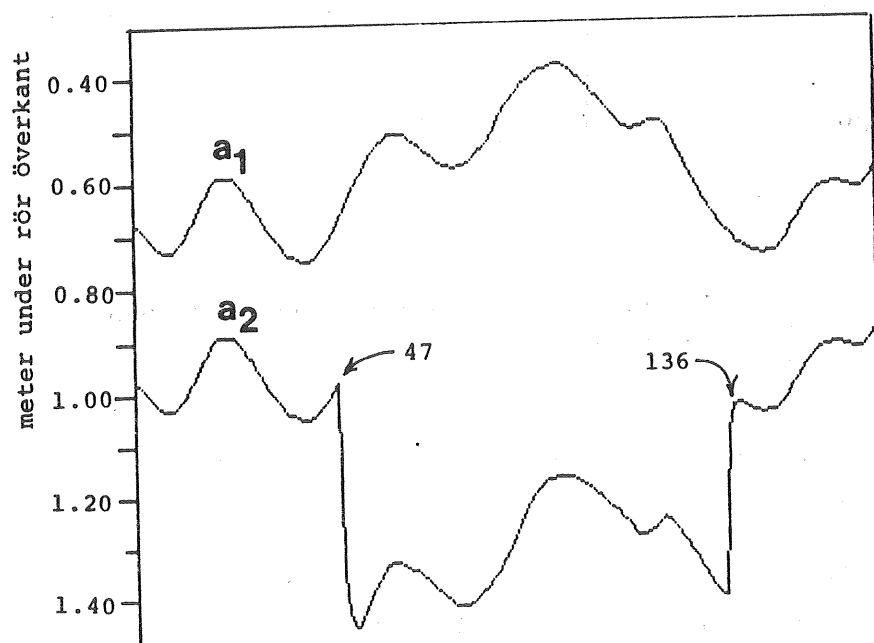
Detta exempel belyser hur man kan finna konstanta förändringar, dvs sådana förändringar som inträffat någon gång under observationsperioden och sedan inte förändrats. Detta kan vara fallet om t ex observationsrörets absolutnivå förändrats vid underhållsarbete. Detta fall exemplifieras av ett konstruerat exempel: Mätserien från 53002 i Harestad har utnyttjats för detta. En ny mätserie har konstruerats ur denna och givits 10 cm lägre mätvärden efter mätvärde 100 relativt de tidigare. Den beräknade differensen blev avsänkning med 10,4 cm.



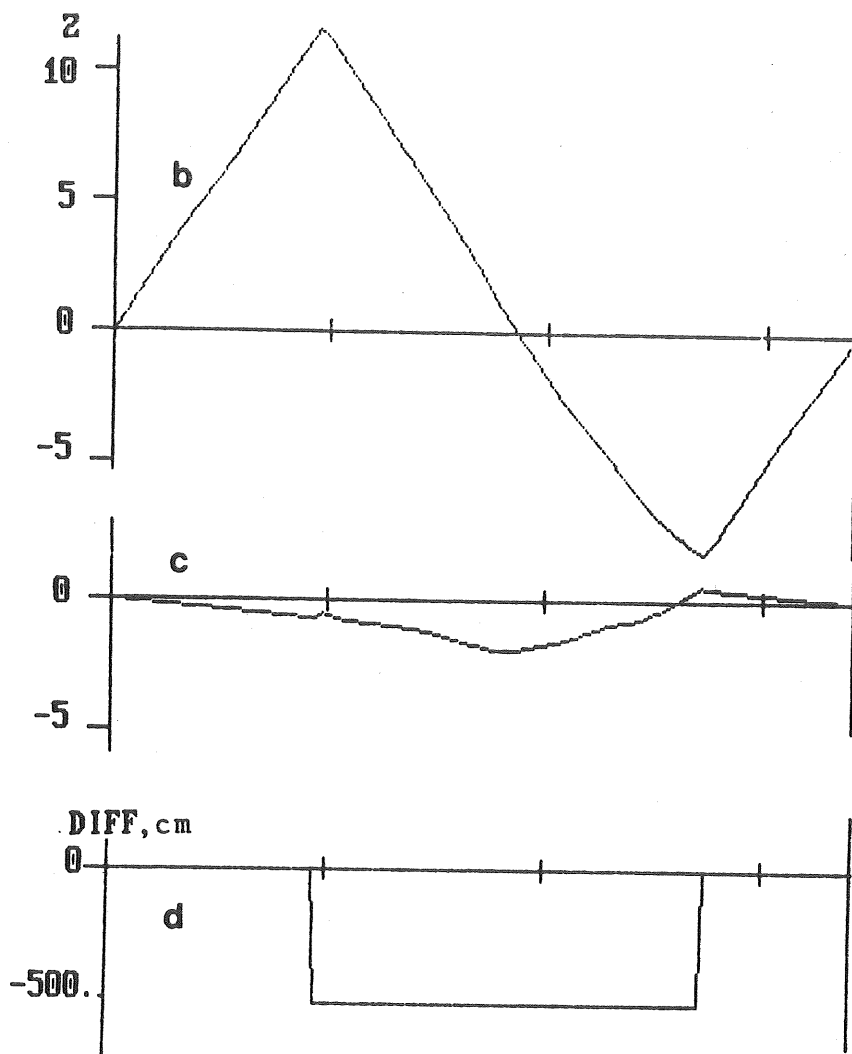
Figur 5.1 Beräkning av konstant förändring hos rörtopps nivå. Z = skillnad i ackumulerad avvikelse från medelvärdena.

## 5.2 Bestämning av tillfällig konstant förändring

Vid t ex en provpumpning kan man på stort avstånd från pumpbrunnen få små avsänkningar som är svåra att uppmärksamma direkt. Efter provpumpningen återhämtas nivån och ny naturlig jämvikt inträder. Vi får således säkra data både före och efter. Till detta exempel används data konstruerade ur det diagram som Rutledge (1985) utnyttjade som principexempel, se figur 5.2a<sub>1</sub> och a<sub>2</sub>. I delfigur a<sub>2</sub> finns en avsänkning av 0,50 m vid periodens start vid mätvärde 47. Vid periodens slut är skillnaden ca 10% mindre. Med antagandet att avsänkningen är konstant mellan mättillfällena 47 och 136 erhålles en enkel formel och justeringen mellan delfigurerna b och c är enkel. I figur c finns viss kvarstående avvikelse. Denna avvikelse bör bero på den skillnad vi kunde notera mellan nivåskillnad vid periodens start och slut. Den delen bör analyseras med fall 4, men får anstå tills vidare. Den beräknade avsänkningen är 0,52 cm.



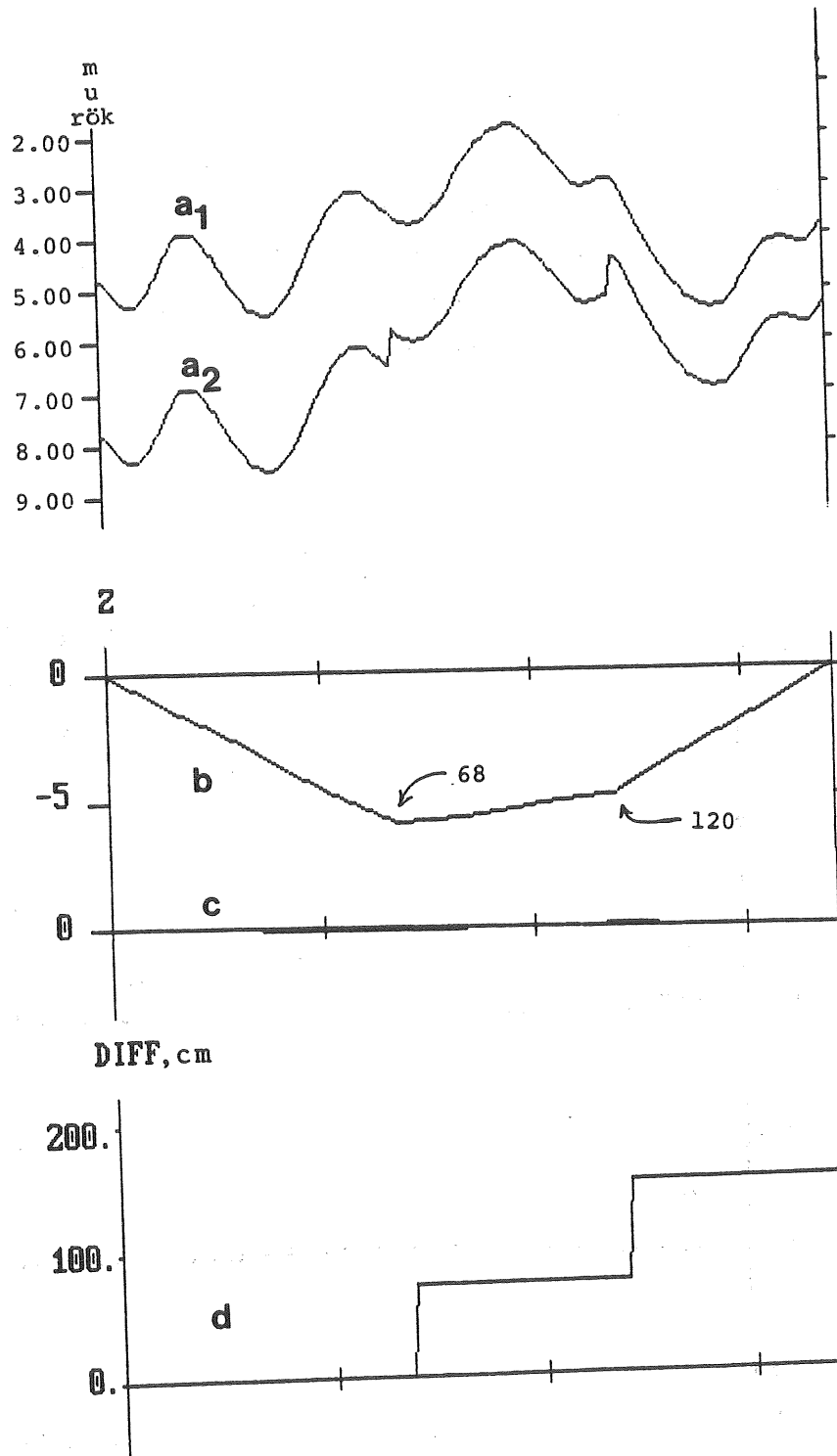
Figur 5.2a Rådatamängder för beräkning av en konstant förändring i grundvattennivån. Konstruerade data med utgångspunkt från Rutledge (1985).



Figur 5.2b Modifierade Double-mass-kurvor och beräkningsresultat för tidsserierna i figur 5.2a.

### 5.3 Bestämning av två på varandra följande konstanta förändringar

Det är inte så vanligt att man finner flera konstanta fel efter varandra. Detta kan förekomma för rör vars vattennivå är nära eller över markytan. För dessa brukar det finnas tillfällen då rören förlängts eller försök med frostskydd genom tillsats av frostskyddande vätska med lägre densitet. I figur 5.3 utnyttjas ett principexempel med data konstruerade på samma sätt som i föregående exempel. Två konstanta förändringar är inlagda; en höjning med 0,75 m vid mätvärde 68 och en med ytterligare 0,75 m

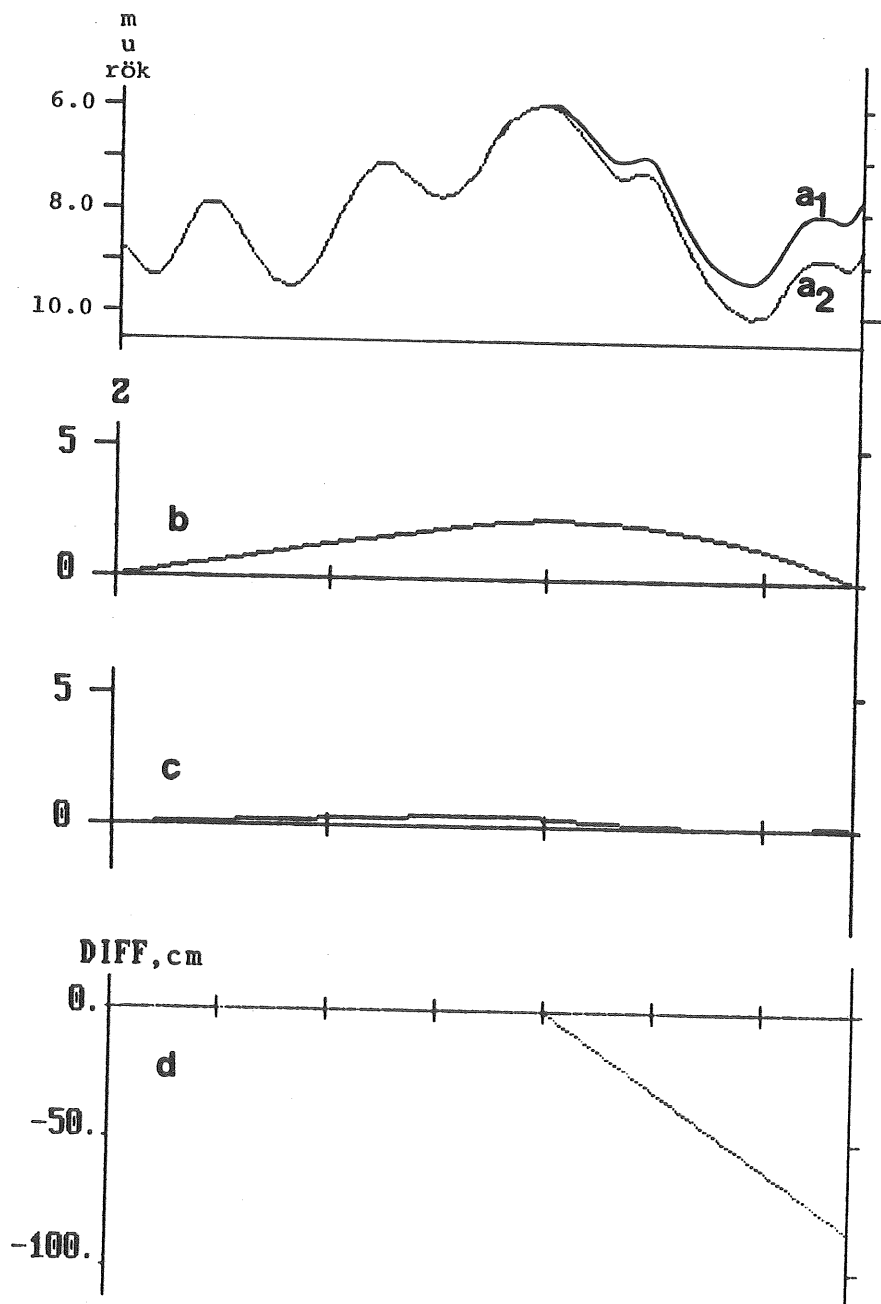


Figur 5.3 Beräkning av två på varandra följande konstanta fel. Data fiktiva på samma sätt som i figur 5.2.

vid mätvärde 120. Vid beräkningen erhålles  $Z(68) = -5,89$  och  $Z(120) = -4,85$ . Med beräkningsfall 3 erhålles differenserna till 71,4 (höjning) resp 78,4 cm, vilket tillsammans ger 149,8 cm i mätvärde 121 och senare. Restvärdena är små, vilket ger en nästan rak kurva i delfigur c.

#### 5.4 Bestämning av linjärt ökande/minskande förändring

Detta exempel är en förenkling av ett förlopp där vattenytan av-  
sänks eller höjs med något belopp successivt, se som exempel  
figur 3.2. Mätserie i nedanstående analys är samma som i exempel  
2 men andra siffervärden och den konstruerade "felaktiga" har  
försetts med en konstant avsänkning av 1,0 cm per mätintervall,  
se figur 5.4a<sub>2</sub>. Vid Double-mass-analysen erhålles en bågformad



Figur 5.4 Beräkning av linjärt ökande avsänkning av grundvat-  
tennivå. Fiktiva data konstruerade som i figur 5.2. I  
figur d anges den beräknade avsänkningen i annan  
skala än i figur a<sub>1</sub>.

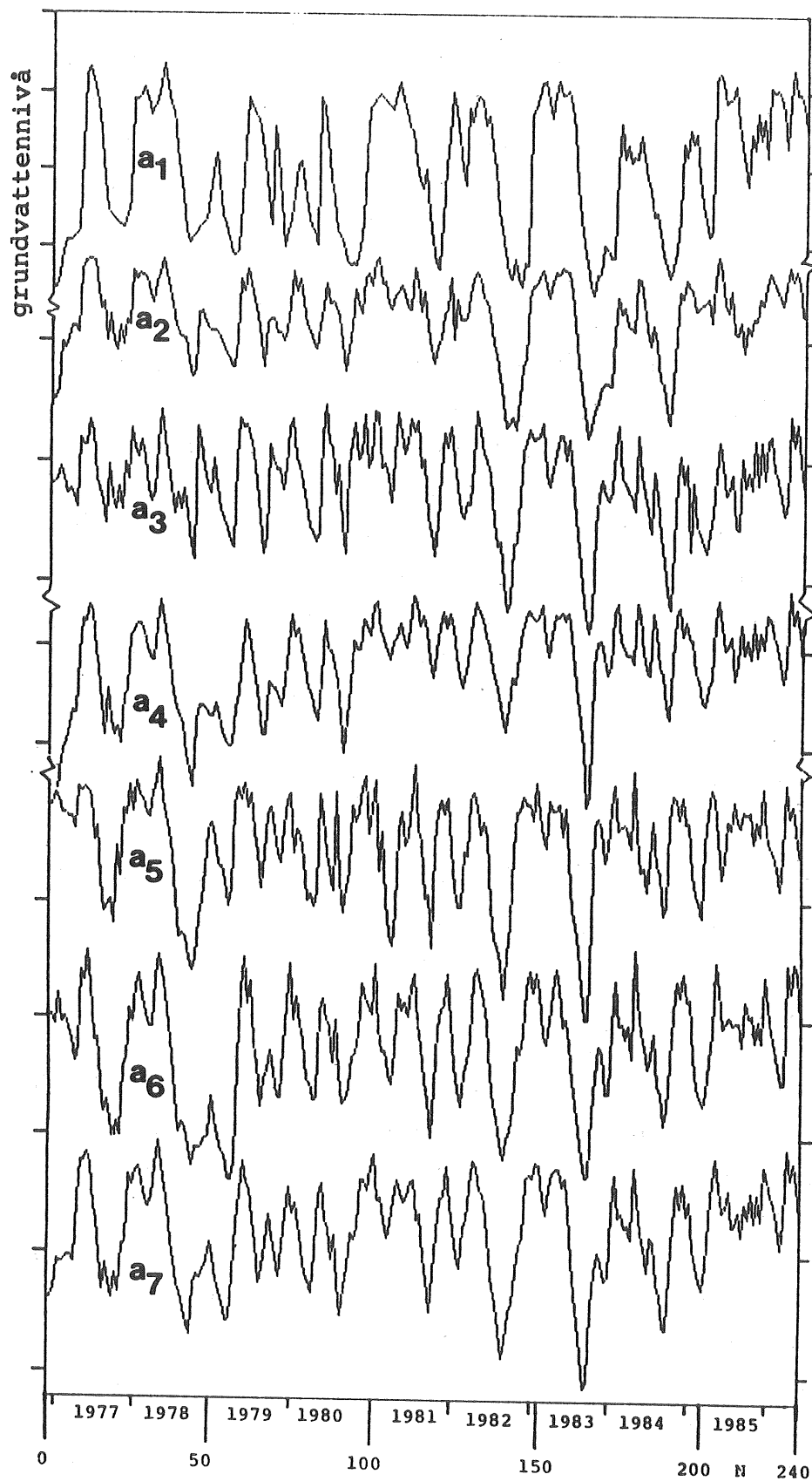
kurva mellan det första värdet, nr 100, och sista värdet, se delfigur b. Bågen rätas ut med beräkningsformeln och den konstanta successiva avsänkningen beräknas till 1,2 cm per mätintervall. Det finns en viss rest kvar i Z i delfigur c, men den är svår att precisera och vi kommer inte närmare den ursprungliga serien.

#### 5.5 Bestämning av flera konstanta förändringar i följd

I en lång mätserie finns det risk för att det inträffat flera förändringar. Mätserier från rör med vattennivån nära eller över markytan kan innehålla flera konstanta fel som härrör från försök med att få röret frostfritt. Den vanligaste metoden härvid är att tillsätta en lätt frostfri vätska som pressar ner vattenytan. Vid senare arbeten med observationsröret kan den tillsatta mängden förändras (och den är svårkontrollerad i efterhand!), vilket ger förutsättningar för ett ganska komplicerat korrigeringsbehov. Detta kan man utföra genom att successivt använda de olika beräkningsfallen.

#### 5.6 Homogenitetsanalys av sex grundvattennivåmätserier

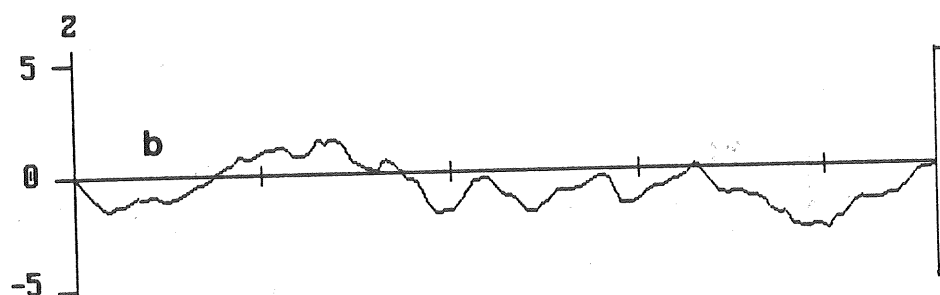
I avsikt att prognostisera extrema grundvattennivåer i ett observationsrör avser man att använda sex rör i tre olika referensområden. De sex rören är 15008 (i Herrljunga-området), 16018, 16025 och 16029 (i Tiveden) samt 71001 och 71002 (i Dalsland). Rören står delvis mycket långt ifrån varandra (det är 120 km mellan 16025 och 71001), vilket utgör en möjlighet till att mätserierna är olika av klimatiska skäl. Detta måste givetvis beaktas i efterkommande användning av de eventuellt framkomna skiljaktigheterna mellan mätserierna. Den tillgängliga mätperiod, som är gemensam för de sex rören, omfattar 230 mätvärden mellan 761115 och 860630. Det är två mätvärden per månad och enstaka luckor i mätserierna har utfyllts medelst rätlinjig interpolation. De sex mätserierna, som de ser ut efter kompletteringen av luckorna, åskådliggörs i figur 5.5. Medeltalet av de sex seriernas mätvärden per mättillfälle redovisas i figur 5.5a<sub>7</sub>. Denna "summaserie" är referensserie i den fortsatta Double-mass-analysen.



Figur 5.5 Grundvattennivån i sex observationsrör under en nära 10 år lång tidsperiod med 230 mätvärden från vardera röret. De sex rören är i tur och ordning uppifrån 15008, 16018, 16025, 16029, 71001 och 71002. Den nedre kurvan är ett medeltal av alla sex kurvorna ovan, kallad "summakurva" i texten. Data från SGU, Grundvattennätet.

## 5.6.1 Rör 15008 kontra summaserien

I figur 5.6 redovisas Double-mass-kurvan. Här finns ganska små avvikelser från 0-linjen och vi bedömer mätserien från 15008 som korrekt (observera att vi inte kan upptäcka eventuella slumpmässiga fel, "engångsfel"). I inledningen finns en kort rak linje, som visar att de inledande tio värdena är lägre än genomsnittet (se också figur 5.5a<sub>1</sub>).



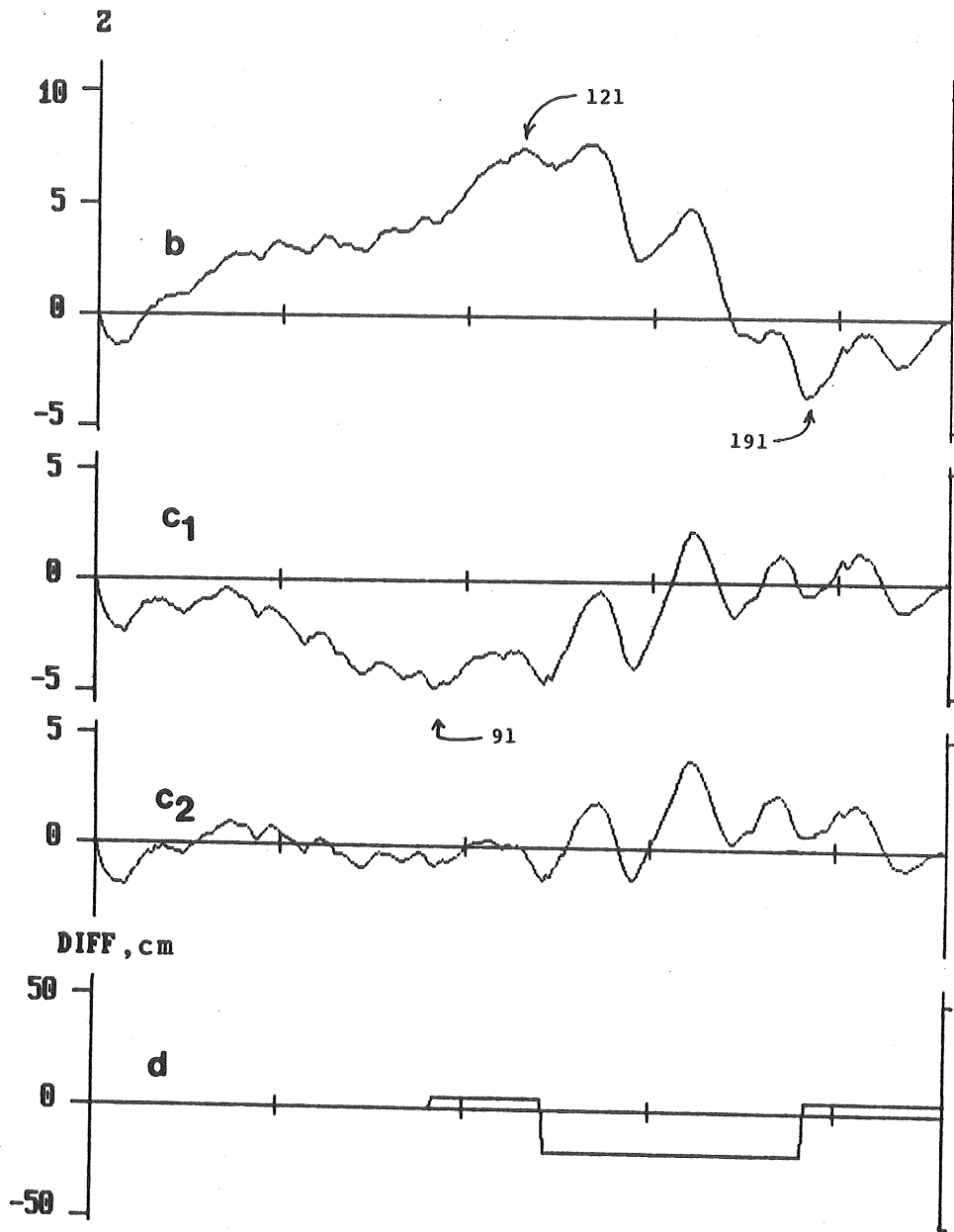
Figur 5.6 Modifierad Double-mass analyskurva för data från rör 15008 jämförda med summakurvan. Inga fel är urskiljbara.

## 5.6.2 Rör 16018 kontra summaserien

I figur 5.7 redovisas Double-mass-kurvan för detta fall. Här finns större avvikelser. I början finns ett tiotal punkter som avviker på samma sätt som för 15008. Mellan mätvärde ca 10 och ca 120 stiger kurvan ganska jämt och övergår därefter i en vågig form. Vi ansätter fall 2 mellan punkt 121 ( $Z=6,79$ ) och punkt 191 ( $Z=-3,51$ ). Differensen blir 23,9 och ny plottning ger delfigur c<sub>1</sub>. Vågformen i senare halvan finns givetvis kvar (en fördröjning i förhållande till summaserien) liksom startvärdena. Nu dominerar serien av ett annat brott vid ca 90. Med fall 1 erhålles (punkt 91 med  $Z=-4,00$ ) differensen 5,1.

Ny plottning ger delfigur c<sub>2</sub>. Här är startvärdena och vågformen kvar, men vi har en kurva som i stort sett alternerar omkring  $Z=0$ . Efter dessa förändringar har vi en modifierad mätserie för 16018. De summerade justeringarna i delfigur d.

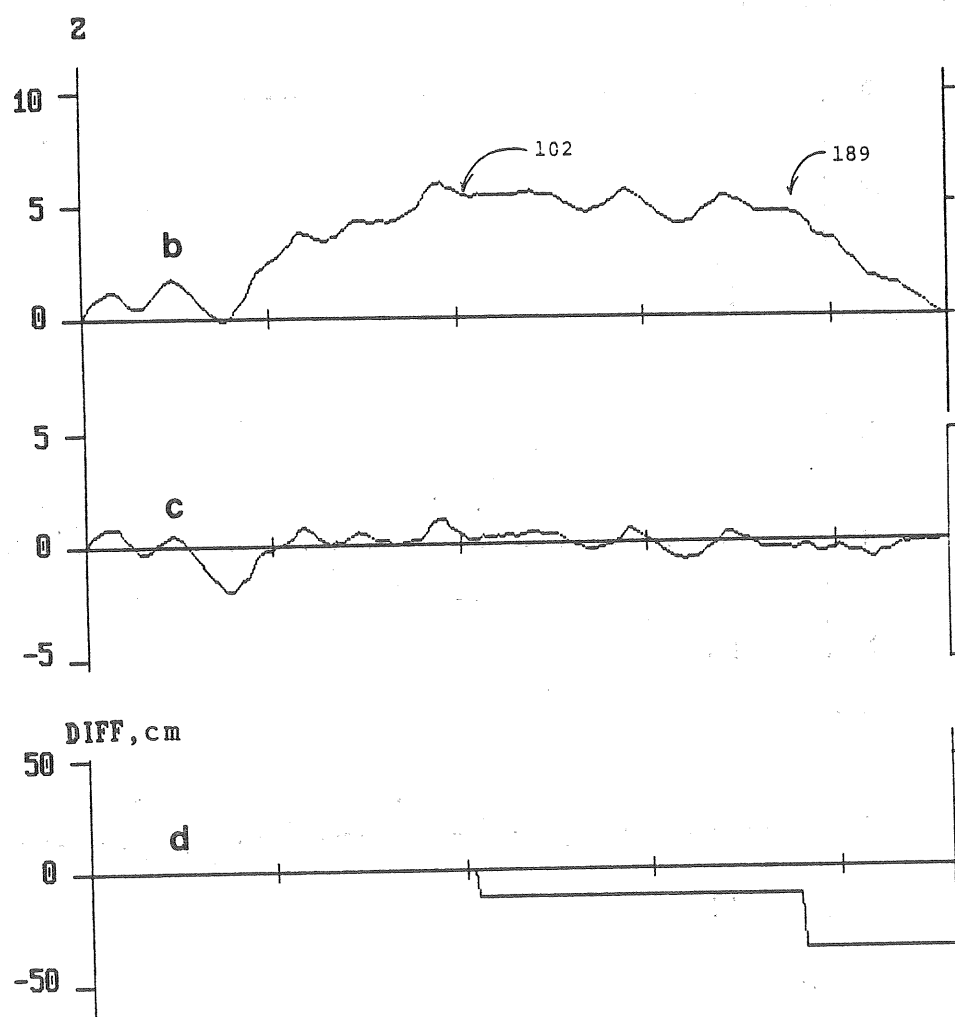




Figur 5.7 Modifierad Double-mass-analys av data från rör 16018 jämförda med summakurvan.

## 5.6.3 Rör 16025 kontra summaserien

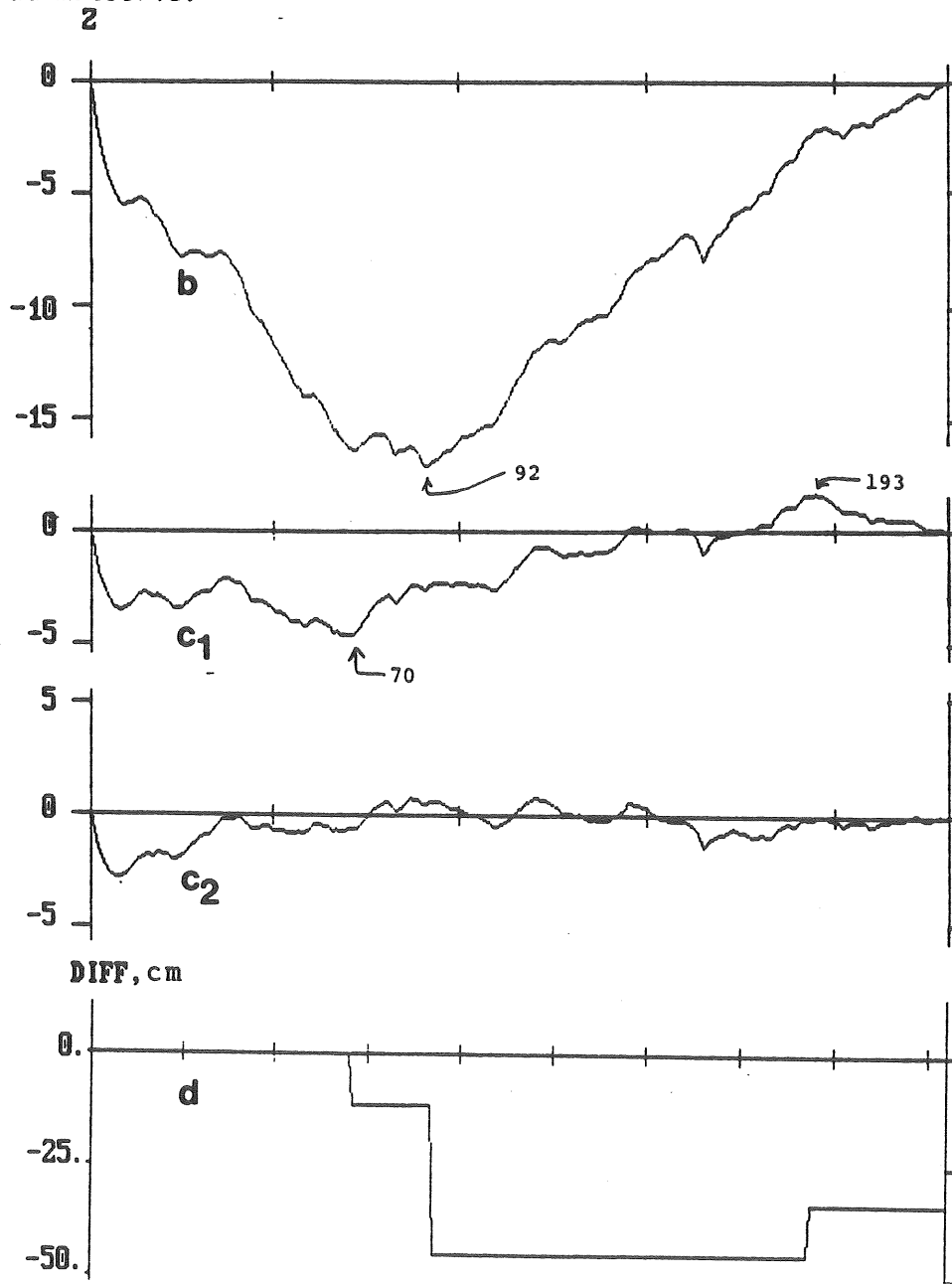
I figur 5.8 redovisas Double-mass-kurvan för detta fall. Här finns också markanta brott i kurvan. För beräkningsfall 3 anger vi punkterna 102 ( $Z=5,40$ ) och 189 ( $Z=4,57$ ) och erhåller differenserna 11,5 resp 24,3 cm. Den nya plottningen i delfigur c. Nu har vi bara små avvikelser och avslutar beräkningen. Även här erhålles två konstanta justeringar, se delfigur d. De inledande tio värdena avviker inte nämnvärt från medelvärdet här. Efter dessa förändringar har vi en modifierad mätserie för 16025.



Figur 5.8 Modifierad Double-mass analyskurva för data från rör 16025 jämförda med summakurvan.

## 5.6.4 Rör 16029 kontra summaserien

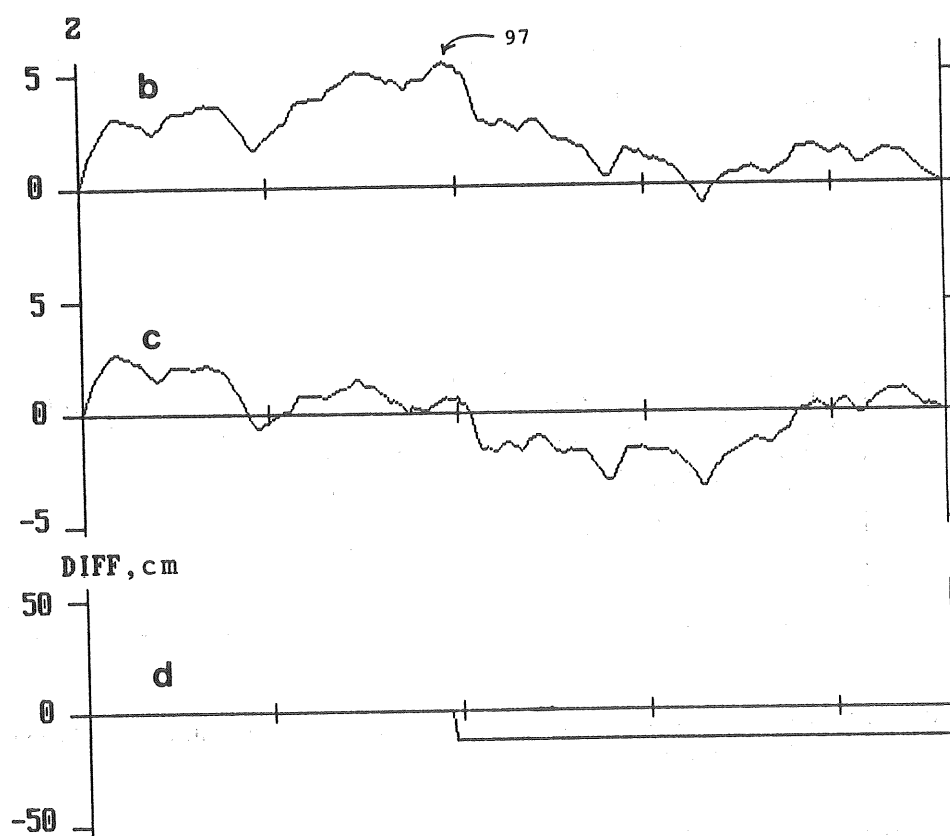
I figur 5.9a redovisas beräkningarna för denna serie. Här finns en markant brytpunkt vid mätvärde 92 ( $Z=-17,13$ ) och vi använder fall 1 för att justera. Resultatet blir differensen  $-33,3$  cm och kurvan i delfigur  $c_1$ . Serien är bra förutom de tio första värdena. I delfigur  $c_1$  finns en brytpunkt vid nr 70 ( $Z=-4,61$ ) och en vid nr 193 ( $Z=1,61$ ). Med fall 2 erhålles differensen  $-11,7$  cm mellan dessa. Kontrollberäkningen ger figur  $c_2$ . Resultatet ges i delfigur d. De inledande tio värdena är oförändrade och avvikande (låga nivåer i figur 5.5a<sub>4</sub>). Vi har således även här en modifierad mätserie.



Figur 5.9 Modifierad Double-mass-analys av data från rör 16029 jämförda med summakurvan.

## 5.6.5 Rör 71001 kontra summaserien

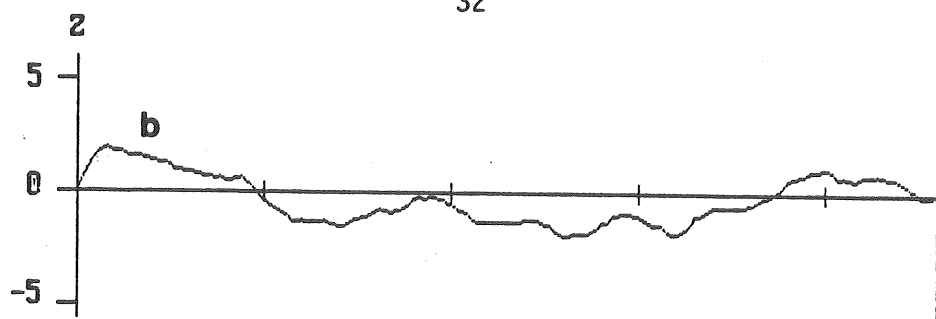
I figur 5.10 redovisas beräkningsresultatet för denna serie. Här finns avvikelser dels i början dels i mitten. De tio första mätvärdena undviker vi även här. Vid punkt 97 finns en brytpunkt med  $Z=5,51$ . Med beräkningar enligt fall 1 erhålles differensen 12,6 cm och resultat i delfigur d. Efter dessa justeringar har vi även här en modifierad mätserie.



Figur 5.10 Modifierad Double-mass-kurva för data från rör 71001 och summaserien.

## 5.6.6 Rör 71002 kontra summaserien

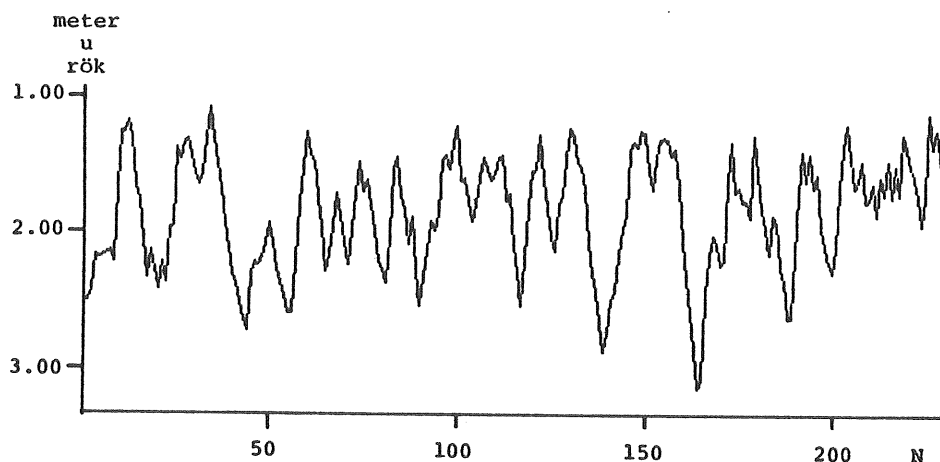
Resultaten för denna analys redovisas i figur 5.11 och vi ser att avvikelserna är små utom i början. De tio första mätvärdena förefaller felaktiga, men det beror på att vi har två olika grupper av mätvärden bland de tio första i de sex serierna (se figur 5.5).



Figur 5.11 Modifierad Double-mass-analys av data från rör 71002 jämförda med summakurvan.

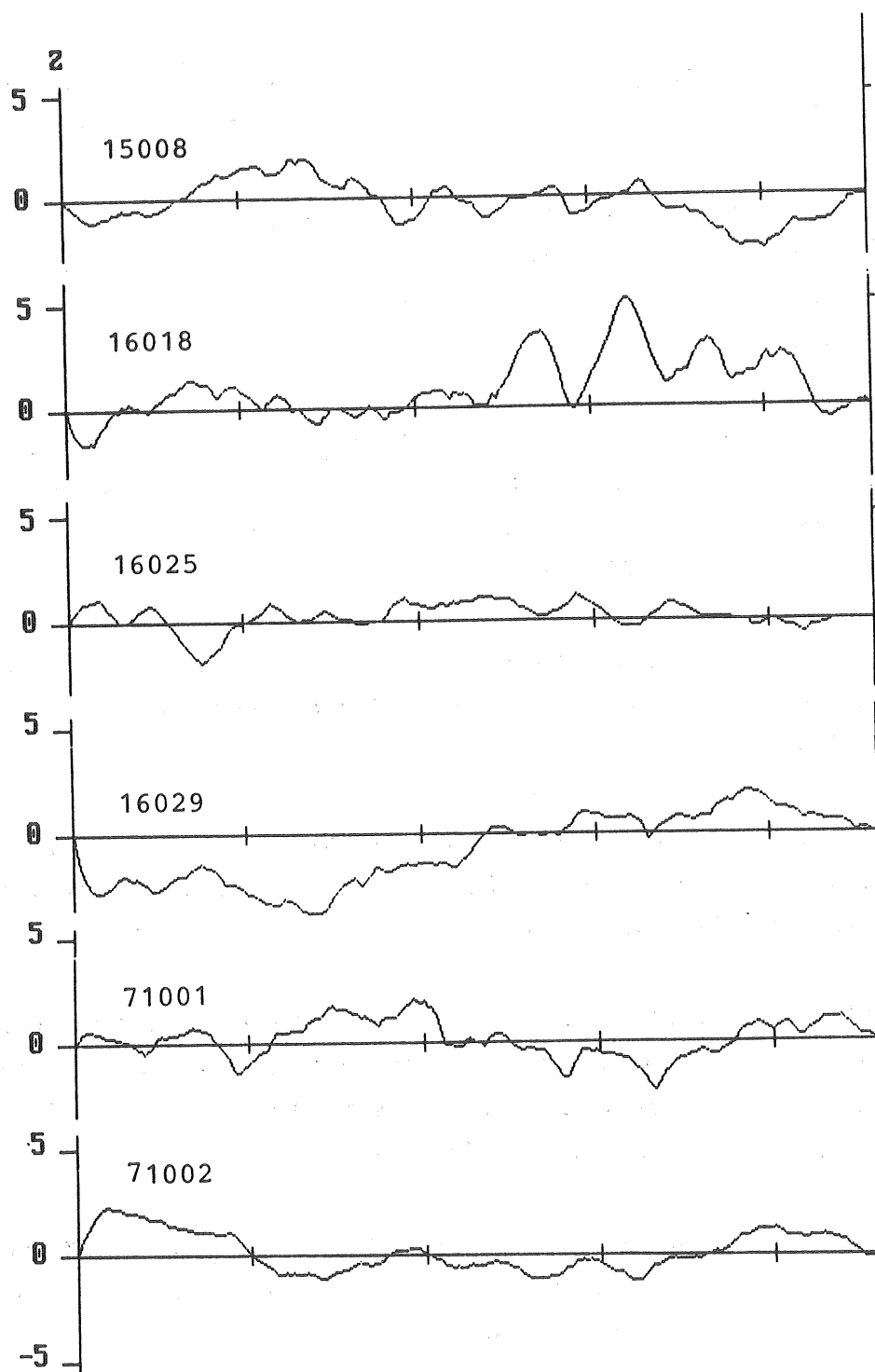
#### 5.6.7 Ny homogenitetskontroll

De sex mer eller mindre modifierade mätserierna sammanställs till en ny "summaserie", se figur 5.12.



Figur 5.12 Ny summakurva för de sex rören efter Double-mass-korrigeringar.

En förnyad Double-mass analys av de olika mätserierna mot denna nya referensserie ger små avvikelser, se figur 5.13, men det är ju inte annat att vänta. Med tanke på att vi funnit att det i hälften av serierna är höga värden i början och motsatsen i de andra bör vi kanske undvika den delen av mätperioden. Vi har således justerat ett antal inhomogeniteter i våra serier. Nästa etapp är att undersöka om de funna skiljaktigheterna kan betraktas som mer korrekta än de ursprungliga serierna. Vid analysens början påpekades att det kan finnas klimatiska skiljaktigheter mellan de områden vari rören står. Man bör således kontrollera att resultaten är rimliga och också försöka utröna orsaken till respektive skillnad.



Figur 5.13 Double-mass-analyskurvor för data från samtliga sex rör efter modifieringar jämförda med nya summakurvan.

## REFERENSER

Ehlert, K, 1972: Homogenitetskontroll av hydrologiska tidsserier. Nordisk Hydrologisk Konferans 1972, pp 47-59. Sandefjord.

Franke, O L, 1968: Double-mass-curve analysis of the effects of sewerage on ground-water levels on Long Island, New York. U.S.Geological Survey Professional Paper 600-B, pp B205-B209. Washington.

Kohler, M A, 1949: On the use of the double-mass analysis for testing the consistency of meteorological records and for making required adjustments. Bulletin American Meteorological Society, vol 30, nr 5, pp 188-189.

Merriam, C F, 1937: A comprehensive study of the rainfall on the Susquehanna Valley. Transactions, American Geophysical Union, pp 471-476.

Oltman, R E & Tracy, H J, 1951: Trends in climate and precipitation-runoff relation in Missouri River basin. U.S.Geological Survey Circular 98. Washington.

Rutledge, A T, 1985: Use of double-mass curves to determine draw-down in a long-term aquifer test in north-central Volusia county, Florida. U.S.Geological Survey Water-Resources Investigations Report 84-4309. Tallahassee, Florida.

Searcy, J K & Hardison, C H, 1960: Double-mass curves. Manual of hydrology: Part 1. General surface-water techniques. U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 1541-B. Washington.

Svensson, Ch, 1984: Analys och användning av grundvattennivåobservationer. Geologiska institutionen, Chalmers tekniska högskola och Göteborgs universitet, Publ A 49, Diss. Göteborg.

U.S. Geological Survey, 1940: Water levels and artesian pressure in observation wells in the United States in 1939. USGS Water-Supply Paper 886. Washington.

Weiss, L & Wilson, T, 1953: Evaluation of significance of slope changes in double-mass curves. Transactions, American Geophysical Union, vol 34, pp 893-896.

Westman, S-E, 1982: Metod för homogenitetskontroll av meteorologiska och hydrologiska observationsserier. SMHI H0 rapport 1. Norrköping.





Denna bilaga utgörs av ett datorprogram skrivet i GW BASIC version 2.02 för Ericsson PC, som är IBM-kompatibel.

Programmets indata är datarader från Grundvattennätets databas av typen OMRÅDE + RÖRNUMMER + DATUM + NIVA med positionerna 2 + 3 + 6 + 4 tecken. Varje rad behandlas som en sträng.

Programmets beräkningsdel innehåller fyra alternativa beräkningsmetoder som kan kombineras.

Utskrift kan ske på skrivare, printer eller fil eller samtliga.

```

10 '---- DOUBLE MASS beräkning
20 '   för Grundvattennät-data av typen OMR+ROR+DATUM+NIVA, max 400 rader
30 '   filerna måste ha lika mätintervall och -tillfällen
40 '   de ingående filernas namn ska vara utan förlängning
50 '   vid utskrift på NY FIL skapas filnamn med förlängningen ".NY"
60 '
70 CLS'       program och copyright:  | CHESTER SVENSSON
80 '         | GEOLOGISKA INSTITUTIONEN
90 ' SCREEN 2: W=1       'y-led: 200 | CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
100         | 412 96 GÖTEBORG
110 SCREEN 4: W=2       'y-led: 400 | tel. 031-72 20 35
120 KEY OFF '
130 DIM DATARADA$(400),DATARADB$(400),DATARADC$(400)
140 DIM ADATUM(400),ANIV(400)
150 DIM BDATUM(400),BNIV(400)
160 DIM BNIV00(400),BNIV$(400)
170 DIM SUMA(400),SUMB(400),DIFF(400)
180 DIM XL(400),YL(400),Z(400)
190 DIM C%(100)
200 PRINT "***** DOUBLE MASS BERÄKNING *****"
210 PRINT
220 PRINT "Rådatafiler skall vara radsträngar, omr+rör+datum+nivå"
230 PRINT "och datafiler utan förlängd beteckning"
240 INPUT "Vilken datamängd ska vara referens (A:---) "; A$
250 PRINT
260 INPUT "Vilken datamängd ska undersökas (A:---) "; B$
270 IF A$<>B$ GOTO 310
280 PRINT
290 PRINT "Den har vi förut, försök igen !"
300 PRINT : GOTO 260
310 '-----
320 OPEN "A:"+A$ FOR INPUT AS #1 '           läs in fil A
330   L=0
340   IF EOF(1) THEN 410
350   L=L+1
360   INPUT #1, DATARADA$(L)
370   ADATUM(L) = VAL(MID$(DATARADA$(L),6,6))
380   ANIV(L)   = VAL(RIGHT$(DATARADA$(L),4))
390   LOCATE 5,70: PRINT L
400 GOTO 340
410 CLOSE #1
420 '-----
430 OPEN "A:"+B$ FOR INPUT AS #1 '           läs in fil B
440   M=0
450   IF EOF(1) THEN 530
460   M=M+1
470   INPUT #1, DATARADB$(M)
480   BDATUM(M) = VAL(MID$(DATARADB$(M),6,6))
490   BNIV(M)   = VAL(RIGHT$(DATARADB$(M),4))
500   BNIV00(M) = BNIV(M) '           för att kunna jämföra senare
510   LOCATE 7,70: PRINT M
520 GOTO 450
530 CLOSE #1
540 IF L=M THEN 590
550 PRINT "Fil " A$ " har " L " datarader "
560 PRINT "Fil " B$ " har " M " datarader "
570 PRINT:PRINT "Det går inte att fortsätta !"
580 GOTO 2360
590 PRINT:PRINT "Det finns " L " rader i vardera filen "
600 LOCATE 15,30: PRINT "V Ä N T A !"
610 ***** Inledande beräkningar *****
620 P1=1: P2=L '           Beräkning av hela periodens medelvärden
630 GOSUB 3160 '           "-
640 GOSUB 3280 '           Beräkning av ackumulerade avvikelser
650 '----- PLOTTNING -----
660 IF NY=1 THEN GOTO 720
670 IF W=1 GOTO 700
680 GOSUB 2420'           hämta cursor 9 X 9
690 GOTO 710
700 GOSUB 2370'           hämta cursor 9 X 5
710 NY=1
720 GOSUB 3410 '           plottningssubrutin
730 GOSUB 3600 '           hämta filinformation
740 LOCATE 23,1: PRINT SPACES(79) '       blanka hela rad 23
750 LOCATE 20,10: PRINT "Vilken beräkningsmodell ?   Två över el. under: 3"

```

```

760 LOCATE 21,10: PRINT "En brytpunkt (toppform): 1
770 LOCATE 22,10: PRINT "En över och en under: 2
780 TYP$=INKEY$: IF TYP$="" THEN 780
790 LOCATE 20,1: PRINT SPACES(79) '
800 LOCATE 21,1: PRINT SPACES(79) '
810 LOCATE 22,1: PRINT SPACES(79) '
820 LOCATE 23,1: PRINT SPACES(79) '
830 IF TYP$="0" GOTO 1590 '
840 IF TYP$="1" GOTO 890
850 IF TYP$="2" GOTO 910
860 IF TYP$="3" GOTO 910
870 IF TYP$="4" GOTO 930
880 LOCATE 23,30:PRINT "FEL SVAR !": GOTO 750 '
890 LOCATE 20,10: PRINT "Beräkning med en brytpunkt, pkt 1= 1
900 GOTO 950
910 LOCATE 20,10: PRINT "Beräkning med två brytpunkter, pkt1= 1, pkt2= 2
920 GOTO 950
930 LOCATE 20,10: PRINT "Beräkning med båge, pkt1= 1, pkt2= 2 (eller S)"
940 GOTO 950
950 LOCATE 21,10: PRINT "ANVÄND PILTANGENTERNA -> och <-
960 '----- Cursor-förflyttning -----*****
970 FOR I=1 TO L
980 XL(I) = 46 + Q*I : YL(I)= W*(98 - Z(I)*5)
990 NEXT I
1000 ON KEY(13) GOSUB 2470 : 'pil höger
1010 ON KEY(12) GOSUB 2550 : 'pil vänster
1020 KEY (12) ON: KEY (13) ON: I=0
1030 GO$ = INKEY$
1040 IF GO$=CHR$(49) THEN GOSUB 2910: ' trycka på 1 för brytpunkt 1
1050 IF GO$=CHR$(50) THEN GOSUB 2950: ' trycka på 2 för brytpunkt 2
1060 IF GO$=CHR$(83) THEN GOSUB 2630: ' trycka på S för att hoppa till slut
1070 IF GO$=CHR$(72) THEN GOSUB 2670: ' trycka på H för att hoppa 50 steg ->
1080 IF GO$=CHR$(86) THEN GOSUB 2790: ' trycka på V för att hoppa 50 steg <-
1090 IF I = L THEN GOTO 1110
1100 GOTO 1030
1110 '----- Beräkningars genomförande efter valt alternativ -----
1120 IF TYP$="1" THEN GOTO 1160
1130 IF TYP$="2" THEN GOTO 1240
1140 IF TYP$="3" THEN GOTO 1320
1150 IF TYP$="4" THEN GOTO 1450
1160 '----- FALL 1 ---- Beräkning med en brytpunkt -----
1170 BDIFF!= Z(P1)*L*.01*MEDB/(L-P1) 'beräkning av avvikelser
1180 LOCATE 22,10: PRINT "Differensen = " BDIFF!
1190 PP1=P1+1
1200 FOR I=PP1 TO L
1210 BNIV(I)=BNIV(I)-BDIFF!
1220 NEXT I
1230 GOSUB 2990 'Kommandon för plottning & omräkning
1240 '----- FALL 2 ----- Beräkning med två brytpunkter - N-form -----
1250 BDIFF!= (Z(P1)-Z(P2))*MEDB*2/(P2-P1) ' första brytp. över linjen
1260 LOCATE 22,10: PRINT "Differensen = " BDIFF!
1270 PP1=P1+1: PP2=P2+1
1280 FOR I=PP1 TO P2
1290 BNIV(I)=BNIV(I)-BDIFF!
1300 NEXT I
1310 GOSUB 2990 'Kommandon för plottning & omräkning
1320 '----- FALL 3 ----- Beräkning med två brytpunkter, TAK-form -----
1330 BDIFF1!= Z(P1)*MEDB/P1 ' differensberäkning
1340 BDIFF2!= Z(P2)*MEDB/(L-P2)
1350 LOCATE 22,10: PRINT "Diff 1 = " BDIFF1!
1360 LOCATE 22,40: PRINT "Diff 2 = " BDIFF2!
1370 PP1=P1+1: PP2=P2+1
1380 FOR I=PP1 TO P2
1390 BNIV(I)=BNIV(I)-BDIFF1!
1400 NEXT I
1410 FOR I=PP2 TO L
1420 BNIV(I)=BNIV(I)-BDIFF1!-BDIFF2!
1430 NEXT I
1440 GOSUB 2990 'Kommandon för plottning & omräkning
1450 '----- FALL 4 ----- Beräkning med BÅGE mellan två punkter -----
1460 IF P2=0 THEN P2=L
1470 N=P2-P1
1480 BDIFFB= (Z(P1)-Z(P2))*MEDB*3/(N*(N+1))
1490 LOCATE 21,10: PRINT "Differensen = " BDIFFB " mellan varje mättpåfall"
1500 TOTBDIFF=N*BDIFFB

```

```

1510 LOCATE 22,10: PRINT "Total avvikelse vid pkt 2 = "
1520 LOCATE 22,36:PRINT USING "#####.";TOTBDIFF
1530 PPI=PI+1
1540 FOR I = PPI TO P2
1550   BNIV(I)=BNIV(I)-(I-P1)*BDIFFB
1560 NEXT I
1570 GOSUB 2990                               'Kommandon för plottning & omräkning
1580 ***** AVSLUTNING *****
1590 KEY OFF: KEY ON                          ' återställning av knappfunktioner
1600 LOCATE 2,10: PRINT "Hur ska beräkningsresultaten sparas ?"
1610 CLS
1620 LOCATE 4,10: PRINT "På en ny fil ?      (F)"
1630 LOCATE 5,10: PRINT "Utskrift på printern ? (P)"
1640 LOCATE 6,10: PRINT "Utskrift på skärmen? (S)"
1650 LOCATE 7,10: PRINT "Räkna mera ?      (M)"
1660 LOCATE 8,10: PRINT "Plottning av DIFF ? (D)"
1670 LOCATE 9,10: PRINT "Inte alls (=avsluta)? (0)"
1680 UT$=INKEY$: IF UT$="" GOTO 1680
1690 IF UT$="F" GOTO 1810
1700 IF UT$="P" GOTO 1960
1710 IF UT$="S" GOTO 2160
1720 IF UT$="M" GOTO 650
1730 IF UT$="D" GOTO 1760
1740 IF UT$="0" GOTO 2360
1750 GOTO 1610
1760 '----- Plottning av DIFF -----
1770 GOSUB 3670 '                               plottning av summa avvikelser
1780 GOSUB 3600                               INFORMATIONSTEXT
1790 ANY$=INKEY$: IF ANY$="" GOTO 1790
1800 GOTO 1610
1810 '----- Utskrift på fil -----
1820 FOR I=1 TO L
1830   BNIVIS(I)=STR$(CINT(BNIV(I)))
1840   DATARADC$(I)=LEFT$(DATARADBS$(I),11)+BNIVIS(I)
1850   LOCATE 15,10: PRINT "Jag räknar om ! Jag är på nr " I
1860 NEXT I
1870 OPEN "B:"+BS+".NY" FOR OUTPUT AS #1 'öppna ny fil och skriv ut på den
1880   I=1
1890   PRINT #1,DATARADC$(I)
1900   IF I=L GOTO 1930
1910   I=I+1
1920 GOTO 1890
1930 CLOSE #1
1940 CLS: LOCATE 20,10: PRINT "Resultatet sparad på filen B:"BS".NY"
1950 GOTO 1600
1960 '----- Utskrift på printern -----
1970 S1=S2=0: LOCATE 12,10: PRINT "Vilka data ska tryckas ut ?"
1980 LOCATE 13,12: PRINT "Datanr mellan 1 och "L"
1990 LOCATE 15,12: INPUT "Första datanr "; S1
2000 IF S1>L THEN GOTO 1990
2010 LOCATE 16,12: INPUT "Sista datanr "; S2
2020 IF S2>L THEN GOTO 2010
2030 LPRINT "                               "DATES
2040 LPRINT "RESULTAT AV MDM-BERÄKNING MED FILEN "AS" SOM BAS OCH "BS" ÄNDRAD"
2050 LPRINT
2060 LPRINT "RADNR      DATUM      GAMMAL NIVÅ      NY NIVÅ      DIFFERENS"
2070 LPRINT
2080 FOR I=S1 TO S2
2090   DIFF=BNIV(I)-BNIV00(I)
2100   LPRINT I,ADATUM(I),BNIV00(I),
2110   LPRINT USING "#####.#" ;BNIV(I),
2120   LPRINT " " ,
2130   LPRINT USING "#####.#" ;DIFF
2140 NEXT I
2150 GOTO 1610
2160 '----- Utskrift på skärmen -----
2170 S1=0: LOCATE 12,10: PRINT "Vilka data ska tryckas ut ?"
2180 LOCATE 13,12: PRINT "Datanr mellan 1 och "L"      16 datarader
2190 LOCATE 15,12: INPUT "Första datanr "; S1
2200 IF S1>L GOTO 2190
2210 CLS
2220 PRINT "RESULTAT AV MDM-BERÄKNING MED FILEN "AS" SOM BAS OCH "BS" ÄNDRAD"
2230 PRINT
2240 PRINT "RADNR      DATUM      GAMMAL NIVÅ      NY NIVÅ      DIFFERENS"
2250 PRINT

```

```

2260 FOR I=SI TO SI+15
2270 DIFF=BNIV(I)-BNIV00(I)
2280 PRINT I,ADATUM(I),BNIV00(I),
2290 PRINT USING "####.#" ;BNIV(I),
2300 PRINT " ",
2310 PRINT USING "####.#" ;DIFF
2320 NEXT I
2330 ANY$=INKEY$: IF ANY$="" THEN 2330
2340 CLS
2350 GOTO 1580                                'åter till avslutningsmenyn
2360 END'++++++
2370 '----- subrutin: CURSOR 9 X 5 -----
2380 LOCATE 1,1: PRINT SPACE$(79) '          radera hela rad 1
2390 LINE (0,0)-(8,4),I,B
2400 GET (0,0)-(8,4),C%
2410 RETURN
2420 '----- subrutin: CURSOR 9 X 8 -----
2430 LOCATE 1,1: PRINT SPACE$(79) '          radera hela rad 1
2440 LINE (0,0)-(8,8),I,B
2450 GET (0,0)-(8,8),C%
2460 RETURN
2470 '----- subrutin: CURSOR åt höger -----
2480 I = I + 1
2490 LOCATE 2,70: PRINT I
2500 LOCATE 4,70: PRINT USING "###.##"; Z(I)
2510 IF I = L GOTO 2540
2520 PUT (XL(I-1),YL(I-1)),C%,XOR
2530 PUT (XL(I),YL(I)),C%,XOR
2540 RETURN
2550 '----- subrutin: CURSOR åt vänster -----
2560 I = I - 1
2570 LOCATE 2,70: PRINT I
2580 LOCATE 4,70: PRINT USING "###.##"; Z(I)
2590 IF I = 0 GOTO 2620
2600 PUT (XL(I+1),YL(I+1)),C%,XOR
2610 PUT (XL(I),YL(I)),C%,XOR
2620 RETURN
2630 '----- subrutin: HOPPA till sista positionen
2640 PUT (XL(I),YL(I)),C%,XOR
2650 I = L
2660 RETURN
2670 '----- subrutin: HOPPA 50 steg åt höger -----
2680 PUT (XL(I),YL(I)),C%,XOR
2690 IF I+50 > L GOTO 2750
2700 I=I+50
2710 LOCATE 2,70: PRINT I
2720 LOCATE 4,70: PRINT USING "###.##"; Z(I)
2730 PUT (XL(I),YL(I)),C%,XOR
2740 RETURN
2750 LOCATE 23,10:PRINT "Du hoppade för långt! Försök med annan knapp!"
2760 PUT (XL(I),YL(I)),C%,XOR
2770 LOCATE 23,1: PRINT SPACE$(79) '          radera hela rad 23
2780 RETURN
2790 '----- subrutin: HOPPA 50 steg åt vänster ---
2800 PUT (XL(I),YL(I)),C%,XOR
2810 IF I-50 < 0 GOTO 2870
2820 I=I-50
2830 LOCATE 2,70: PRINT I
2840 LOCATE 4,70: PRINT USING "###.##"; Z(I)
2850 PUT (XL(I),YL(I)),C%,XOR
2860 RETURN
2870 LOCATE 23,10:PRINT "Du hoppade för långt! Försök med annan knapp!"
2880 PUT (XL(I),YL(I)),C%,XOR
2890 LOCATE 23,1: PRINT SPACE$(79) '          radera hela rad 23
2900 RETURN
2910 '----- subrutin: Brytpunkt nr 1-----
2920 LOCATE 23,10:PRINT "Brytp1,nr: " I
2930 P1 = I
2940 RETURN
2950 '----- subrutin: Brytpunkt nr 2-----
2960 LOCATE 23,30:PRINT "Brytp2,nr: " I
2970 P2 = I
2980 RETURN
2990 '----- subrutin: Kommandon för plottning och beräkningar -----
3000 LOCATE 23,1: PRINT SPACE$(79) '          blanka hela rad 23

```

```

3010 LOCATE 23,10: INPUT "Ska vi göra ny plottning (J/N) "; S$
3020 IF S$="N" GOTO 1580
3030 P1=I: P2=L
3040 CLS
3050 LOCATE 12,20: PRINT "B E R Ä K N I N G   P Å G Å R ! "
3060 GOSUB 3160 '                beräkning av medelvärden för B
3070 GOSUB 3280 '                beräkning av ack.avvikelser
3080 GOSUB 3410 '                DOUBLE-MASS-plottning
3090 GOSUB 3600 '                hämta filinformation
3100 I = 1
3110 LOCATE 23,1: PRINT SPACES(79) '                blanka hela rad 23
3120 LOCATE 23,10: INPUT "Ska vi räkna en gång till(J/N) "; S$
3130 IF S$="J" GOTO 740
3140 IF S$="N" GOTO 1580
3150 RETURN
3160 '----- subrutin: Beräkning av periods medelvärden -----
3170 SUMA=0
3180 FOR I = P1 TO P2
3190   SUMA=SUMA+ANIV(I)
3200 NEXT I
3210 MEDA=SUMA/(P2-P1+1)
3220 SUMB=0 '                del av subrutinen, för enbart fil B
3230 FOR I = P1 TO P2
3240   SUMB=SUMB+BNIV(I)
3250 NEXT I
3260 MEDB=SUMB/(P2-P1+1)
3270 RETURN
3280 '----- subrutin: Beräkning av ackumulerade avvikelser -----
3290 '
3300 SUMAI=0: SUMBI=0
3310 FOR I = P1 TO P2
3320   DIFA=ANIV(I)/MEDA - I
3330   SUMAI=DIFA + SUMAI
3340   DIFB=BNIV(I)/MEDB - I
3350   SUMBI=DIFB + SUMBI
3360   SUMA(I)=SUMAI
3370   SUMB(I)=SUMBI
3380   Z(I)=SUMAI-SUMBI
3390 NEXT I
3400 RETURN
3410 '-----subrutin: DOUBLE-MASS-PLOTTNING -----
3420 CLS '                ----->  A = x-led      B = y-led
3430 XSTART = 50: YSTART = W*100
3440 GOSUB 4180 'subrutin för plot-grund
3450 LOCATE 5,7: PRINT "Z"
3460 LOCATE 7,2: PRINT " 10" 'skala på Y-axeln
3470 LOCATE 10,2: PRINT " 5"
3480 LOCATE 13,2: PRINT " 0"
3490 LOCATE 16,2: PRINT " -5"
3500 LOCATE 19,2: PRINT " -10"
3510 FOR I=1 TO L 'plottning
3520   XL(I)= 50 + Q*I
3530   YL(I)= W*(100 - Z(I)*5)
3540   LINE (XSTART,YSTART) - (XL(I),YL(I))
3550   XSTART=50 + Q*I
3560   YSTART=W*(100 - Z(I)*5)
3570 NEXT I
3580 ANY$=INKEY$: IF ANY$="" THEN 3580
3590 RETURN
3600 '----- subrutin: Informationstext -----
3610 LOCATE 2,5: PRINT "Fil A= " A$
3620 LOCATE 2,25: PRINT "Fil B= " B$
3630 LOCATE 2,45: PRINT "L= " L
3640 LOCATE 2,65: PRINT " I=" 'rullande I-värde
3650 LOCATE 4,65: PRINT " Z=" 'rullande Z-värde
3660 RETURN
3670 '-----subrutin: PLOTTNING av summa avvikelse -----
3680 CLS '                ----->  A = x-led      B = y-led
3690 XSTART = 50: YSTART = W*100
3700 GOSUB 4180 'plot-grund
3710 MIN=0!: MAX=0!: 'max-min-beräkning
3720 MAX=DIFF(1)
3730 FOR I=1 TO L
3740   DIFF(I)=BNIV00(I)-BNIV(I)
3750   IF MAX<=DIFF(I) THEN 3770

```

```

3760 DIFFMAX=DIFF(I)
3770 NEXT I
3780 'min-beräkning
3790 MIN=DIFF(I)
3800 FOR I=1 TO L
3810 IF MIN>=DIFF(I) GOTO 3830
3820 DIFFMIN=DIFF(I)
3830 NEXT I
3840 IF ABS(DIFFMAX) > ABS(DIFFMIN) THEN GOTO 3860 'best.av skalfaktor f Y-axeln
3850 DIF = ABS(DIFFMIN): GOTO 3870
3860 DIF = ABS(DIFFMAX)
3870 IF DIF < 50 GOTO 3970
3880 IF DIF < 100 GOTO 3960
3890 IF DIF < 200 GOTO 3950
3900 IF DIF < 400 GOTO 3940
3910 IF DIF < 800 GOTO 3930
3920 YSK = .0125: GOTO 3980
3930 YSK = .025 : GOTO 3980
3940 YSK = .05 : GOTO 3980
3950 YSK = .1 : GOTO 3980
3960 YSK = .2 : GOTO 3980
3970 YSK = .4
3980 YSK1=.2*FIX(100/YSK) 'skalindelning på Y-axeln
3990 YSK2=.2*FIX(50/YSK)
4000 YSK3=-YSK2
4010 YSK4=-YSK1
4020 LOCATE 5,6: PRINT "DIFF"
4030 LOCATE 7,2: PRINT USING "####.",YSK1
4040 LOCATE 10,2: PRINT USING "####.",YSK2
4050 LOCATE 13,2: PRINT " 0."
4060 LOCATE 16,2: PRINT USING "####.",YSK3
4070 LOCATE 19,1: PRINT USING "#####.",YSK4
4080 FOR I=1 TO L
4090 XL(I)= 50 + Q*I
4100 DIFF=(BNIV00(I)-BNIV(I))*50/YSK1
4110 YL(I)= W*(100 - DIFF)
4120 LINE (XSTART,YSTART) - (XL(I),YL(I))
4130 XSTART=50 + Q*I
4140 YSTART=W*(100 - DIFF)
4150 NEXT I
4160 LOCATE 23,8: PRINT "Neg.DIFF = avsänkning "
4170 RETURN
4180 -----subrutin: PLOT-GRUND -----
4190 IF L > 250 GOTO 4270
4200 IF L > 167 GOTO 4260
4210 IF L > 125 GOTO 4250
4220 IF L > 100 GOTO 4240
4230 Q = 5: GOTO 4280
4240 Q = 4: GOTO 4280
4250 Q = 3: GOTO 4280
4260 Q = 2: GOTO 4280
4270 Q = 1
4280 R=Q*L 'beräkning av X-axelns längd
4290 LINE (45,W*100) - (55+R,W*100) 'X-axeln
4300 LINE (50,W*44) - (50,W*156) 'vänstra Y-axeln
4310 LINE (45,W*50) - (50,W*50) 'skalstreck där
4320 LINE (45,W*75) - (50,W*75)
4330 LINE (45,W*125) - (50,W*125)
4340 LINE (45,W*150) - (50,W*150)
4350 LINE (50+R,W*44) - (50+R,W*156) 'högra Y-axeln
4360 LINE (50+R,W*50) - (55+R,W*50) 'skalstreck där
4370 LINE (50+R,W*75) - (55+R,W*75)
4380 LINE (50+R,W*125) - (55+R,W*125)
4390 LINE (50+R,W*150) - (55+R,W*150)
4400 FOR I=1 TO 12 'skalstreck på X-axeln
4410 LINE (I*50,W*98)-(I*50,W*102)
4420 IF I*50 > R GOTO 4440
4430 NEXT I
4440 RETURN

```





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, kunskaps-sammanställning 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 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 NÅSET - 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 LEDNINGSRUNNAR - 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-abonnet 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. Mätnoggrannhet 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): Byggande, 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 skadedrab-  
bat 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. Laboratiemätningar. 1986. 49 sidor.
- nr 82 Per Warnolf: Jorderosion i rörgravar för VA-ledningar. Laboratorieförsök och litteratur-  
studie. 1988. 105 sidor.
- nr 83 Bo Lind, Mats Nyborg: Sediment structures and the hydraulic conductivity in till. 1988.  
73 sidor.



VASASTADENS BOKBINDERI AB  
GÖTEBÖRG 1988