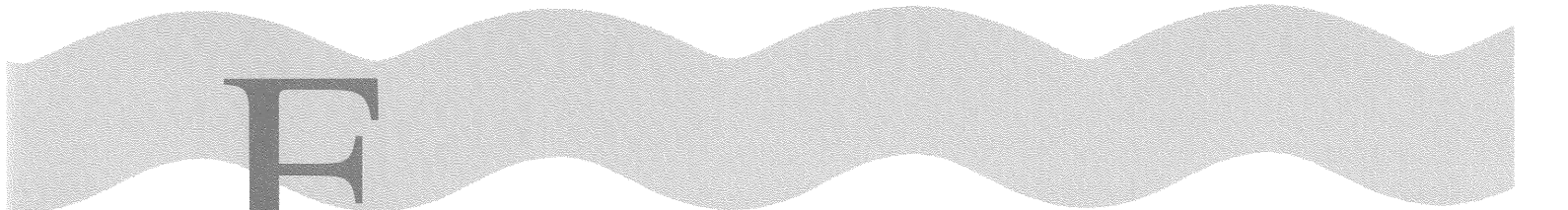




CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Institutionen för Vattenförsörjnings- och Avloppsteknik

A wide, horizontal wavy line in a light gray color, spanning the width of the page, positioned above the title.

E

XAMENSARBETE / Ledningsteknik

Kvalitetsstyrning av avloppsvatten,
exemplifierat på Kodammarnas pumpstation

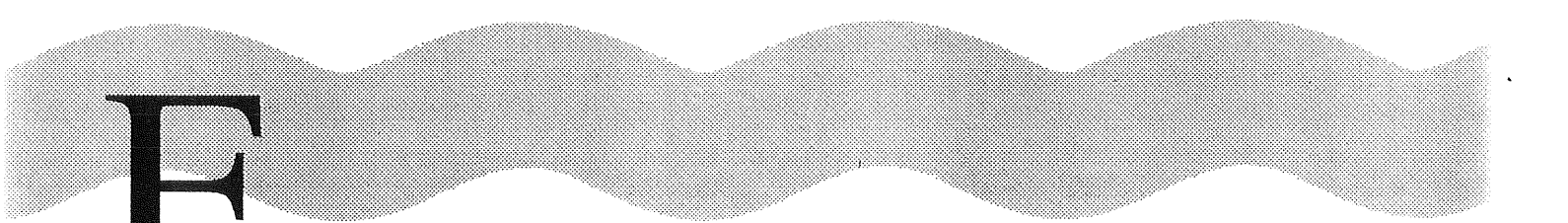
EVA FJÄLLSTRÖM OCH DICK KARLSSON

Examensarbete 1995:12



CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Institutionen för vattenförsörjnings- och avloppsteknik
412 96 GÖTEBORG
Tel 031 - 772 10 00

Nyckelord: **kvalitetsstyrning**
RTC
styrning
first-flush
föroreningstransport
avloppsvatten
MOCSOP
MOUSE

A decorative wavy line with a halftone pattern, spanning the width of the page.

EXAMENSARBETE /Ledningsteknik

Kvalitetsstyrning av avloppsvatten,
exemplifierat på Kodammarnas pumpstation

EVA FJÄLLSTRÖM OCH DICK KARLSSON

Examensarbete 1995:12

Sammanfattning

Syftet med rapporten är att utgående från resultat av datorsimuleringar ta fram en enkel realtidsstyrd beslutsmodell för kvalitetsstyrning av bräddflödet i Kodammarnas pumpstation. Datorprogrammen har kalibrerats och verifierats mot flödes- och kvalitetsmätningar som utförts i pumpstationen.

För att komma fram till ett konkret resultat behövs ett väldefinierat mål för styrningen. Kvalitetstyrning exemplifierat på Kodammarnas pumpstation delades upp i två alternativ. Det ena alternativet, då avloppsreningsverkets kapacitet efter utbyggnad är begränsat till 8 m³/s, gav att en utspädning av fosfor > 2,5 g/m³ skulle gå att pumpa till Ryaverket innan det börjar brädda där. Kvalitetstyrningsfunktionen på andrapumpen medförde att stora volymer avloppsvatten pumpades till Ryaverket

Andra alternativet gick ut på att minska på vattenvolymer till reningsverket. Då kan en kvalitetstyrningsfunktion som ger en högre koncentration av föroreningar vara att föredra. Ryaverkets kapacitet utnyttjas då inte fullt ut. Styrfunktionen fick då ett principiellt annat utseende.

En jämförelse mellan de båda styrfunktionerna ger att man med andrapumpen tar dubbelt så mycket fosfor till rening vid fullt utnyttjande av reningsverkets kapacitet. Priset blir att man pumpar fyra gånger så stor volym till reningsverket.

Styrning av avloppsvatten kan göras av flera anledningar. En anledning kan vara att man vill utjämna flödestoppar till reningsverk för att få en effektiv rening av avloppsvattnet. Förhindra bräddning av avloppsvatten till en känslig recipient är en annan anledning till styrning.

Styrningen kan ske bland annat genom magasinering av avloppsvatten eller styrning av bräddavlopp/pumpar. Hur styrningen utformas är till stor utsträckning beroende på hur förutsättningarna i lokalen ser ut och varför man vill styra flödet. Ekonomi är också en påverkande faktor till val av utformning.

Styrningen kan vara reaktiv eller prediktiv beroende på om systemet styrs direkt på information av aktuell händelse eller om informationen bearbetas med något modellverktyg så att besluten baseras på en prognostiserad händelse. En reaktiv styrning kan också vara prognostiserad men då hos operatören. Båda styrsystemen kan vara automatiska och användas on-line.

Föroreningar ackumuleras på gator och sedimenteras i ledningar vid torrväder vilket ger upphov till first-flush vid regn då gator och ledningar spolats rena. Kvalitetsstyrning av avloppsvatten innebär att styra flöden med hög föroreningskoncentration till avloppsreningsverk och därmed minska förorenings- och näringsämnesbelastningen på recipienten.

Styrningen är i denna studie exemplifierat på Kodammarnas pumpstation i Göteborg. Pumpstationen består av sex pumpar varav två kan kopplas så att deras flöde går till Ryaverket. Bräddpumpning sker till Gullbergsån.

Styrningen har valts att appliceras som kvalitetsstyrning av avloppsvatten på andrapumpen.

Arbetet har varit uppdelat i tre delar och resulterat i en enkel realtidsstyrd beslutsmodell för kvalitetsstyrning av bräddflödet i Kodammarnas pumpstation. De två första delarna bestod av uppbyggnad, kalibrering och verifiering av modellen i MOUSE respektive MOCSOP för Kodammarnas avrinningsområde. I tredje delen användes föroreningsberäkningarna från MOCSOP som underlag för att bygga upp en styrfunktion.

Utvärdering av styrfunktionen gjordes genom att styrfunktionen lades in i MOCSOP och flödet i en serie föroreningsberäknades med aktuell styrning.

Generellt kan man säga att kvalitetsstyrning i ett kombinerat avloppssystem är ett dynamiskt och komplext problem. Antalet påverkande parametrar på systemet är många och att använda pumptid och uppehållstid att styra efter medför en kraftig förenkling av verkligheten. För att kunna göra förenklingarna trovärdiga behövs långa mätserier av de olika föroreningsparametrarna etc.

För att få ett bättre statistiskt underlag för inflöden i någon föroreningsmodell kan en modell med MOUSE-NAM byggas upp. Som förberedelse till detta har en modell byggts upp i MOUSE-grund och -rör.

Vilken styrfunktion som väljs är beroende av varför man vill styra och hur begränsningarna i systemet ser ut. Allmänt kan sägas att priset för att ta mycket av föroreningarna till rening är stora volymer till rening.

Abstract

The objective of this study is to produce a real-time-controlled (RTC) function for quality control of a wastewater pumpstation in Gothenburg. This will be enabled with the use of results from computer simulations.

The simulation programmes that have been used in the study are MOUSE and MOCSOP. MOUSE is developed by the Danish Hydraulic Institute and is used for simulation of surface runoff and flows in urban catchments and sewer systems. MOCSOP is a simple tool to calculate overflow pollution in combined sewers.

Pollutants accumulate on surfaces and settle in sewers during dry weather. In the beginning of a rain event the pollutants will be flushed off and this first-flush contains high concentrations of pollutants.

Quality control of wastewater means that flows containing high concentrations of pollutants will be controlled and transported to a wastewater treatment plant and wastewater containing acceptable low concentrations of pollutants will be overflowed to a receiving.

Förord

Detta examensarbete har utförts vid Institutionen för vattenförsörjnings- och avloppsteknik vid Chalmers Tekniska Högskola i samarbete med VA-verket Göteborg.

Inledningen på studien gjordes på VA-verkets kontor på Norra Hamngatan där både muntlig och skriftlig information om avloppssystemet och avrinningsområdet för Kodammarnas pumpstation inhämtades. Det fortsatta arbetet utfördes på Institutionen för vattenförsörjnings- och avloppsteknik på Chalmers Tekniska Högskola.

Vi är mycket tacksamma mot alla som har hjälpt oss att genomföra examensarbetet. Alla har bemött oss trevligt, ställt upp med information och visat stort intresse för vårt arbete.

Främst vill vi tacka Gilbert Svensson, lektor på Institutionen för vattenförsörjnings- och avloppsteknik vid Chalmers Tekniska Högskola, och Johan Jansson, civilingenjör på projekteringsavdelningen vid VA-verket i Göteborg, våra handledare som alltid tagit sig tid att hjälpa oss och få oss att se problemen i ett helhetsperspektiv. Vi vill även tacka Bernt Persson, avdelningschef för projekteringsavdelningen på VA-verket i Göteborg, som visat stort intresse för arbetet. Slutligen vill vi också tacka övrig personal på VA-verket och Institutionen för vattenförsörjnings- och avloppsteknik vid Chalmers Tekniska Högskola för att de alltid hjälpt till när vi haft frågor.

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	i
ABSTRACT	iii
FÖRORD	iv
1. BAKGRUND OCH SYFTE	1
1.1 Problemställning	1
1.2 Kretsloppsanpassning	1
1.3 Problem i dagens avloppssystem med hänsyn till kretsloppsanpassning	3
1.4 Syfte med arbetet	4
1.5 Metod för att genomföra arbetet	4
1.5.1 Metod	4
1.5.2 Omgivning	5
1.5.3 Restriktioner	5
1.6 Förväntat resultat	5
2 LITTERATURSTUDIE OCH LIKNANDE ARBETEN	7
2.1 Allmänt om styrsystem	7
2.1.1 Liknande arbeten	8
2.2 VA-verket Göteborg tidigare arbeten	8
3. BESKRIVNING AV KODAMMARNAS PUMPSTATION OCH AVRINNINGSOMRÅDE	11
4 MODELLERING AV FLÖDEN MED MOUSE	13
4.1 Beskrivning av MOUSE-systemet	13
4.1.1 Indata	15
4.1.2 Utdata	16
4.2 Utformning av modellen i MOUSE	17
4.2.1 Förutsättningar	17
4.2.2 Arbetsgång	17
4.2.3 Basflödet	20
4.3 Kalibrering av modellen	23
4.3.1 Förutsättningar	23
4.3.2 Arbetsmetod	23
4.3.3 Basflöde	24
4.4 Verifiering av modellen	25

5 MODELLERING AV FÖRORENINGSFLÖDEN MED MOCSOP	27
5.1 Beskrivning av MOCSOP-systemet	27
5.1.1 Indata	28
5.1.2 Utdata	29
5.2 Utformning av modellen i MOCSOP	30
5.2.1 Förutsättningar	30
5.2.2 Indata	30
5.3 Kalibrering och verifiering av MOCSOP	33
5.3.1 Allmänt	33
5.3.2 Kalibrering mot total bräddad massa	34
5.3.3 Kalibrering mot föroreningsgraf	35
5.3.4 Verifiering	36
 6 KVALITETSSTYRNING OCH BESLUTSMODELLER	 37
6.1 Bakgrund	37
6.2 Beslutsmodellens styrande parametrar	38
6.3 Aktuell plan för kvalitetsstyrning av Kodammarnas pumpstation	39
6.4 Kvalitetsstyrning med hjälp av bräddade föroreningshalter	40
6.5 Kvalitetsstyrning med uppehållstid	41
6.5.1 Framtagning av styrfunktion	41
6.5.2 Utvärdering	47
6.6 Val av styrfunktion	51
6.6.1 Obegränsad mottagarkapacitet i reningsverket	51
6.6.2 Begränsad mottagarkapacitet i reningsverket	52
 7 RESULTAT OCH DISKUSSION	 55
 8 VIDARE ARBETEN	 57
 9 SLUTSATSER	 59
 REFERENSER	 61
Litteraturreferenser	61
Övrig litteratur	62
Personreferenser	62
 BILAGOR	 63

1. Bakgrund och syfte

1.1 Problemställning

Studiens syfte är att på ett tekniskt och ekonomiskt effektivt sätt kvalitetsstyra ett kombinerat avloppssystem d v s förhindra föroreningstoppar vid regn att brädda till vattendrag.

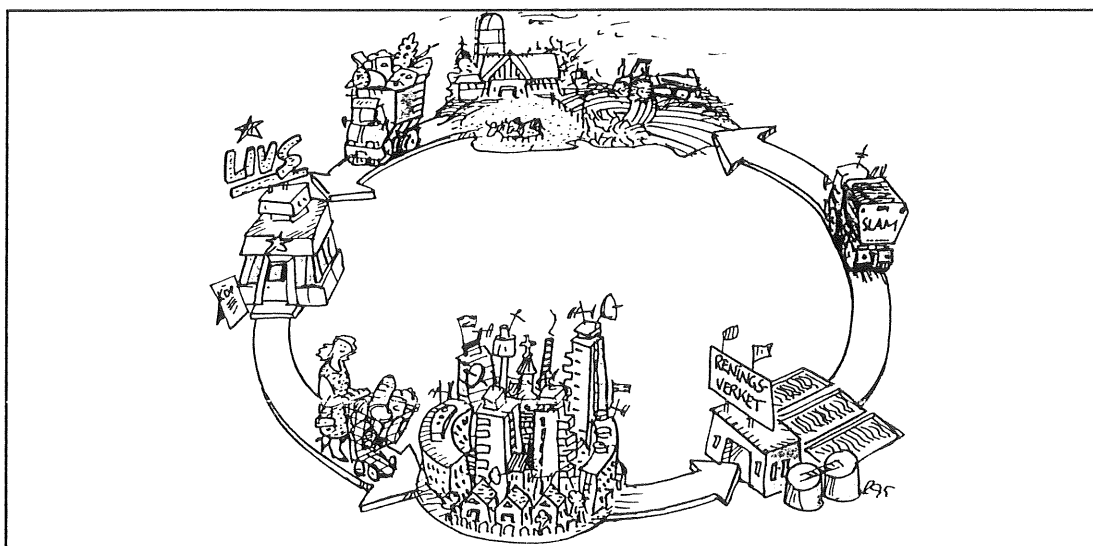
Föroreningar ackumuleras på hårdgjorda ytor och i avloppsledningar under regnfria perioder. När det sedan börjar regna uppstår en så kallad first flush effekt vilket innebär att föroreningskoncentrationen i det utspädda avloppsvattnet blir hög i början av regnet. Detta beror på att ackumulerade föroreningar följer med det häftiga flödet som uppstår vid regn.

Kvalitetsstyrningen exemplifieras på Kodammarnas pumpstation i Göteborgs kommun. Utgående från tidigare gjorda kvalitets- och flödesmätningar på det inkommande avloppsvattnet i pumpstationen ska en funktion som på något sätt styr det vidaregående flödet till reningsverket upprättas.

1.2 Kretsloppsanpassning

Miljöfrågor sattes i centrum för världens uppmärksamhet vid FN-konferensen om miljö och utveckling (UNECED) i Rio de Janeiro i juni 1992. Konferensen lade fast målet om en hållbar utveckling. För att uppnå detta krävs en mer cyklisk materialhantering anser konferensdeltagarna.

Miljöarbete pågår idag världen över för att minska miljöbelastningen på vår jord. Recirkulering av näringsämnen från avloppsvatten tillbaka till åkerjord är en del av detta miljöarbete.



Figur 1.1: Cirkulär resurshantering. Samhällets kretslopp måste vara en del av naturens kretslopp. Uttagen från icke förnyelsebara lager måste vara så små som möjligt. Avfall som inte kan ingå i naturens kretslopp måste minimeras.

De näringsämnen som finns i slam från de kommunala avloppsverken bör nyttiggöras i så hög grad som möjligt. Förutom de nyttiga beståndsdelarna, främst fosfor, kväve och organiskt material, innehåller avloppsvatten/slam också tungmetaller från olika källor i samhället. Användning av slam på åkermark skall naturligtvis inte ske om risk finns att metaller i skadlig omfattning tillförs och upplagras i marken.

Avloppsvattnets innehåll av metaller och miljöfarliga organiska ämnen är ett problem som de närmast berörda myndigheterna; Statens naturvårdsverk och Kemikalieinspektionen, för närvarande håller på att utforma ett handlingsprogram för. Detta skall leda till en begränsad användning av bl a bly, kvicksilver och kadmium. Regeringens proposition 1992/93:180 om riktlinjer för en kretsloppsanpassad samhällsutveckling [1].

I Naturvårdsverkets rapport nr 4418, 1994 , Användning av avloppsslam i jordbruket [2], presenteras en slamöverenskommelse mellan Svenska vatten och avloppsverksföreningen (VAV), Lantbrukarnas Riksförbund (LRF) och Naturvårdsverket. Rapporten tar upp åtgärder och frivilliga försiktighetsmått och vänder sig till kommuner, tillsynsmyndigheter, jordbrukare och andra som är intresserade av slamfrågor.

Kvalitetsstyrning av avloppssystem kan ses som en förberedelse till recirkulering av slam från kommunala avloppsreningsverk. Att kvalitetstyra bräddning till vattendrag och älvar skulle innebära en minskad förorenings- och näringsbelastning på vattendrag som tar emot bräddvatten.



Figur 1.2: Användning av slam från kommunala avloppsreningsverk som gödsel- och jordförbättringsmedel inom jordbruket.

1.3 Problem i dagens avloppssystem med hänsyn till kretsloppsanpassning

Avloppssystemets utformning karaktäriseras idag av linjära flöden och har som främsta syfte kvittblivning av avfall till skillnad från kretsloppsanpassade system där materialflödet är slutet.

I jordbruket används gödningsmedel som tagits fram med fossil energi och ur ändliga mineralresurser. Födan som produceras omvandlas i människokroppen till urin och fekalier som via vattentoaletten och avloppssystemet går till reningsverk för att sedan hamna i recipienter och på avfallsupplag. Endast en liten del av växtnäringen återförs till jordbruket. Avfallsforskningsrådet: Det kretsloppsanpassade avloppssystemet [3].

Dagens kombinerade avloppssystem tar inte enbart emot spillvatten från hushåll. Systemet tar även emot spillvatten från industrier och dagvatten från gator som innehåller metaller och toxiska ämnen vilket kan göra återföring av näringsämnen i avloppsslammet till jordbruket svårt.

Bräddning förekommer i kombinerade system där spillvatten och dagvatten är anslutna i samma ledningssystem och stora flödesvariationer uppstår. Att dimensionera avloppssystem och reningsverk för maxflöden blir ekonomiskt oförsvarbart och bräddning eller magasinering har tidigare varit alternativen. Bräddning innebär att orenat avloppsvatten leds direkt till recipienten.

Nedan följer en kort faktasammanställning om tre ämnen som återfinns i avloppsvatten och hur de påverkar recipienten [4; 5]. Det är också dessa tre ämnen som undersöks i rapporten.

Fosfor

Fosfor är en ändlig naturresurs som kommer att vara slut om 150 år om vi fortsätter att bryta fosfor i samma takt som idag [6]. Fosfor tillsätts i handelsgödsel för att näringsberika åkerjorden. Industrieländer använder merparten av all handelsgödsel. Fosfor bryts i gruvor främst i Afrika.

Via avloppsvatten sprids fosfor till haven och avsätts i sedimenten. Tillsammans med kväve bidrar fosfor till eutrofiering av recipienter. I obehandlat avloppsvatten finns ungefär 70% av totalfosfor i oorganisk form och 30% i organisk form [7]. För att hindra spridning av fosfor renas avloppsvattnet genom tillsats av järn-eller aluminiumsulfat i reningsverken.

Det primära målet med reningen är att minska spridning av fosfor i recipienter och långsiktigt att återföra slammet till jordbruket.

Organisk substans

Organisk substans mäts som BOD, Biological Oxygen Demand, syreförbrukningen vid biologisk nedbrytning. Bräddning av organiska ämnen i vattendrag kan orsaka syrebrist och därmed fiskdöd då stora mängder syre åtgår för nedbrytningsprocesserna. Recirkulering av organiska ämnen återför bla kol och kväve, som används som byggstenar i växterna, till jorden.

Bly

Bly tillhör de metaller där förekomstformen starkast påverkas av pH-förändringar. Vid högt pH binds det till karbonater och hydroxider, vilket minskar giftverkan eftersom det då är mindre tillgängligt än fria blyjoner.

Bindningsbenägenheten till humus är också stor under normala pH-förhållanden, vilket minskar den biologiska tillgängligheten ytterligare för humusrika vatten.

Skadeeffekter som uppkommer på fisk vid höga halter av bly är ryggradskrökning, hämmad blodbildning och skador på det centrala nervsystemet.

1.4 Syfte med arbetet

Syftet med rapporten är att utgående från resultat av datorsimuleringar ta fram en enkel realtidsstyrd beslutsmodell för kvalitetsstyrning av bräddflödet i Kodammarnas pumpstation. Datorprogrammen har kalibrerats och verifierats mot flödes- och kvalitetsmätningar som utförts i pumpstationen.

1.5 Metod för att genomföra arbetet

1.5.1 Metod

- Uppbyggnad av en MOUSE-modell över Kodammarnas avrinningsområde för att göra en noggrann simulering av inkommande flöden. MOUSE manual och dokumentation [8].
- Kalibrering och verifiering av MOUSE-modellen.
- Kalibrering och verifiering av MOCSOP, som är ett program för beräkning av bräddföroreningar i kombinerade system. Detta för att få fram föroreningsmängder till Kodammarnas pumpstation där kvalitetsstyrning är aktuellt.

Simulering med MOCSOP bygger på inläsning av flöden från en extern textfil eller att skriva in flöden manuellt. Det är möjligt att läsa in textfilen från MOUSE-resultat eller från mätvärdesdata som gjorts i mätpunkten. MOCSOP, VA-verket [9].

- Framtagning av beslutsmodell/styrmodell med Kodammarnas pumpstation som exempel.

1.5.2 Omgivning

Arbetet utfördes i samarbete med VA-verket Göteborg och exemplifierades på en pumpstation inom Göteborgs kommun.

Inledningen på studien bestod av uppbyggnad av MOUSE-modellen. Den gjordes på VA-verkets kontor på Norra Hamngatan där både muntlig och skriftlig information om avloppssystemet inhämtades.

Det fortsatta arbetet utfördes på Institutionen för vattenförsörjnings- och avloppsteknik på Chalmers Tekniska Högskola.

Kontakten med VA-verket fortsatte genom samtal och möten under hela arbetet.

1.5.3 Restriktioner

För att nå fram till ett tillförlitligt resultat behövs ett väl uppbyggt statistiskt underlag. Det statistiska underlag som användes för denna rapport baseras på flödes- och kvalitetsmätningar som va-verket gjort under ett begränsat antal perioder.

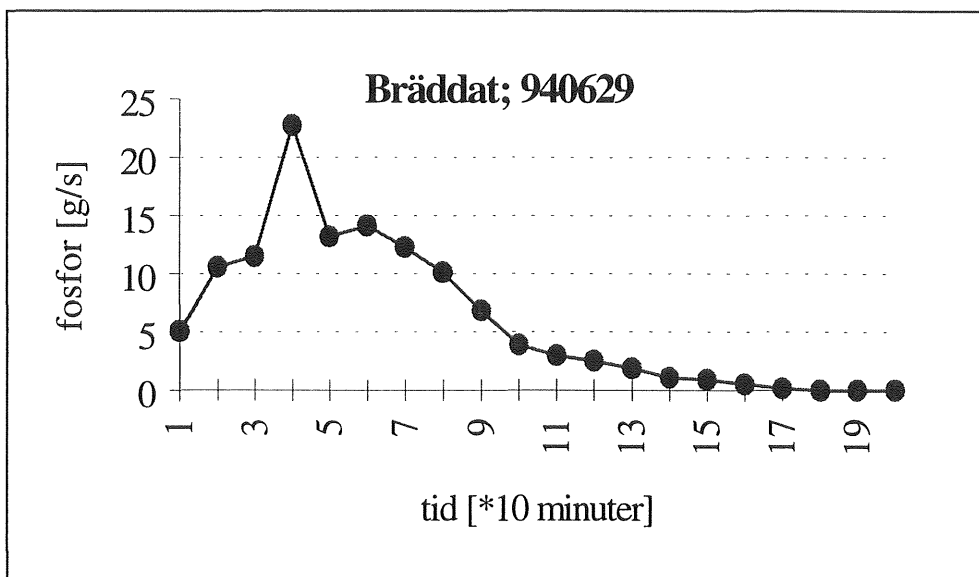
De kvalitetsmätningar som fanns tillgängliga bestod av ett begränsat antal parametrar där främst fosfor, bly och organisk substans mätt som BOD fanns utvärderat i nästan samtliga mätningar.

Föroreningsberäkning i MOCOSOP görs med hydrografer som indata. Meningen var att använda MOUSE för generering av långa indataserier till MOCOSOP men för att begränsa examensarbetets omfattning avslutades arbetet med MOUSE när MOUSE-rör och -grund var färdigställt. Istället användes kontinuerliga flödesmätningar som gjorts under 1995 som indata i MOCOSOP. Detta var den enda långa kontinuerliga period som fanns. Perioden innehåller ovanligt mycket regn. För att utjämna variationer skulle en betydligt längre period behövas.

För att simulera långa perioder behöver MOUSE-NAM användas. Att göra detta ges som ett förslag till vidare arbeten.

1.6 Förväntat resultat

- En väl fungerande MOUSE modell där en längre simulering med regn, över t ex ett år, från nederbördsräknare inom Kodammarnas avrinningsområde ger flöden som indatavärden till MOCOSOP.
- Föroreningssimulering med MOCOSOP med inflödeshydrograf från MOUSE som resulterar i dels mängder av föroreningar dels föroreningsgrafer för tidsbestämning av "first flush", se figur 1.3.
- Beslutsmodell/styrmodell för kvalitetstyrning exemplifierat på Kodammarnas pumpstation



Figur 1.3: Ett exempel på first flush.

2 Litteraturstudie och liknande arbeten

2.1 Allmänt om styrsystem

Ett nyckelord när man pratar om styrning av avloppssystem är "real time control", RTC, på svenska benämnt realtidsstyrning. För ett avloppssystem definierar Sven Lyngfelt i rapporten "Styrning av flöden i avloppssystem" [10] realtidsstyrning på följande sätt:

Ett avloppssystem är realtidsstyrt om information om flödes/magasineringsförhållandena (avrinningsprocessen) i systemet kontinuerligt mäts och denna information kontinuerligt används för att styra flöden med målet att erhålla en bättre systemfunktion under den pågående avrinningsprocessen.

Om ett system styrs direkt på information om det aktuella flödes/magasineringsläget är styrningen *reaktiv*. Om informationen bearbetas med något modellverktyg t ex en hydraulisk modell så att styrbesluten baseras på en prognostiserad händelseutveckling är styrningen *prediktiv*. En reaktiv styrning har givetvis också inslag av prognostisering fast på en annan nivå; hos operatören eller direkt inbakad i beslutsmatrisen.

Beroende på hur mycket information om avrinningsprocessen som används för styrbesluten talar man om lokal, regional och global styrning. Man kan tänka sig system med många ställdon men alla lokalt styrda. Med informationen som bas kan ett handlingsmönster, en styrstrategi, byggas upp erfarenhetsmässigt. För större system och högre ambitionsnivå är det nödvändigt att skapa stora delar av denna erfarenhet med hjälp av avrinningssimuleringar på datorer. Erfarenheten omformas till så kallade styrmatriser som för varje aktuell situation ger ett eller flera åtgärdsalternativ.

Vanligtvis är det i kombinerade system, där flödesvariationerna är stora, som styrning blir aktuellt. Orsakerna till varför man vill styra kan vara utjämning av flöden och minimering av systemets driftskostnader. Viktigast är emellertid den aktiva styrningens möjligheter att påverka föroreningstransporten.

Bräddavlopp är i Sverige oftast inställda så att stora volymer bräddas i situationer då systemen har bra tillgång på magasinvolym. En styrning kan reducera både antalet bräddtillfällen och bräddvolymer. Dessutom erhålls ett jämnare flöde in till reningsverket vilket underlättar driften och sannolikt förbättrar den totala reningseffekten. I dagvattensystem som mynnar i känsliga recipienter kan styrning motverka chockbelastningar.

Styrning innebär också ett risktagande, styrsystemet kanske agerar olämpligt för en viss händelseutveckling, givare kan visa felaktiga värden, systemkomponenter kan gå sönder etc. Det är därför nödvändigt att bygga upp systemen med stor omsorg om säkerheten.

Utvecklingen inom RTC leds för närvarande av tyska och franska forskare/va-tekniker och intresset på det internationella planet är stort. I Sverige finns idag några exempel där flödesstyrning tillämpats. Det kan noteras att svenska naturvårdsverket i sin forskningsplan anger flödesstyrning i avloppssystem som ett prioriterat område.

2.1.1 Liknande arbeten

I Nagoya, Japan, utvecklas ett system för styrning av pumpstationerna [11]. Staden har 34 pumpstationer och till dessa ska man koppla 28 nederbördsräknare och 12 vattennivåmätare. Dessa ska kunna läsas av från en central monitor och på ett tidigt stadium visa hur nivåer och flöden varierar i de olika mätpunkterna. Pumpstationer och bräddavlopp ska utgående från informationen styras med fjärrmanövrering. Som en förlängning av detta söker man ett pålitligt sätt att förutsäga vädret, vilket ytterligare kan ge en möjlighet till förbättrad styrning.

Över Ryaverkets avrinningsområde finns en MOUSE-modell on-line för att prognostisera inkommande flöden och därigenom kunna nå så hög verkningsgrad på verket som möjligt. Modellen har ännu inte tagits i drift.

I Stockholm färdigställdes bräddavloppsmagasinet "Ormen" 1993. Magasinet består av en bergbördad tunnel som sträcker sig från Roslagstull till Karlavägen under Stockholms centrala delar. Volymen är ca 35 000 m³ och dess uppgift är att vid intensiva regn och häftig snösmältning magasinera det avloppsvatten som ledningsnätet inte förmår att svälja. Tillflödet till magasinet sker via åtta nedsläpp som består av bräddavlopp och borrhål. Sex av bräddavloppen har rörliga skibord som med hjälp av en lokal dator styrs mot vattennivån i skibordskammaren. Övriga skibord är fasta men försedda med avstängningsluckor. Från ett kontrollrum finns det även möjlighet att manuellt styra alla bräddavlopp. Efter regnet när ledningarna återfått kapacitet pumpas vattnet upp i ledningsnätet och leds till avloppsreningsverket i Henriksdal. Utsläppen till recipienterna minskas på detta sätt till ungefär en tredjedel [12].

VA-verket i Malmö [13] har infört integrerad styrning av avloppsledningsnätet och avloppsreningsverket i Klagshamn. Styrningen infördes för att hantera flödesvariationer inom tillrinningsområdet vid regn så att reningsverket fungerar på bästa sätt och att bräddningar vid reningsverk och på ledningsnätet undviks. Styrningen görs på pumpstationer och pumparna varvtalsregleras mot förutbestämda nivåer i pumpgruppen och maxnivå i ledningar. Därmed utnyttjas ledningarnas magasinvolym på bästa sätt och flödet till reningsverket utjämnas så att biostegets maxflöde inte överstigs.

Intressant i sammanhanget är att VA-verket i Malmö använt sig av modellberäkningar i MouseNAM och MouseRÖR för att testa styrningen. Vidare har moduler för sannolikhetsprognoser av nederbörd så att flödet kan prognostiseras tre timmar i förväg införst. Metoder för kontinuerlig värdering on-line av prognosernas tillförlitlighet försöker också utvecklas.

2.2 VA-verket Göteborg tidigare arbeten

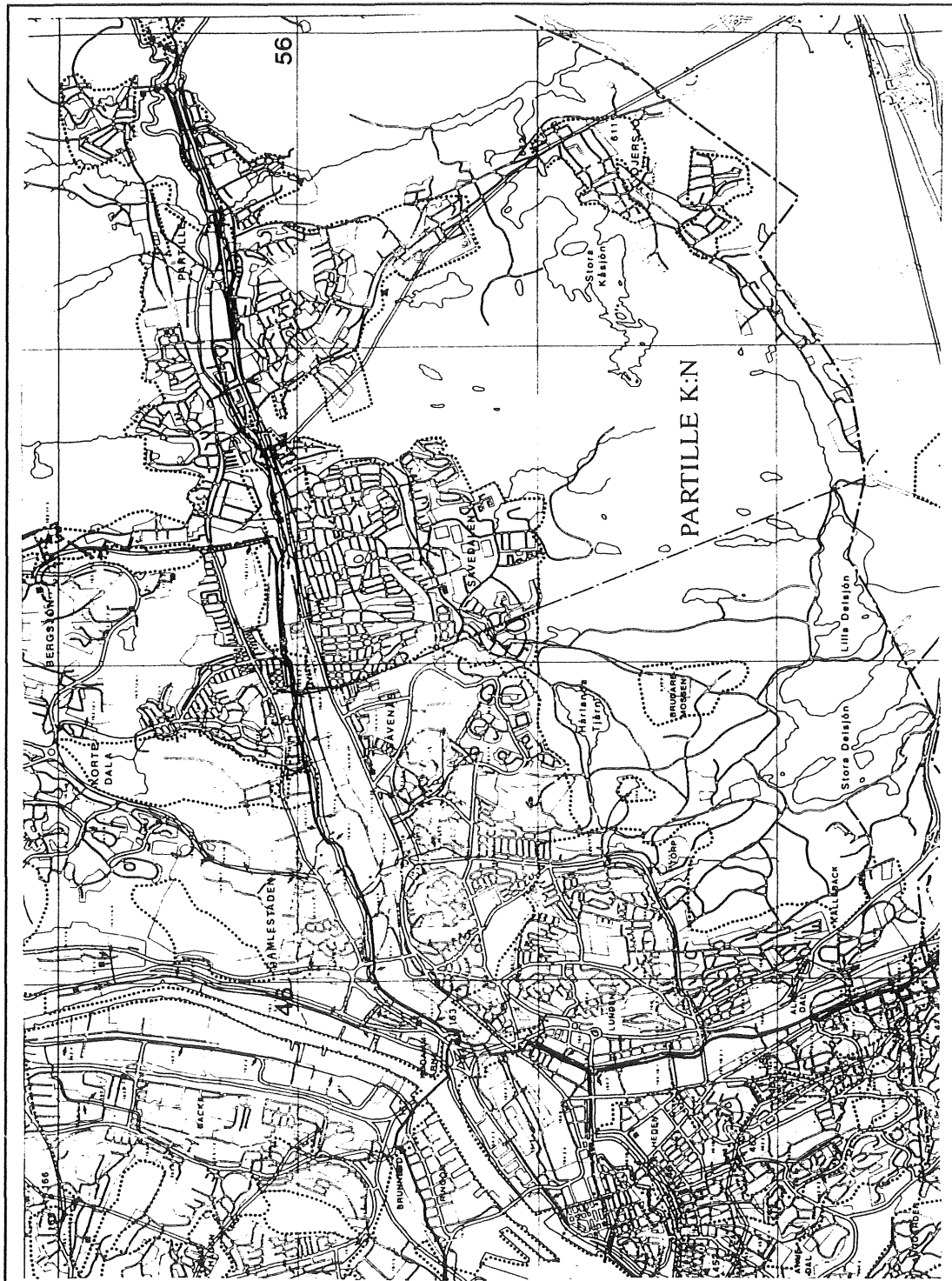
VA-verket producerade 1991 en rapport med titeln "Bräddavloppsvattnets kvalitet och volym" [14]. Syftet med rapporten var att klarlägga bräddavloppsvolymer och hur föroreningar varierar med tid, regnintensitet, flöde samt uppehållstid mellan regnen. Meningen var att kunna genomföra en beräkning av föroreningstransporter. För att effektivisera beräkningsarbetet skapades MOCSOP av Lars Göran Gustavsson vid VBB-VIAK på uppdrag av VA-verket.

Under 1993 och 1994 genomfördes mätningar vid Kodammarnas pumpstation för att klarlägga vilka parametrar som har betydelse för föroreningstransporten samt samband mellan dessa parametrar för att få ett konkret underlag till kvalitetsstyrningen [15].

I januari 1995 installerades en styrfunktion i Kodammarnas pumpstation, bilaga B. Den har inte tagits i drift på grund av pågående ombyggnad av Ryaverket. Styrfunktionen är baserad på erfarenhet och har ännu inte utvärderats varken teoretiskt eller praktiskt.

3. Beskrivning av Kodammarnas pumpstation och avrinningsområde

Kodammarnas avrinningsområde är ca 3156 ha varav 644 ha består av hårdgjord yta. Avloppssystemet består till 50% av kombinerat- eller overksamst duplikatsystem.



Figur 3.1: Kodammarnas avrinningsområde

Till pumpstationen kommer vattnet i två betongledningar. En från avrinningsområde 163, Sävån, med diameter 1600 mm och en från område 164, Mölndalsån, med diameter 1800 mm.

Anslutna personer sk nattbefolkning 1993 var 99 133 st. Antalet arbetande personer i området sk dagbefolkning var 57 939 personer. Det finns även ett antal industrier, storförbrukare, i området tex Alelyckans vattenreningsverk, SKF och Östra Sjukhuset.

Kodammarnas pumpstation står för en fjärdedel av allt avloppsvatten som kommer till Ryaverket, vilket utgör närmare 1/5 av antalet anslutna personekvivalenter.

Torrvädrets medelvärde till Kodammarna är ungefär 0,8 m³/s för hela året. När tillrinningen överstiger 2,1 m³/s bräddpumpas överskjutande del. Ungefär 7 % av den inkommande avloppsvattenvolymen bräddades under 1993 och 1994. Den bräddade volymen består till 10 % av spillvatten, inklusive läck och dränvatten och till 90 % av dagvatten [16]. Bräddningen sker via två ledningar som leder bräddvattnet ut i Gullbergsån belägen ca 100 m uppströms den punkt där Gullbergsån rinner samman med Sävån.

Pumpstationen byggdes 1967 och har under 1993-94 byggts om för ca 15 milj kr. Ombyggnaden berörde främst elförsörjningen både på låg- och högspänningssidan, styr-, hydraulik- och larmsystem. Ombyggnaden gjordes p g a ålder och brist på reservdelar samt för att få ökad driftssäkerhet.

Stationen har två funktioner. Den ena är att pumpa inkommande avloppsvatten i två tryckledningar under Göta älv till tunnelsystemet på Hisingen och den andra är att bräddpumpa till Gullbergsån. Från tunnelpåsläppet vid Ringömotet rinner vattnet till Ryaverket med självfall. Stationen har inget nödutlopp med självfall (pumpmagasinets botten ligger 8 m under Göta älvs medelnivå) och är alltså helt beroende av att pumparna fungerar för att undvika översvämning.

Stationen har fyra eldrivna pumpar och två diseldrivna pumpar med en ungefärlig kapacitet på vardera 2 m³/s. Pumparnas till- och frånslag styrs av nivåerna i pumpsumpen. Nuvarande pumpstyrning ger nästan fyrfaldig utspädning vid bräddstart till Gullbergsån.

4 Modellering av flöden med MOUSE

4.1 Beskrivning av MOUSE-systemet

MOUSE (Modelling Of Urban SEwers) ägs och vidareutvecklas av Dansk Hydraulisk Institut (DHI). Det introducerades i Sverige 1985 via ett samarbetsavtal med svenska vatten- och avloppsverksföreningen, VAV. Sedan 1989 är VBB VIAK ansvarig för installation och service i Sverige.

MOUSE är ett programsystem som används för att beräkna och analysera avrinningen i ett avloppssystem. MOUSE-grund+MOUSE-rör består av:

- Ett menysystem för inläsning och redigering av data. Det fungerar dels som en guide runt i systemet och dels som en hjälp för användaren att fylla i alla data på ett riktigt sätt.

Systemet är uppbyggt som en menyhierarki, se figur 4.1. Den högsta nivån består av systemmenyn där man kan välja menyspråk och parametrar för den aktuella datorutrustningen. På den andra nivån ligger huvudmenyn. Här väljer man bl a inläsning av data, simulering eller resultatpresentation. Den tredje nivån utgörs av huvudmenyerna för inläsning av de olika indata som krävs för en körning. Under dessa finns sedan ett olika antal undermenyer.

- En regndatabas där man kan beskriva egna regnhändelser och där historiska regnserier finns tillgängliga.

De historiska regnen som finns lagrade i MOUSE består dels av serier med relativt kraftiga regn som används till dimensionering av ledningar och dels av ettårsserier som bl a kan användas till dimensionering av bräddavlopp och utjämningsmagasin.

Egna regnhändelser kan beskrivas i databasen i form av tabellregn, formelregn, individuella regn och historiska regn.

- Ytavrinningen som kan beräknas med två alternativa beräkningsnivåer.

Enkel ytbeskrivning som används tillsammans med tid-area metoden. Här medräknas endast avrinningen från hårdgjorda ytor. Hydrauliken beräknas utgående från vald tid-area kurva och beräknad koncentrationstid.

En mer detaljerad beskrivning som används tillsammans med en kinematisk vågmodell. Modellen delas här upp i områden utgående från permeabilitet. Kinematisk vågteori används för att beakta den hydrauliska delen av modellen. Kunskapen om områdenas hydrologi är oftast för litet för att denna modell ska vara motiverad att använda.

- En ledningsnätsmodell för beräkning av flöden och vattennivåer i ledningar, brunnar och bräddavlopp. Denna modell består av tre beräkningsnivåer.

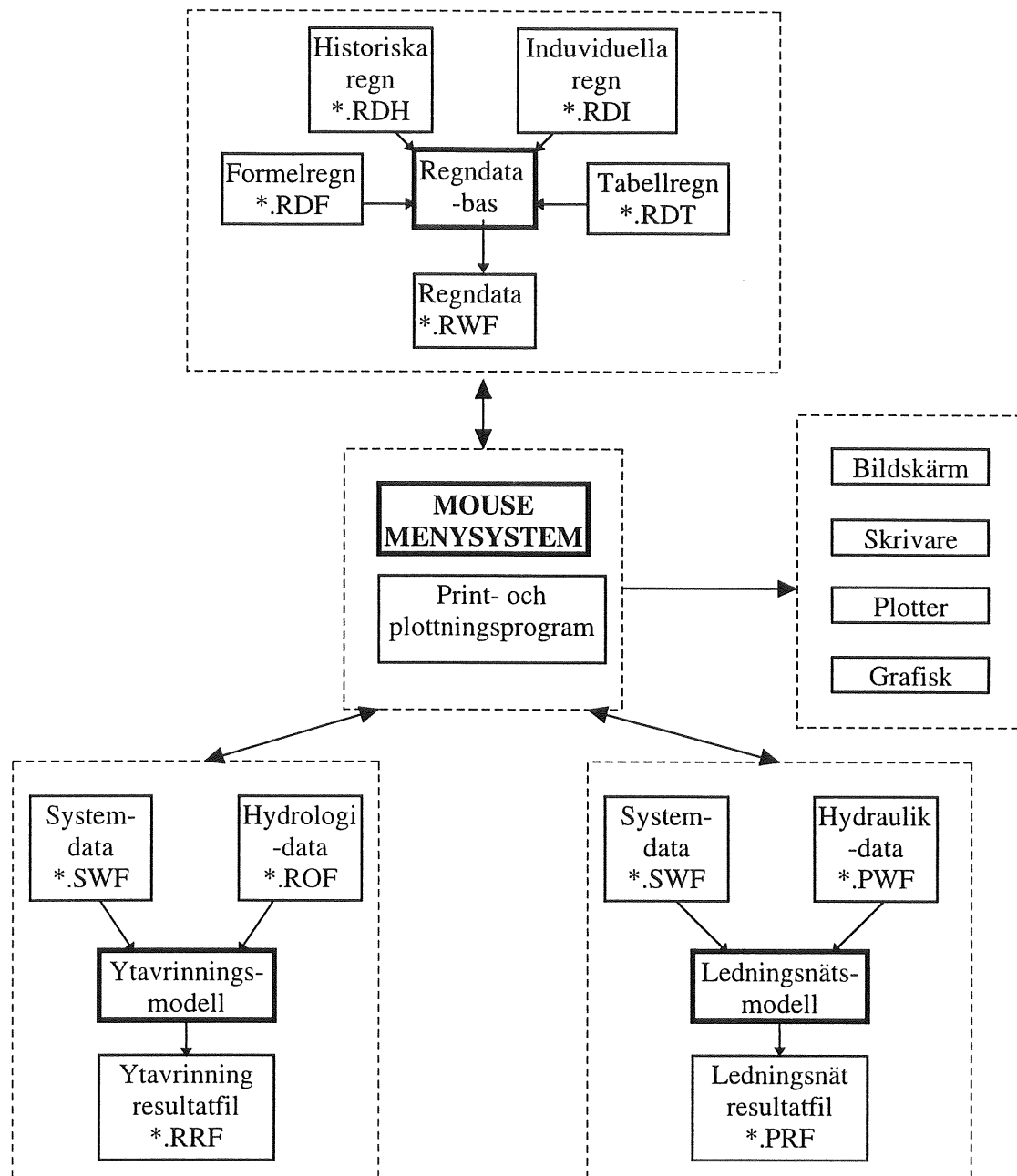
I den *kinematiska* vågmodellen tas hänsyn till friktionskrafter, tyngdkraften och fördröjning och magasinering i ledningarna. Detta innebär att det inte går att göra någon hydrauliskt korrekt beräkning av dämningförlopp. Beräkningar kan inte utföras med modeller som har ledningar med bakfall.

Den *diffusiva* vågmodellen tar förutom ovanstående hänsyn till tryckgradienten och det går i många fall att genomföra en tillräckligt noggrann beräkning av dämningssfenomenet.

Den *dynamisk* vågmodell gör en hydrauliskt korrekt flödesberäkning även vid dämning då den även räknar med tröghetskrafter.

Normalt används den dynamiska vågmodellen men för att få en kortare beräkningstid kan en lägre beräkningsnivå användas. Vid svårigheter att få numerisk stabilitet med den dynamiska modellen kan det också vara motiverat att välja en lägre beräkningsnivå.

- Ett system för presentation av in- och utdata på skärm, skrivare eller plotter. Man kan även läsa in resultat på en textfil för presentering och redigering i andra program.



Figur 4.1: MOUSE-systemets struktur

4.1.1 Indata

Indata ges till modellen via menysystemet och de olika typerna av indata sparas i olika filer med valfritt namn.

Systemet är upplagt så att det guidar användaren runt i de scheman med indata som måste fyllas i för att göra en körning möjlig.

Eventuella felaktigheter kommer upp som fel- (felaktigheter som omöjliggör en körning t ex en ledning mellan två brunnar saknas) och varningsmeddelande (mindre allvarliga fel

som ska göra användaren uppmärksam och som inte gör en körning omöjlig t ex bakfall hos en ledning) i samband med körningen av ledningsnätsmodellen.

Indata som ska beskrivas är:

- *Områdesdata* där man bl a beskriver koordinater, nivåer och geometri för brunnar, bräddavlopp, utlopp och ledningar. Man väljer dessutom beräkningsmetod för bräddavloppen och anger storleken på delområdenas ytor.
- *Regndata* där tider och intensiteter för det aktuella regnets beskrivs. Man kan också hämta lagrade regnhändelser för redigering.
- *Hydrologiska data* där koncentrationskoefficienter, hydrologisk reduktionsfaktor och hydrologiska förluster för delområdena ges. De kan beskrivas globalt för hela området eller för varje delområde. Man väljer också tid-area kurvor som ska användas. Tre typkurvor finns lagrade i MOUSE om man inte önskar definiera en egen.
- *Hydrauliska data* omfattar bl a regleringsfunktioner, beskrivning av hur vattennivån varierar i utloppen, Mannings tal (globalt och/eller för enskilda ledningar) och förlustkoefficienter i utlopp, brunnar och andra knutpunkter.
- *Tidsseriedata* kan användas om man har någon typ av randdata som varierar med tid eller förändrade hydrauliska villkor i ledningen. Några exempel på randdata som kan beskrivas är vattennivåer, flöden och nederbörd.

4.1.2 Utdata

Resultaten genereras från körningarna av ytavrinnings- respektive ledningsnätsmodellen. De kan presenteras i form av tabeller, diagram eller profiler med rörlig trycklinje.

Från ytavrinningsmodellen får man fram hydrografer för varje enskilt delområde. Dessa hydrografer används sedan tillsammans med områdesdata och hydraulikdata vid den fortsatta körningen för att ta fram ledningsnätsmodellen.

Ledningsnätsmodellen ger max och min nivåer i alla knutpunkter samt maximal vattenföring och vattenhastighet i alla ledningar.

Man kan själv välja vilka ledningar eller knutpunkter som ska presenteras i resultaten.

4.2 Utformning av modellen i MOUSE

4.2.1 Förutsättningar

Modellarbetet med Kodammarnas avrinningsområde påbörjades 1993 av VA-verkets personal. Initieringen till projektet bestod redan då av en önskad kvalitetsstyrning av pumpningen till Ryaverket. Det tidigare arbetet innebar att modelleringen av Sävåsystemet nästan var färdigställt. För att få en djupare förståelse lade vi dock ned mycket arbete på att sätta oss in i Sävåns avrinningsområde och för att förstå tankarna kring modellens uppbyggnad. Detta gjordes parallellt med arbetet att bygga upp modellen över Mölndalsåns avrinningsområde.

VA-verket tillhandahöll nödvändigt material såsom kartor över avloppsledningsnätet, systembeskrivningar (omfattar antal ansluten befolkning, ansluten hårdgjord yta etc) bräddavloppsbeskrivningar, regnmätningar mm.

4.2.2 Arbetsgång

Inledningsvis ritades varje delområdes avrinningsområde in på kartblad (skala 1:4000). Detta gjordes för att få en överblick om hur man bäst skulle kunna förenkla ledningssystemet och bestämma vilka bräddavlopp som skulle ingå i modellen.

De ledningar som ingår i modellen tillhör de kombinerade systemen och de overksamma och spillvattenverksamma duplikatsystemen. För brunnar och bräddavlopp med personer eller storförbrukare kopplat till sig lades torrvädersflödet, Q_t , in som ett basföde i punkten. Storleken på detta togs fram med formeln [17]:

$$Q_t = 1,4 * (2,31 * \text{nattbefolkningen} + 1,32 * \text{dagbefolkningen}) + Q_{\text{storförbrukare}}$$

Värden på natt- och dagbefolkning samt $Q_{\text{storförbrukare}}$ togs fram ur systembeskrivningen och med denna formel togs även hänsyn till normaldränflödet (inläckage) till ledningarna (faktorn 1,4).

Regnets inverkan togs med genom att lägga på aktuell hårdgjord yta uppströms respektive brunn och bräddavlopp.

Varje delområdes koncentrationstid, t_c , beräknades m h a Sven Lyngfelts formel [18]:

$$t_c = 0,079 \times \frac{L_{h80}^{0,71}}{i^{0,32} \times s_h^{0,35} \times A_{del}^{0,05}} \quad (1)$$

där

t_c =koncentrationstid [minuter]

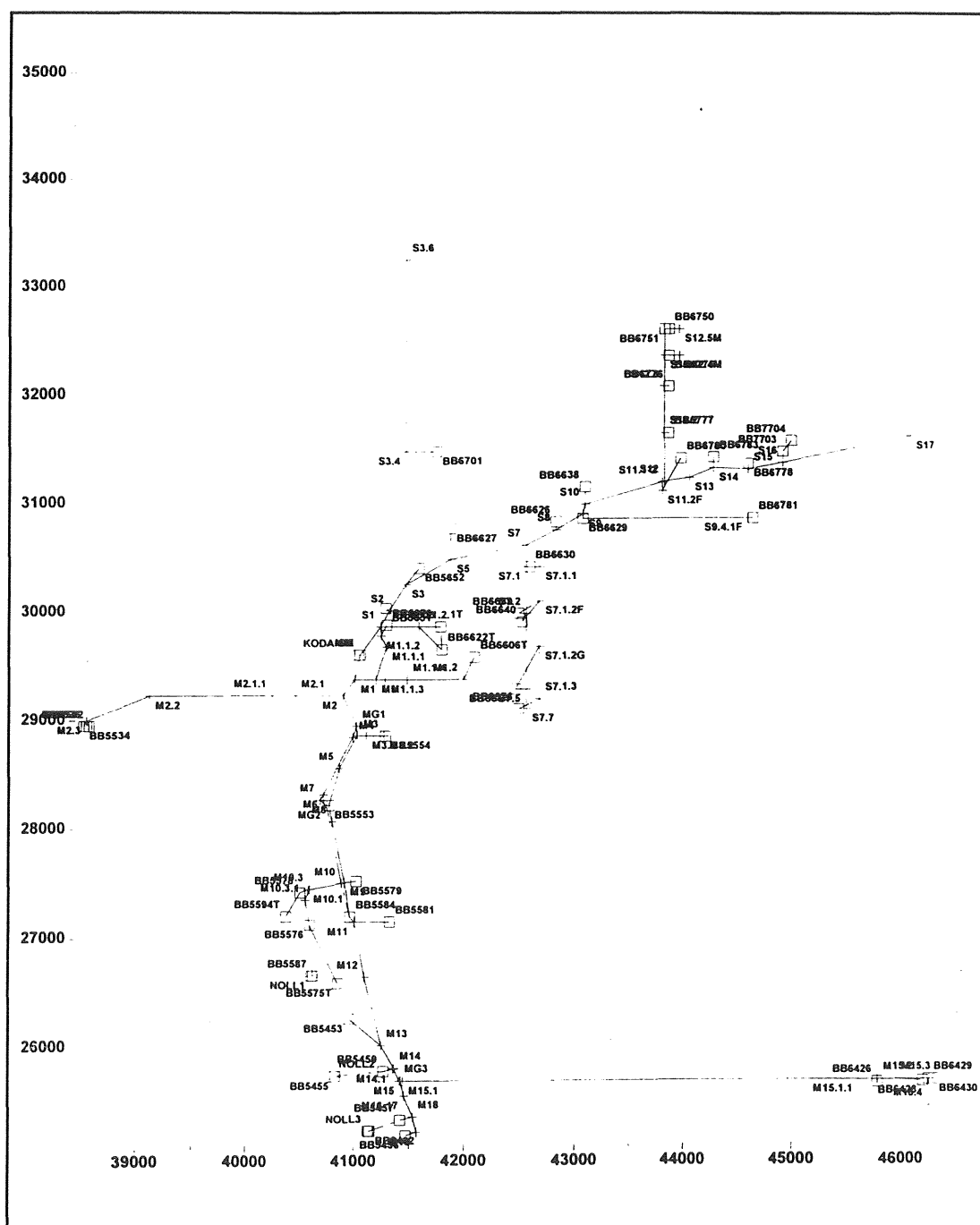
L_{h80} =huvudledningslängd+80 [m]

s_h =huvudledningens medellutning

i =regnintensitet [$l/s \cdot ha$]

A_{del} =reducerad area [ha]

Numreringen av delområdena skedde först enligt VA-verkets systembeskrivning (164.* för Mölndalsån och 163.* för Säveån) och efter förenklingar och sammanslagningar kallades områdena i MOUSE för M1-M19 (Mölndalsån) respektive S1-S17 (Säveån) med nummer ett vid Kodammarna och stigande nummer uppåt.



Figur 4.2: Utskrift av Kodammarnas avrinningsområde som det är beskrivet i MOUSE.

De bräddavlopp som är medtagna är sådana som är "styrande" i delområdet och som enligt systembeskrivningen bräddar under ett medelår. Beteckningarna på dessa är densamma som i systembeskrivningen. Vid sammanslagning av flera bräddavlopp lades bokstaven T till i slutet av namnet (t ex BB5575T).

Val av bräddavloppens utformning

I modellen är 127 ledningar och 50 bräddavlopp definierade, vilket är en liten del av dem som finns i verkliga förhållanden.

Det finns i nuvarande MOUSE-version tre olika metoder tillgängliga för att beskriva bräddavloppen:

- Metod 1: Bräddningsformeln används och fri respektive dämnd avbördning beaktas. Metoden väljs i tabellen som finns i KF1-menyn under områdesdata.

När *fri avbördning* råder kommer energiförlusten att vara beroende av skibordets utformning och vattendjupet kommer vara lika med det kritiska djupet (Froudes tal=1).

Följande uttryck gäller för parallella (2) och vinkelräta (3) skibord [7]:

$$Q_{skibord} = B \times \sqrt{g} \times \left(\frac{2}{2 + K_c} \times D \right)^{3/2} \quad (2)$$

$$Q_{skibord} = B \times \sqrt{g} \times \left(\frac{2}{3 + K_c} \times D \right)^{3/2} \quad (3)$$

B=skibordsbredden

D=energinivån

Kc=energiförlustkoefficienten

Vid *dämt flöde* beräknas vattenföringen på liknande sätt i nuvarande version av MOUSE. I detta fall uttrycker dock D nivåskillnaden mellan de två vattenytorna. Om vattennivån är högre i den mottagande knutpunkten än i den knutpunkt där bräddavloppet angetts sker bräddningen baklänges, d v s det bräddade flödet förses med ett minustecken.

Indata som skall anges i KF1-menyn är nummer på knutpunkten där bräddavloppet ligger, nummer på knutpunkt som är mottagare för bräddvattnet (definieras som noll om det bräddar ut ur systemet), skibordsnivå, placering (parallellt, vinkelrät), bredd och form.

- Metod 2: H/Q-förhållande anges, där H står för vattennivån i knutpunkten och Q står för flödet vid den aktuella vattennivån. En funktion beskrivs så att flödet varierar med vattennivån. Vid beskrivningen måste man vara aktsam på att det första H-värdet måste vara identiskt med nivån på bräddnivån för att sedan vara entydigt växande. Det största H-värdet måste minst vara lika stort som den högsta vattennivån man räknar med att få i knutpunkten.

Denna beskrivning görs i KF1-menyn.

- **Metod 3:** I hydraulikdatamenyn anges en regleringsfunktion i den aktuella punkten, dvs vattenföringen i ledningen tillåts inte överstiga bräddstartflödet för bräddavloppet.

Man kan här beskriva H som en funktion av Q där flödet ändrar sig med ändrad vattennivå. Vi har valt att ha ett konstant regleringsflöde, som är lika med bräddstartflödet, för alla vattennivåer eftersom det skulle vara svårt att uppskatta hur flödet varierar med nivån då denna metod mest används för sammanslagna bräddavlopp. Det är viktigt att H/Q -funktionen ligger över den största vattennivå som ska beräknas. I annat fall kommer ingen reglering ske.

Motivering till val av bräddavloppens utformning

Regleringsfunktion för vidaregående flöde valdes på bräddavlopp vilka ansågs styrande längst ned inom varje delområde. Tex sammanslagna seriekopplade bräddavlopp där bräddningsrelationen blev svår att bedömma efter förenkling p g a att ökad hårdgjord area belastade kvarvarande bräddavlopp. Detsamma gällde för bräddavlopp som sammansattes av flera parallellkopplade bräddavlopp.

Övriga bräddavlopp beskrevs med skibordshöjd och bredd enligt ritning. Beräkning i modellen skedde enligt bräddningsformeln.

Av modellens 50 bräddavlopp har 14 st beskrivits med reglering.

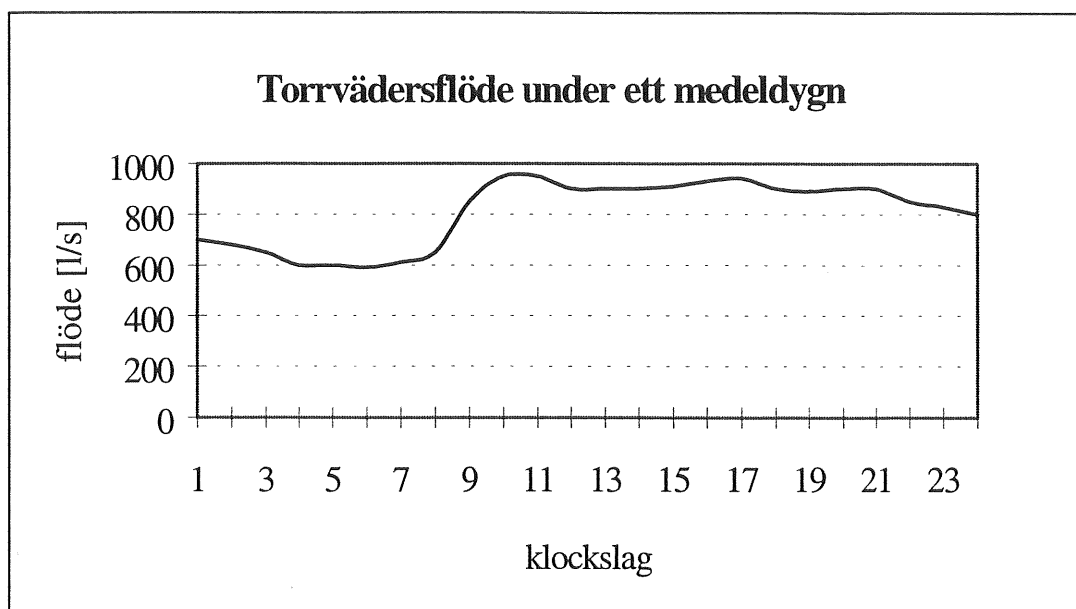
4.2.3 Basflödet

Basflödet består av spillvatten och inläckage av grundvatten.

I MOUSE modellen har basflödet förenklats till att inte variera över dygnet, dvs spillvattenflödets hålls konstant. Basflödet är kalibrerat för både sommarmånader, då inläckage av grundvatten är minst, och resterande del av året då grundvattennivån och därmed inläckaget i ledningarna är högt. Spillvattenflödet är alltså detsamma under hela året men grundvattnets inläckage varierar.

Basflödets dygnsvariation

Dygnsvariationen för basflödet beror till största delen av spillvatten och följer i princip människors rutiner, dvs låga flöden under natten när mänsklig verksamhet avtagit och en tydlig topp på morgonen när aktiviteter återupptas. Flödet är sedan ganska konstant till sent på kvällen. Se fig 4.3.



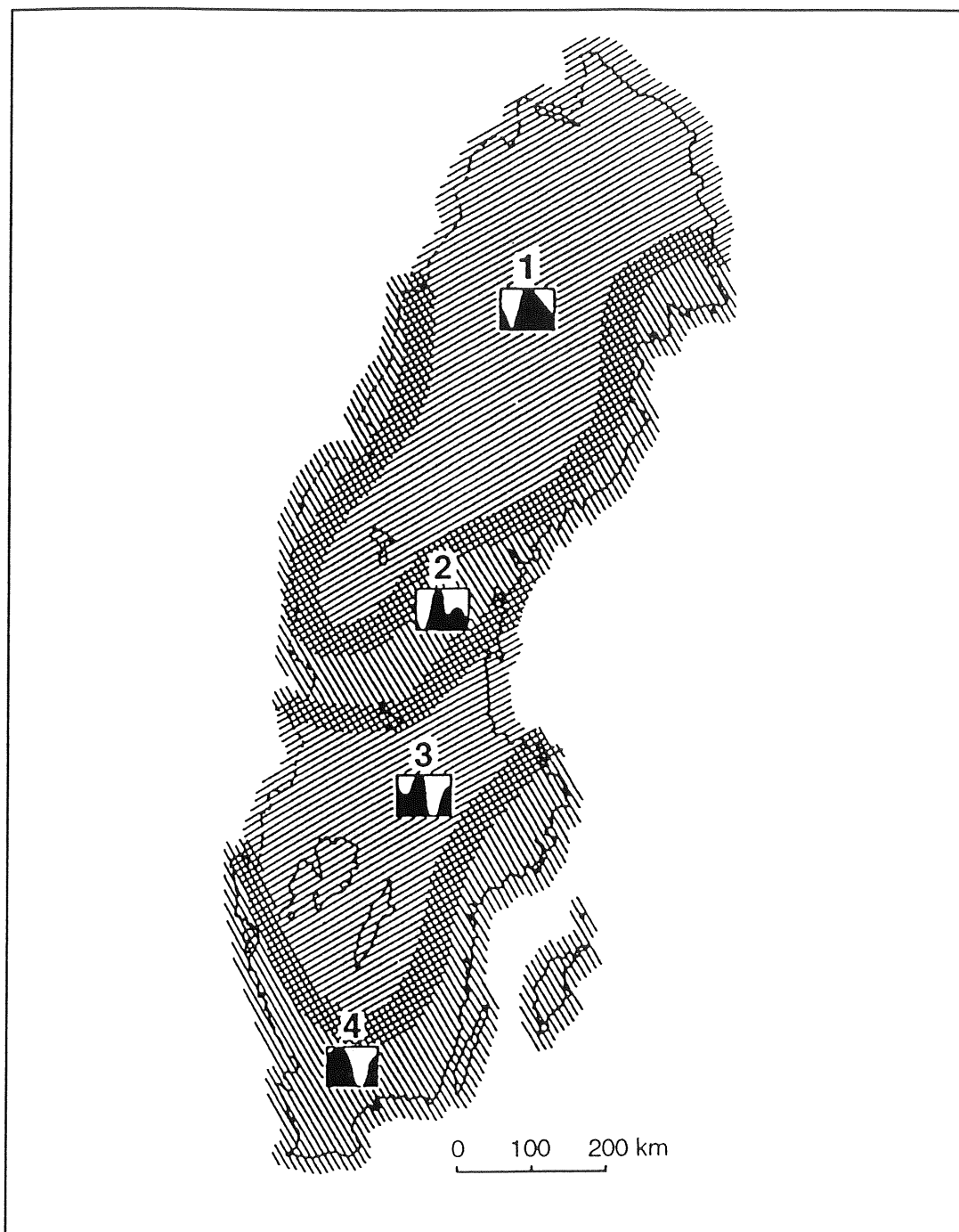
Figur 4.3: Tillrinningen till Kodammarna under ett medeltorrväder.

Basflödets årstidsvariation

Dränering från murgrund av grundvatten i kombinerade avloppsvattenledningar följer grundvattennivåns årstidsfluktuation. När grundvattenytan står högt ökar grundvattnets tryck mot ledningarna vilket medför ökad dränering.

Grundvattenytan ligger i regel ytligt, på någon eller några få meters djup i svensk morän- och urbergsterräng. Detta beror på den relativt låga vattengenomträngligheten samt en förhållandevis stor grundvattenbildning [19].

Grundvattnets nivå varierar över årstiden men är även regionalt beroende på grund av jordmaterial och klimat. I syd- och mellansverige är grundvattennivån lägst om sommaren och förhösten då nederbörden oftast är rikligast men förbrukas nästan helt av vegetationen. I norrland är grundvattennivån oftast lägst om senvintern. Detta beror dels på att nederbörden är bunden i form av snö dels på att porvattentrycket sänks i samband med tjälning vilket resulterar i en grundvattensänkning.



Figur 4.4: Regionala mönster i grundvattennivåns årstidsfluktuation (SGU 1977).

Grundvattennivåns fluktuationer uppträder även med kortare tidsrytm. Orsakerna till dessa kan vara kortvariga intensiva regn åtföljda av torrperioder, avdunstning eller förändringar i närbelägna ytvattenmagasin.

Hårdgjorda ytor förändrar det naturliga grundvattenflödet genom bortledande av annars infiltrerande vatten. Stora områden med hårdgjorda ytor får snabb avrinning ofta till brunnar och ledningssystem som leder vatten till recipient eller vattenreningsverk och den naturliga markinfiltrationen går då helt förlorad.

4.3 Kalibrering av modellen

4.3.1 Förutsättningar

Kalibreringen skedde enbart mot inkommande flöde i Kodammarnas pumpstation. Motiveringen till detta var att det inte fanns mer än några enstaka mätningar av flöden ute i systemet, vilket betydde att vi inte hade något att kalibrera modellens resultat efter. Vidare så var det bara resultaten från Kodammarnas pumpstation som var intressanta för att kunna göra kvalitetsstyrningen och beslutsmodellen som var huvudsyftet med detta arbete. Vi var alltså ute efter att få så verklighetsnära värden som möjligt i denna punkt.

Kalibrering gjordes mot de tre regntillfällena 930627, 930806 och 950324.

4.3.2 Arbetsmetod

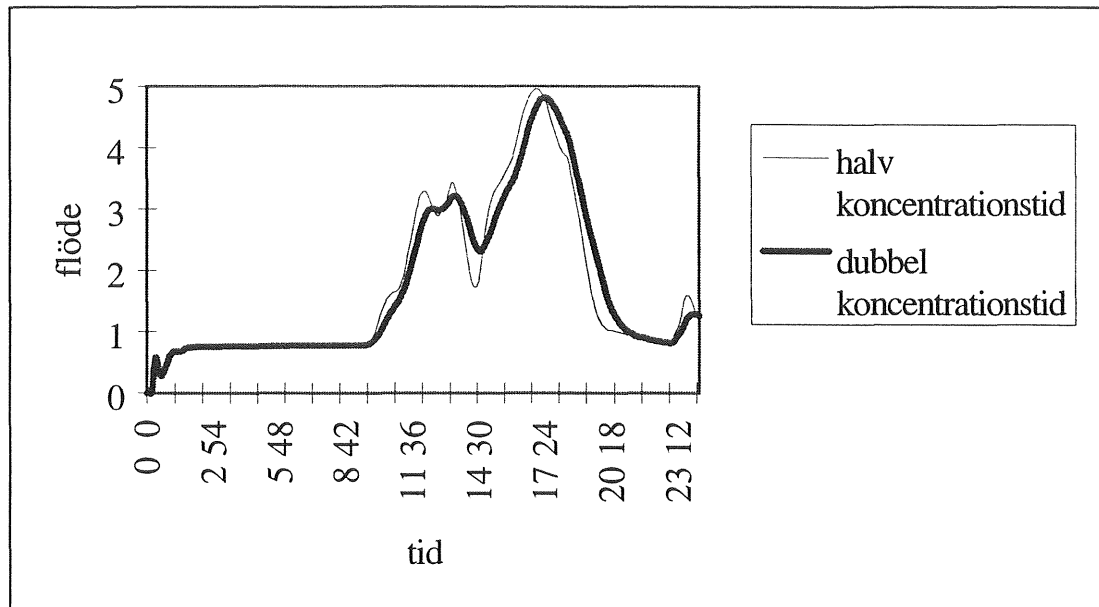
Kalibrering skedde med följande tre parametrar:

- Den *verksamma arean* är troligen den mest påverkande parametern. Vi började med att lägga in den area som finns angiven i systembeskrivningen. Summan i modellen blev då ca 383 ha för Sävåns avrinningsområde och 288 ha för Mölndalsåns vilket jämfört med systembeskrivningens 372 ha resp 272 ha ansetts vara godkänt. Differansen uppkom vid sammanslagning och förenkling av bräddavlopp och delområden. Det är också denna area som i modellen stämmer bäst under sommarhalvåret enligt kalibreringskörningarna.

Då årstidsvariationerna är ganska stora så måste större area läggas på under vinterhalvåret när betydande grundvatteninträngning sker i ledningarna. Detta valde vi att göra i området runt Alelyckan (nr S3.4 och S3.6 i modellen) där det finns mycket mjuka ytor och osäkerheten är stor hur mycket som medverkar i tillrinningen. Att välja 50% av den totala arean som medverkande (121 ha) stämde väl överens med gjorda kalibreringssimuleringar för perioden när grundvattenståndet kan räknas som högt.

- *Koncentrationstiden* beräknades med formel 1. Detta var ett tidskrävande arbete som senare inte visade sig vara så meningsfullt. Anledningen är att vi efter framtagning av koncentrationstider för varje delområde gjorde en körning där vi dubblerat tiderna respektive en där vi halverat dem. Resultatet från dessa körningar visar att skillnaden blir mindre än 10% (figur 4.5) vilket också stämmer bra överens med tidigare försök [20].

Slutsatsen är att påverkan från koncentrationstider som kalibreringsparameter är mycket liten på ett system av denna storleken.



Figur 4.5: Jämförelse mellan två simuleringar där koncentrationstiderna halverats respektive dubblerats.

- *Bräddavloppens utformning.* Försök gjordes här med att beskriva alla bräddavlopp i modellen med regleringsfunktion i en körning och alla med bräddformeln (bräddnivå, skibordslängd mm anges) i en annan körning. Stora skillnader i dessa resultat kunde konstateras och valet av utformning som slutligen gjordes för respektive bräddavlopp beskrivs närmare i kapitlet "Val av bräddavloppens utformning".

4.3.3 Basflöde

Basflöden lades in enligt:

$$Q_t = 1,4 * (\text{Nattbefolkning} * 2,31 + \text{Dagbefolkning} * 1,32) + Q_{\text{storförbrukare}} \quad (4)$$

Med indata från systembeskrivningen fick vi ett något lågt flöde. Då vi lagt in spolvattenflödet från Alelyckans vattenreningsverk med ett dygnsmedelvärde på 91 l/s kom vi dock upp i bra resultat för basflödet under sommarmånaderna (ca 0,60 m³/s).

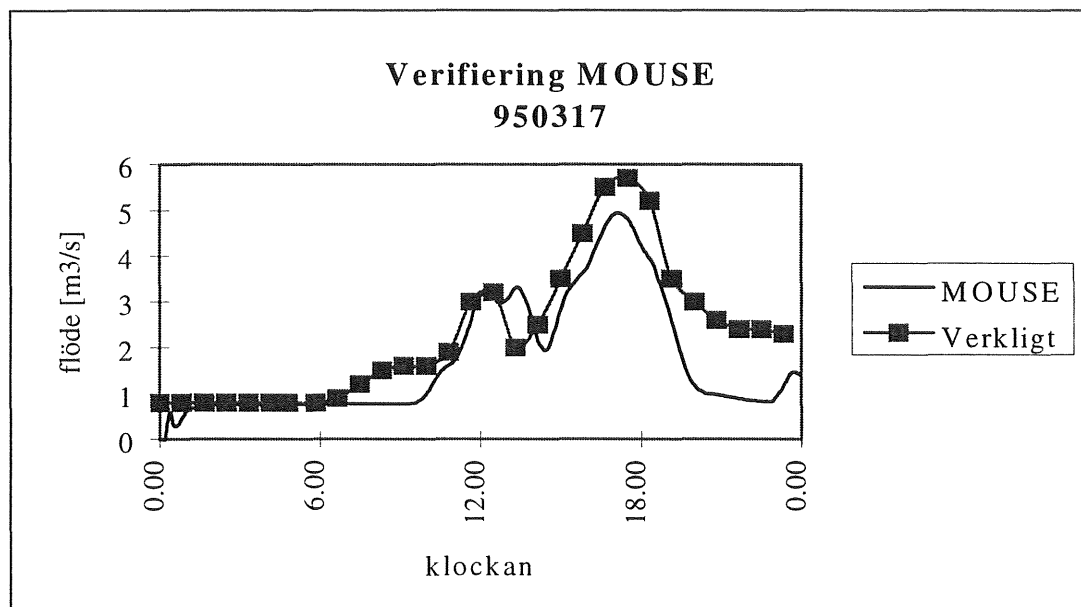
Vid körningar av händelser under andra tider på året adderades basflödet med 200 l/s för att beakta det ökade inläckaget av grundvatten.

Kalibreringsresultaten finns redovisade i bilaga D.

4.4 Verifiering av modellen

Verifieringen gjordes med de förutsättningar som var aktuella, d v s sommar- respektive vinterförhållande för regnet. Flödet vid Kodammarna som givits av resultatet jämfördes med flödet som mätts upp tidigare.

God överensstämmelse uppnåddes för tre olika regn (930809, 940629 och 950317), se figur 4.6. Övriga verifieringshydrografer finns i bilaga E.



Figur 4.6: Flödeshydrograf från verifieringen av MOUSE.

En svaghet med modellen kan sägas vara att den reagerar fortare än vad som sker i verkligheten. Framtagna flöden går fortare upp till max och ned till min vid ett regn. Detta är särskilt uttalat när det är mycket vatten i markerna. Anledningen till denna svaghet är att bara hårdgjorda ytor beskrivits och för att komma runt detta skulle MOUSE-NAM behöva användas.

En annan svårighet är att förutsäga när sommarförhållanden övergår till vinterförhållanden och tvärtom.

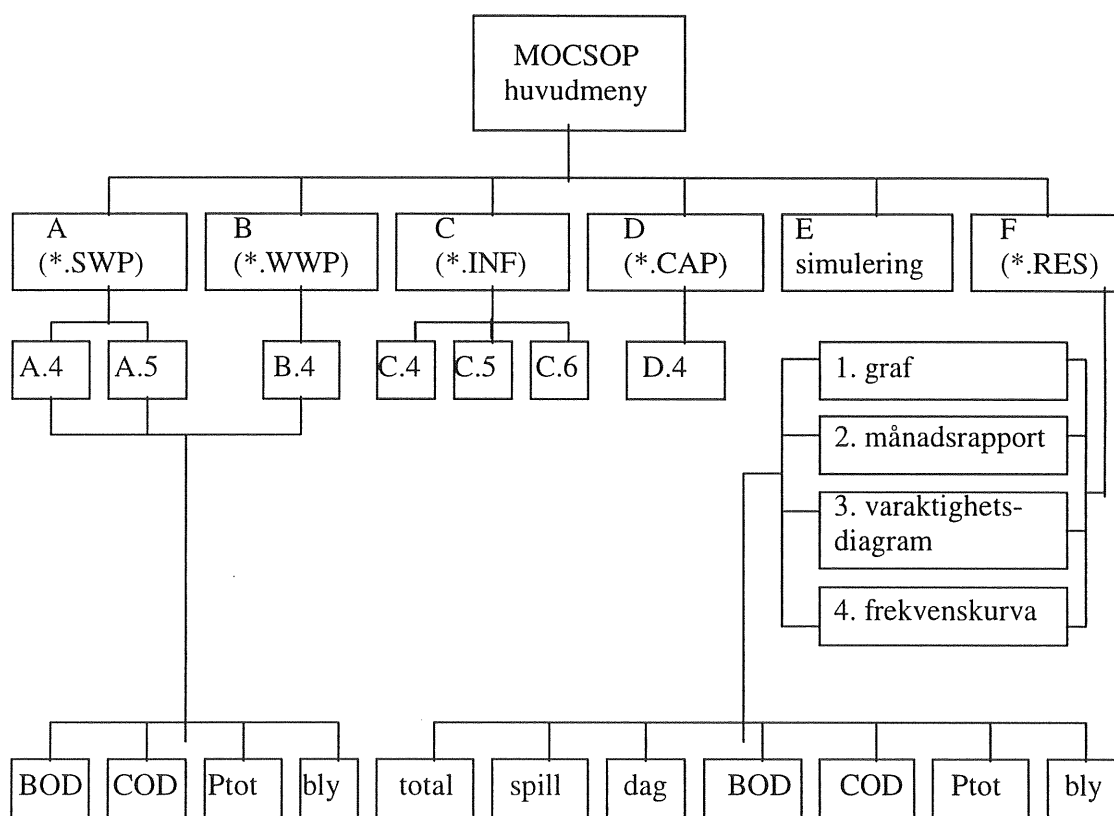
5 Modellering av föroreningsflöden med MOCSOP

5.1 Beskrivning av MOCSOP-systemet

MOCSOP (Modelling Of Combined Sewer Overflow Pollution) är uppbyggt för att göra simuleringar av långa kontinuerliga regnserier. Den är nära kopplad till MOUSE-systemet och man kan t ex lätt överföra inloppshydrografer via en textfil från MOUSE till MOCSOP.

Genom att lägga in indata i menyerna som beskrivs nedan, och göra själva körningen, får man fram resultaten. Dessa består av grafer, månadsrapporter, varaktighetsdiagram och frekvenskurvor som kan beskrivas i tabell- eller diagramform.

Resultatgraferna kan överföras till textilsformat för vidare redigering i t ex EXCEL. Någon meny för utskrift av resultat på skrivare direkt från MOCSOP finns för närvarande inte. Strukturen liknar den struktur som MOUSE är uppbyggt av med olika menyer som vägleder användaren, figur 5.1.

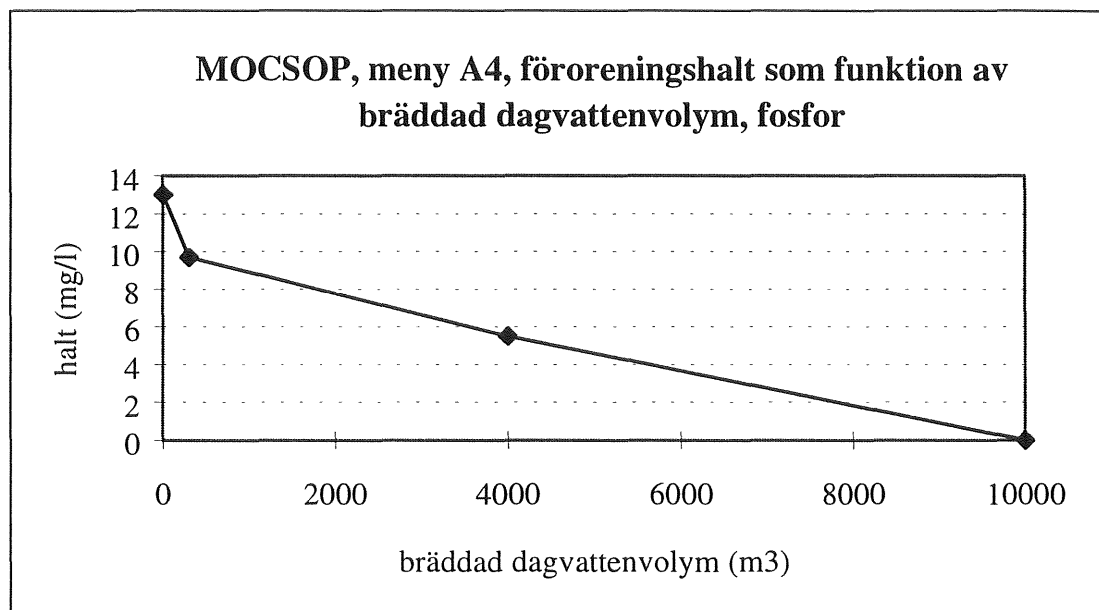


Figur 5.1: Menystruktur hos MOCSOP med samtliga ingående in- och utdatafiler.

5.1.1 Indata

Indata beskrivs och redigeras i meny A-D och de är uppbyggda enligt följande:

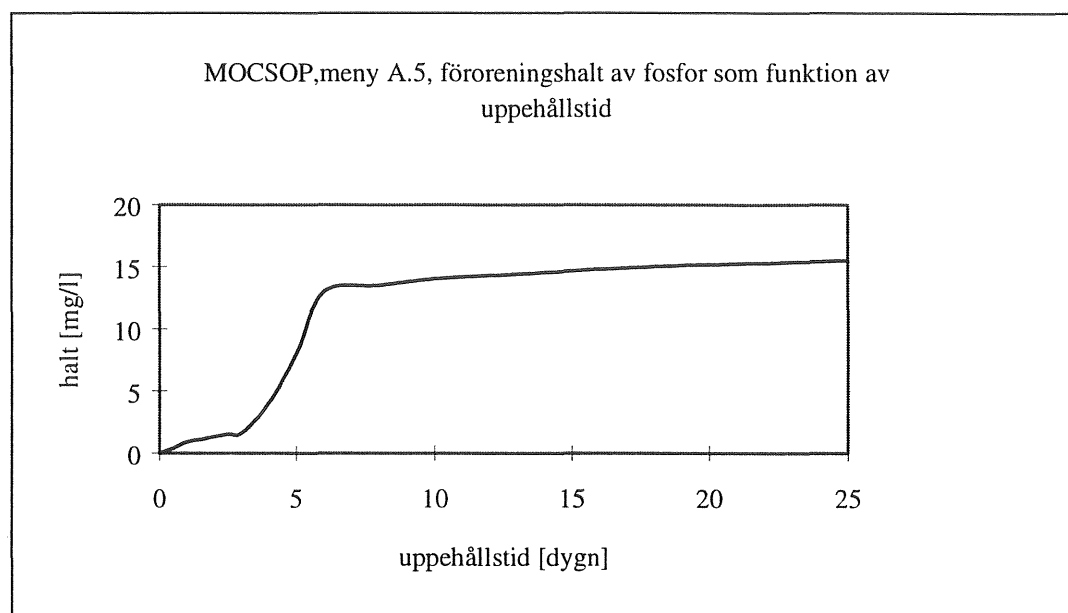
A.4 Föroreningskoncentrationen i *dagvatten* (Storm Water Pollutants) som funktion av bräddad dagvattenvolym. Man tar här hänsyn till spädningen på så sätt att koncentrationerna av föroreningar minskar vid ökad bräddvolym enligt figur 5.2.



Figur 5.2: Dagvattnets föroreningskoncentration som funktion av bräddad dagvattenvolym.

A.5 Föroreningskoncentrationen i *dagvatten* som funktion av uppehållstiden (med uppehållstid menas här tiden från bräddstopp till nästa bräddstart), figur 5.3. Koncentrationen begränsas härigenom uppåt i meny A4 av uppehållstiden och man tar i meny A.5 hänsyn till den ackumulering av föroreningar som uppkommer på hårdgjorda ytor och i ledningar vid torrväder.

Storleken på den s k "first flush"effekten som uppkommer vid bräddning beräknas i MOCSOP med ledning av föroreningskoncentrationen i dagvattnet.



Figur 5.3: Dagvattnets föroreningskoncentration som funktion av uppehållstid.

B.4 Spillvattnets föroreningshalt (Waste Water Pollutants) ges som dygnsvariationen under ett representativt medeldygn.

C.4 Det totala inflödet (INFlow) kan läggas in manuellt eller läsas in via en textfil från t ex MOUSE och man kan då bortse från små flöden för att minska på den stora datamängden som genereras vid långa regnserier. Man kan även addera textfilen till aktuella spillvattenflöden som lägges in i meny C.6.

C.5 Läck- och dräneringsflöden kan beskrivas antingen manuellt eller m h a textfil.

C.6 Spillvattenflödet beskrivs på samma sätt som dess föroreningshalt i meny B.4.

D.4 Kapacitet för vidaregående flöde (CAPacity). Flöde överstigande denna kapacitet räknar MOCSOP som bräddflöde om inte annat anges i meny D.5. Inläsning sker manuellt eller via en textfil.

D.5 Kvalitetsstyrningsmenyn i MOCSOP där man kan definiera ett magasin och/eller en reglering av vidaregående flöde som en funktion av uppehållstid och tiden för vilken regleringen ska gälla.

5.1.2 Utdata

I simuleringsmenyn (meny E) beskrivs följande:

- Indatafiler som ska användas för beräkningen.
- Resultatfilens namn (*.RES).
- Beräkningsperiodens start- och stopptid.
- Tidssteg i beräkningen.

- Initiell uppehållstid.
- Minsta uppehållstid (beskrivs utförligt i bilaga I).

Resultatfilen (*.RES) används i meny F där resultaten kan presenteras i fyra olika former.

1. *Graferna* beskriver tidsförloppet för bräddade föroreningar i g/s och bräddade flöden i l/s.
2. *Månadsrapporterna* summerar bräddade mängder [kg] och volymer [m^3] månadsvis och för hela serien.
3. *Varaktighetsdiagrammen* visar under hur lång tid som flödet eller föroreningshalten som bräddas överstiger ett visst värde under hela tiden som serien varar.
4. *Frekvenskurvorna* som anger under hur många procent av bräddtillfällena som en bräddad volym eller föroreningsmängd överskrids.

5.2 Utformning av modellen i MOCSOP

5.2.1 Förutsättningar

För att göra det stora dynamiska systemet hanterbart gjordes följande förenklingar i MOCSOP:

- Antagande om totalomblandning.
- MOCSOP tar ingen hänsyn till sedimenttransport.
- Koncentration-bräddvolymkurvorna utgör ett genomsnitt för alla uppehållstider och för att komma närmare sanningen och få mer dynamik i modellen borde det finnas möjlighet att göra en kurva för respektive uppehållstid.
- Ledningar och hårdgjorda ytor tvättas fullständigt rena vid varje bräddtillfälle.

5.2.2 Indata

De parametrar vi valde att utvärdera var BOD, fosfor och bly.

Koncentrations-bräddvolym- respektive koncentrations-uppehållstidskurvorna i VA-verkets rapport "Bräddavloppvattnets kvalitet och volymer" [13] låg till grund för indata i MOCSOPs A.4- och A.5 menyer.

Formlerna nedan, som beskriver kurvorna, togs fram genom interpolering av mätdata från 14 olika bräddtillfällen med hjälp av minsta kvadratmetoden. Spridningen av värdena beror troligtvis på att regn som inte ger bräddning trots allt har en viss rengörande effekt på ledningar och hårdgjorda ytor.

Kurvan för koncentration-bräddvolym består av två formler, den ena beskriver förloppet för uppehållstider med medelvärde 3 dygn och den andra med medelvärde 11 dygn.

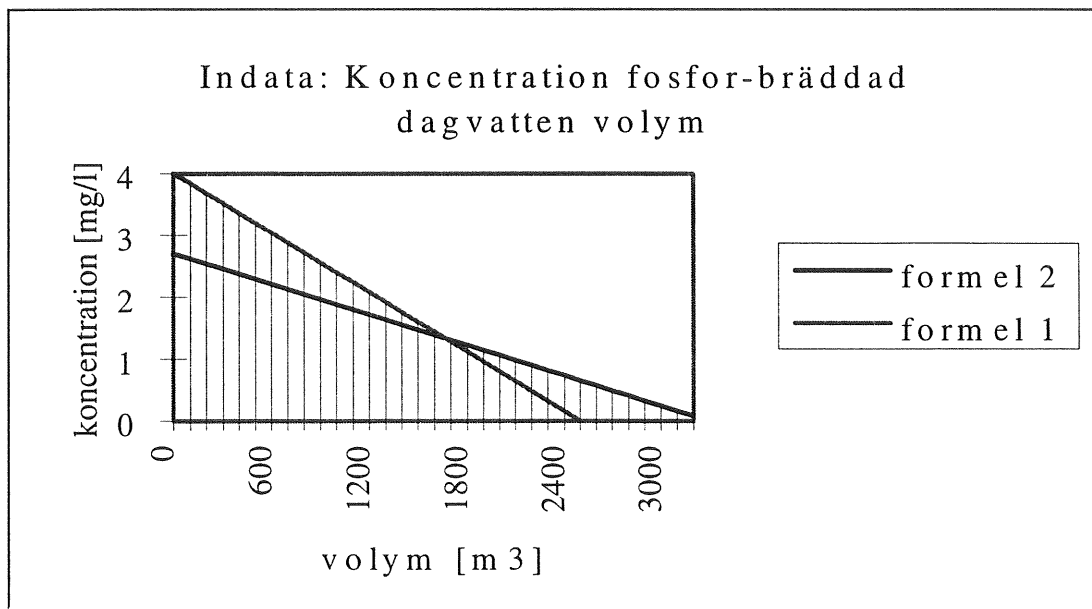
Att dessa indata inte skulle ge så goda resultat var vi dock väl medvetna om eftersom dessa gäller för bräddavloppet i Bellevue där utspädningsgraden vid bräddstart, volymerna inte liknar förhållandena vid Kodammarna.

Koncentration-bräddvolymformler:

Fosfor:

$$P_{\text{tot}} = 4,0 - 1,6 \cdot 10^{-3} \cdot \text{volym}$$

$$P_{\text{tot}} = 2,7 - 8,2 \cdot 10^{-3} \cdot \text{volym}$$



Figur 5.4: Indata till MOC SOPs meny A.4 är definierad av överkanten av det streckade området.

BOD:

$$\text{BOD} = 243 - 0,137 \cdot \text{volym}$$

$$\text{BOD} = 89 - 1,6 \cdot 10^{-2} \cdot \text{volym}$$

Bly:

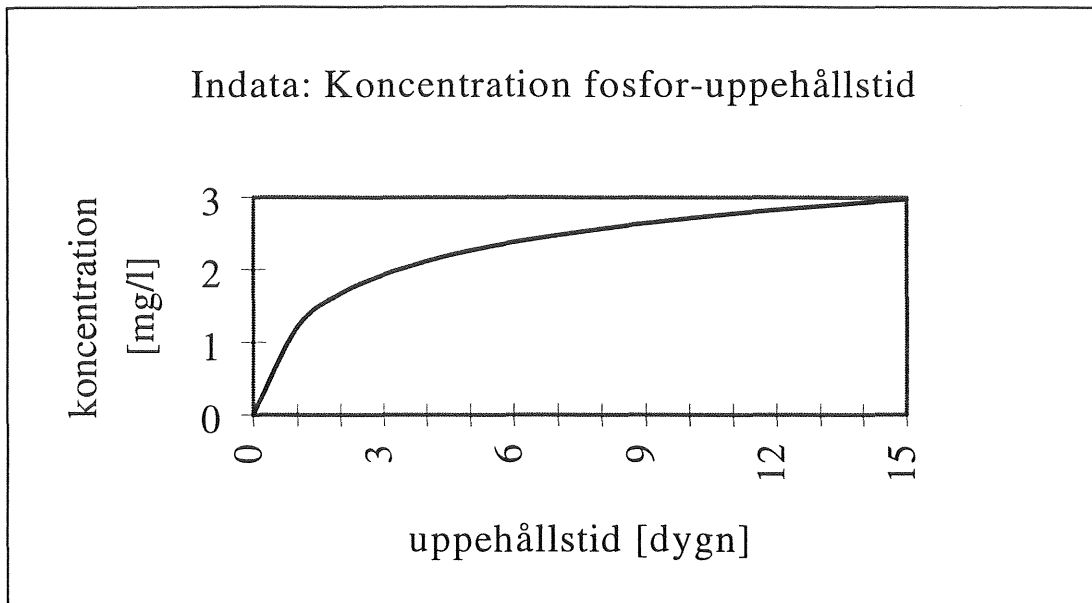
$$P_b = 111 - 5,0 \cdot 10^{-2} \cdot \text{volym}$$

$$P_b = 44 - 6,0 \cdot 10^{-2} \cdot \text{volym}$$

Koncentrations-uppehållstidsformel:

Fosfor:

$$P_{\text{tot}} = 1,49 \cdot \log(10 \cdot \text{dygn}) - 0,27$$



Figur 5.5: Indata till MOC SOP meny A.5.

BOD:

$$\text{BOD} = 88,16 \cdot \log(10 \cdot \text{dygn}) - 46,45$$

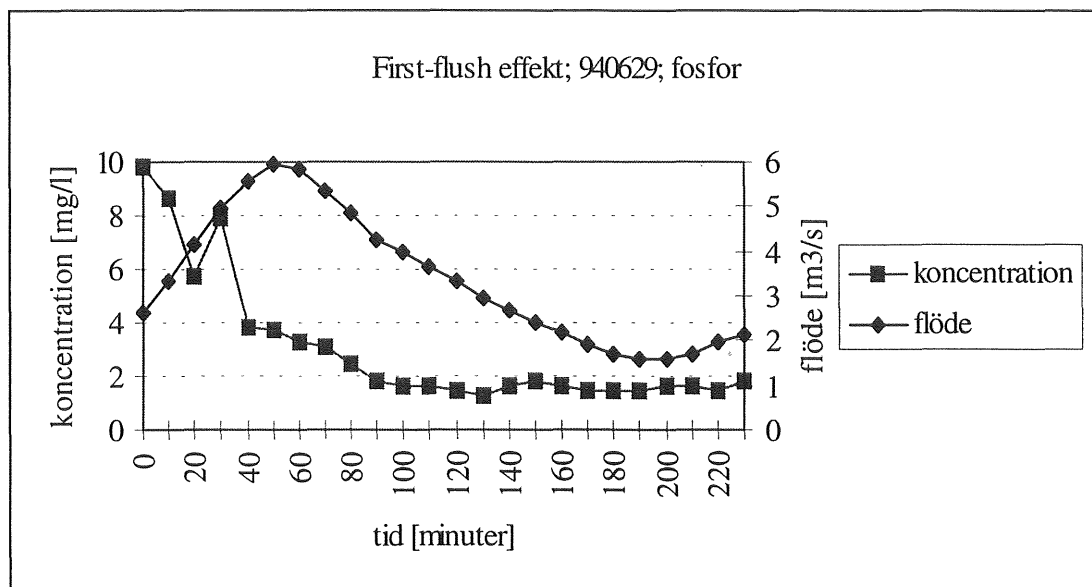
Bly:

$$\text{Pb} = 37,186 \cdot \log(10 \cdot \text{dygn}) - 5,45$$

Man ser tydligt i figur 5.5 hur koncentrationen ökar med uppehållstiden, vilket är vad man förväntar sig då föroreningarna har längre tid på sig att ackumulera.

Figur 5.4 visar att koncentrationen är störst vid bräddstart p g a den rensplande effekten, s k first-flush, som uppträder i början av ett regn. Avtagningen sker sedan olika för de olika föroreningsparametrarna och orsaken till det kan vara att t ex fosfor främst är koncentrerad till ledningarna medan mängden bly är nästan försumbar i ledningarna och istället är koncentrerad till vägar där påverkan av vind, trafik och gatusopning är stor samtidigt som trafiken kontinuerligt tillför bly till vägarna.

Dynamiska förhållanden gör att spridningen av mätvärdena för bly är väldigt stora och att halten blir nästan konstant vid mycket stora bräddvolymmer.



Figur 5.6: First-flush för ett bräddtillfälle med uppehållstiden 7 dygn.

Spillvattnets föroreningshalter är framtagna från ett medeltorrväder [15]. Spill-, läck- och dränvatten ingår i denna andel. Skälet är att vi bara har kvalitetsmätningar för vatten med de tre andelarna sammanslagna och vi har därför i MOCSOP satt läck- och dränvattenflödet till 0 l/s och lagt hela torrväderflödet på spillvattenflödet [15].

Det totala inkommande flödet lades in manuellt för de bräddhändelser vi hade tillgängliga med kvalitetsmätningar.

5.3 Kalibrering och verifiering av MOCSOP

5.3.1 Allmänt

Utgående från sex olika bräddtillfällen med tillhörande kvalitetsmätningar gjordes kalibreringen. Två händelser användes vid verifieringen. En översikt av tillfällena visas i tabell 5.1.

Bräddnings- tillfälle	Senaste bräddtill- fälle	Uppehållstid (dygn)	Analys av: BOD, Ptot, Pb	Tid mellan provtagning (min)	Brädd- start	Tid för sista (24:e) prov- tagning
930806	930803	3	x	5	08.20	10.10
930809	930806	3	x	5	18.20	20.15
930825	930821	4	x	5	03.09	05.04
931009	930926*	5*	x	5	11.59	13.54
931112	931015*	4*	x	15	09.57	15.42
940616	940610	6	x	10	13.50	17.40
940629	940622	7	x	10	13.31	17.21
940818	940814	4	x	10	13.42	17.32

*) förstapumpen har gått minst en halvtimme. Tillrinningen ej tillräckligt stor för att orsaka bräddning, mätningar visar dock att tillrinningen ändå sköljt mark/ledningsnät. Skuggade partier ingår i verifikationen.

Tabell 5.1: Översikt över provtagningstillfällen vid bräddning

5.3.2 Kalibrering mot total bräddad massa

Kalibreringen gjordes genom att försöka få de totala massorna av föroreningarna från MOCSOP att överensstämma med totala massor under respektive provtagningstillfälle.

Utvärdering av massorna från de sex kalibreringstillfällena gjordes i matrisform med parametrarna uppehållstid och bräddvolym. I tabellen nedan visas den första utvärderingen.

Period	Uppehållstid (dygn)	Bräddad volym (m ³)	BOD	Ptot	Pb
930806	3		+	+	+
930809	3		+	+	+
930825	4		-	OK	+
940818	4		-	-	-
940616	6		-	-	-
940629	7		-	-	-
940616		260	-	-	-
930825		1450	-	OK	+
930806		4900	+	+	+
940818		8000	-	-	-
930809		8700	+	+	+
940629		9700	-	-	-

+ beräknad massa är för hög

- beräknad massa är för låg

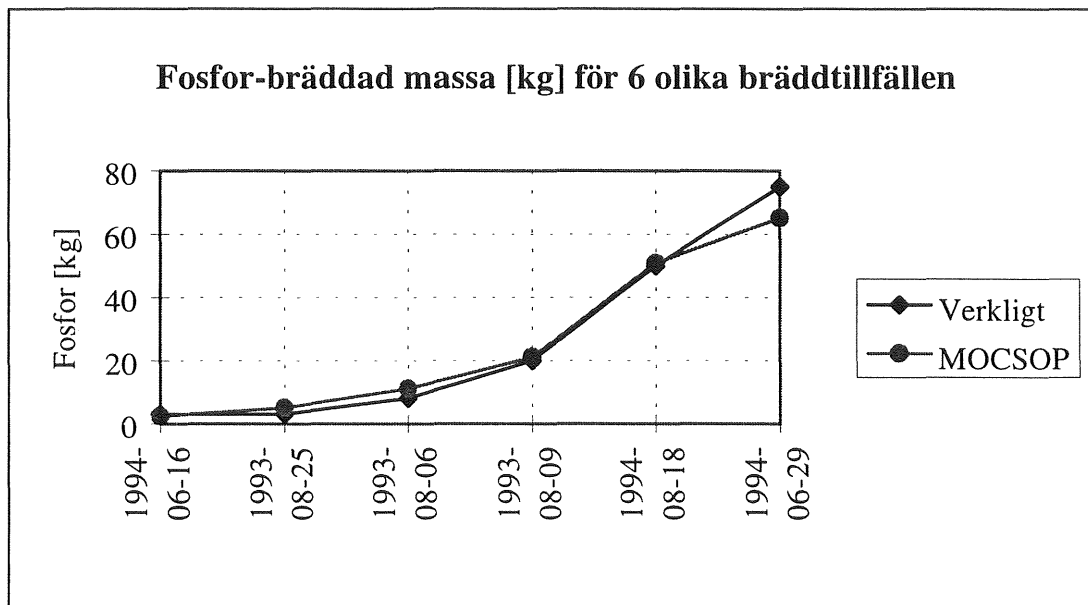
OK massorna överensstämmer med ± 10 % noggrannhet

Tabell 5.2: Utvärdering av beräkningsresultat från MOCSOP.

Då man kan se ett tydligt mönster i matrisen för uppehållstid inriktade vi kalibreringen i första skedet på meny A.5 (kurva för föroreningshalt-uppehållstid).

Svårigheter som uppstod i det här läget var att t ex för period 930825 och 930818 som båda hade uppehållstiden 4 dygn och där P_{tot} i ena fallet var för låg och i andra fallet för hög så gav justering av den ena ett sämre värde än ursprungligen för den andra. Redigering med avseende på uppehållstid gjordes därför så långt det var möjligt. Ett medelvärde för det nämnda exemplet fick anses godkänt.

Finjustering gjordes sedan med meny A.4 och det slutliga resultatet visas i figur 5.7.



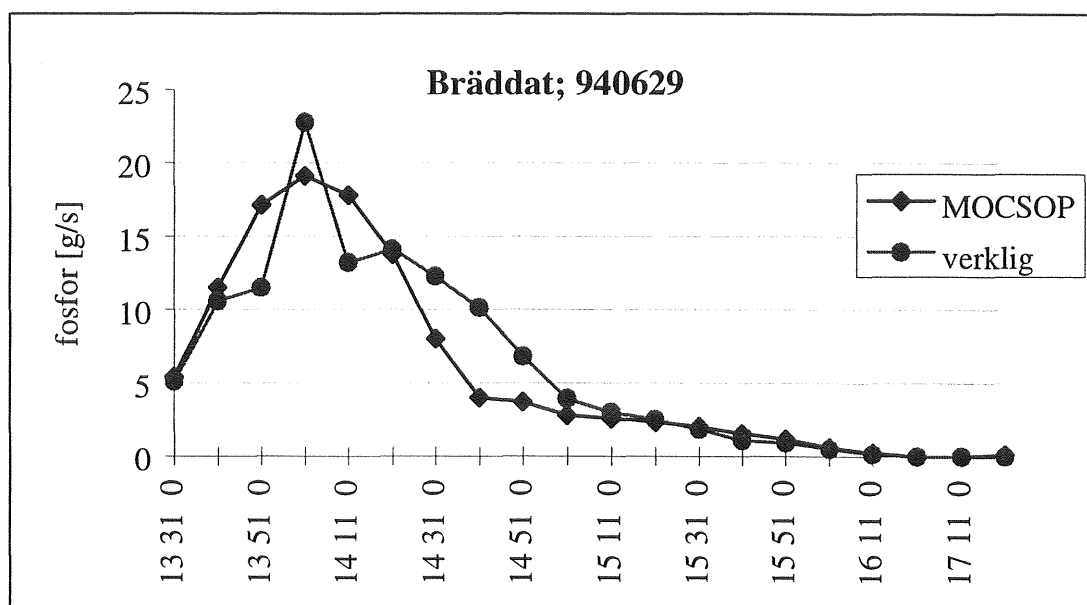
Figur 5.7: Jämförelse av beräknade och verkliga massor.

5.3.3 Kalibrering mot föroreningsgraf

När kalibreringen mot massa ansågs färdig tittade vi på hur väl föroreningsgraferna stämde överens. Med hänsyn till variation för olika regntillfällen (p g a rengörande effekt av regn som inte bräddar m m) och systemets stora dynamik får föroreningsgrafernas överensstämmelse mellan verklighet och modell anses godkänd för fyra tillfällen.

Tillfälle 930825 och 940616 visade bra resultat på masskalibreringen men dåliga föroreningsgrafer. Orsaken till detta var bräddningens korta tidsintervall, endast 20 respektive 45 minuter, vilket gav en oexakt integrering av kurvan och stor känslighet för störningar.

En av föroreningsgraferna från kalibreringen visas i figur 5.8 nedan.



Figur 5.8: Föroreningsgraf från kalibrering av fosfor

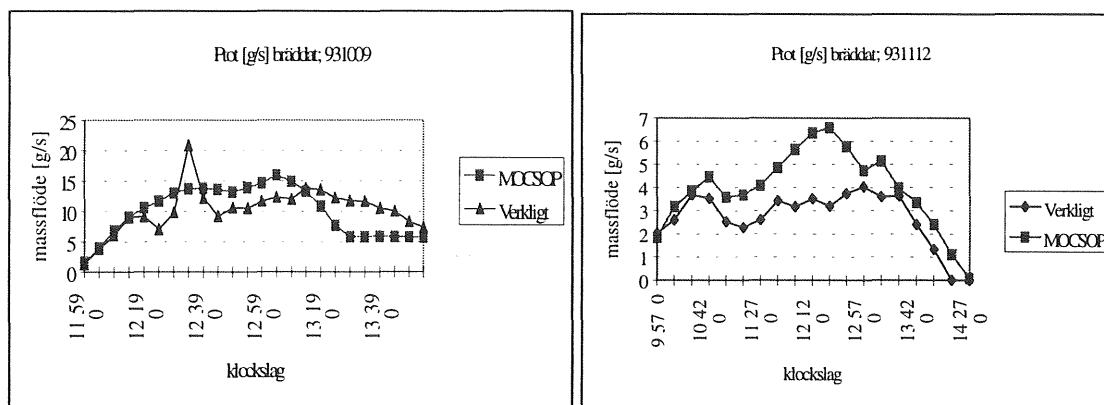
5.3.4 Verifiering

Verifiering skedde mot två regnhändelser där kvalitets- och flödesmätningar i Kodammarnas pumpstation gjorts. Värdena från flödesmätningarna lades manuellt in i MOCSOPs fil för inkommande flöde. Utvärdering av simuleringarna mot ackumulerad massa redovisas nedan.

Händelse	Ackumulerad massa fosfor [kg]	
	MOCSOP	Verkligt
931009	71	75
931112	65	50

Tabell 5.3: Jämförelse av bräddad massa MOCSOP/verklighet

Resultatet av verifieringen mot föroreningsgraf för fosfor visas i figur 5.9.



Figur 5.9: Föroreningsgrafer för verifiering av MOCSOP.

6 Kvalitetsstyrning och beslutsmodeller

Kvalitetsstyrning av avloppsvatten innebär att styra flöden med hög föroreningskoncentration till avloppsreningsverk och därmed minska förorenings- och näringsämnesbelastningen på recipienten.

Styrningen kan vara reaktiv eller prediktiv beroende på om systemet styrs direkt på information av aktuell händelse eller om informationen bearbetas med något modellverktyg så att besluten baseras på en prognostiserad händelse. En reaktiv styrning kan också vara prognostiserad men då hos operatören. Båda styrsystemen kan vara automatiska och användas on-line [10].

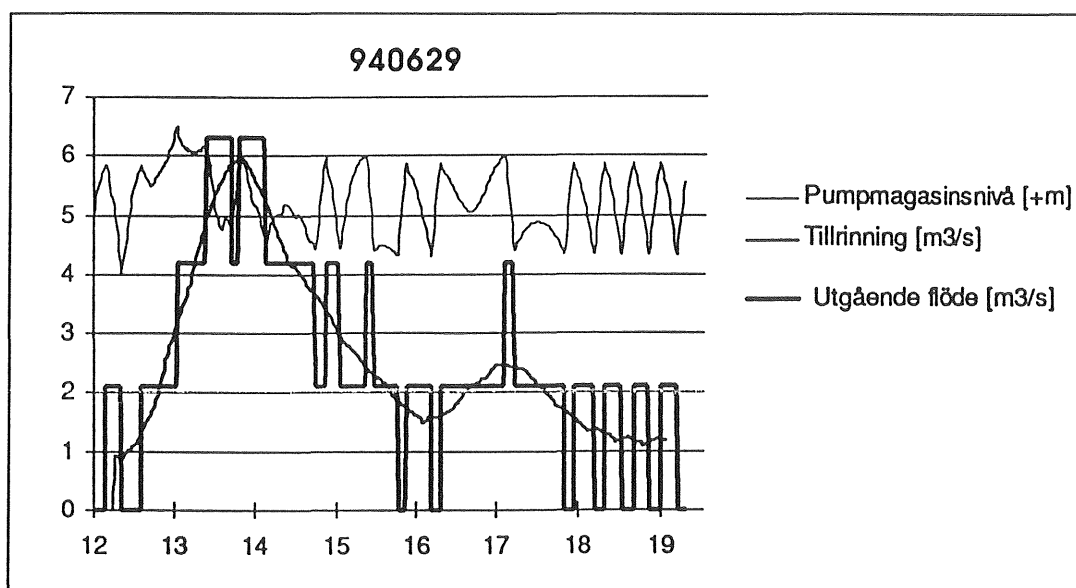
Från litteratur vet vi att föroreningar ackumuleras på gator och sedimenteras i ledningar vid torrväder vilket ger upphov till first-flush vid regn då gator och ledningar spolas rena [14; 15].

Begränsningar i systemet som ledningsdiameter och reningskapacitet medför att det är first flush som är av intresse att kvalitetsstyra eftersom den innehåller stora mängder föroreningar under en begränsad tid.

6.1 Bakgrund

Målet med arbetet var att komma fram till en lämplig beslutsmodell för pumpningen vid Kodammarnas pumpstation och på detta sätt effektivt styra avloppsvattnet så att föroreningstoppar i största utsträckning går till rening.

Idag är förstapumpen den enda pump som är kopplad mot Ryaverket. Till- och frånslag av pumpen sker mot nivån i pumpsumpen. Kapaciteten är $2,1 \text{ m}^3/\text{s}$. De fem övriga pumparna bräddpumpar till Gullbergsån och är även de inställda efter nivån i sumpen, se figur 6.1.



Figur 6.1: Pumparnas till- och frånslag styrs av nivån i pumpsumpen.

Pumpningen sker utan någon form av styrning, vilket betyder att föroreningar och näringsämnen kommer ut i recipienten vid bräddning samtidigt som stora volymer ”rent” vatten pumpas till Rya. Denna negativa miljöpåverkan vill man minimera och detta kan ske med olika medel:

- Större utjämningsmagasin vid Kodammarna än vad som finns tillgängligt (idag är det enbart ledningar och tunnlar som har magasinande effekt).

Fördelen med detta förfarande är att det skulle vara lätt att styra till önskad effekt samtidigt som det skulle vara lätt att överskåda. Vidare skulle inga nyinvesteringar av ledningar och pumpar behöva göras och man skulle få ett jämnare och högre medelflöde till Rya än idag. Nackdelen är att magasin som ska klara de stora volymer det handlar om kräver stora ytor vilka inte är lättillgängliga i urbana miljöer som Göteborg utgör. Kostnaden för att bygga och driva en sådan anläggning kan också bli stor.

- Ökning av mottagningskapaciteten vid Ryaverket samt två pumpar för vidaregående flöde från Kodammarna till Rya. Detta skulle göra det möjligt att klara av de flödestoppar som uppkommer vid större regn.

Nackdelen med denna lösning, om inte Ryaverkets reningskapacitet är tillräckligt hög, blir att dålig rening uppnås och förorenat vatten släpps ut i Göta älvs mynning.

- Med hjälp av prognoser kan man förutsäga när höga föroreningsflöden kan väntas och då vara förberedd med ett så tomt system som möjligt. Detta skulle ge en kapacitet att klara av den första toppen även med bara en pump om inte regnet är alltför stort. Som en förlängning av detta skulle man kunna bygga ut ett onlinesystem som direkt ger regnintensitet och föroreningsflöden ute i systemet till en central.

Ett väl fungerande system av det här slaget skulle vara idealiskt men pålitligheten och risken för fel i ett dynamiskt system som avloppssystem utgör kan ifrågasättas. Stora investeringar är också att räkna med.

- Kvalitetsstyrning där flöden styrs till Ryaverket under first flush.

Kombinationer av de nämnda systemen kan också vara aktuellt.

6.2 Beslutsmodellens styrande parametrar

Dynamiska system av denna storleken påverkas av flera parametrar. En realistisk beslutsmodell kan inte bestå av alltför många. Att välja ut någon eller några parametrar som är lätta att styra efter och beräknas ge ett bra resultat blir aktuellt.

Uppehållstiden, tid från bräddstopp till nästa bräddstart, kommer här att spela en stor roll eftersom det är den som avgör hur stor first flush som kan förväntas. Regnintensiteten och det inkommande flödet kommer att ha betydelse för hur stor utspädningen av spillvatten och föroreningar blir men påverkar också tidsförloppet på first-flush.

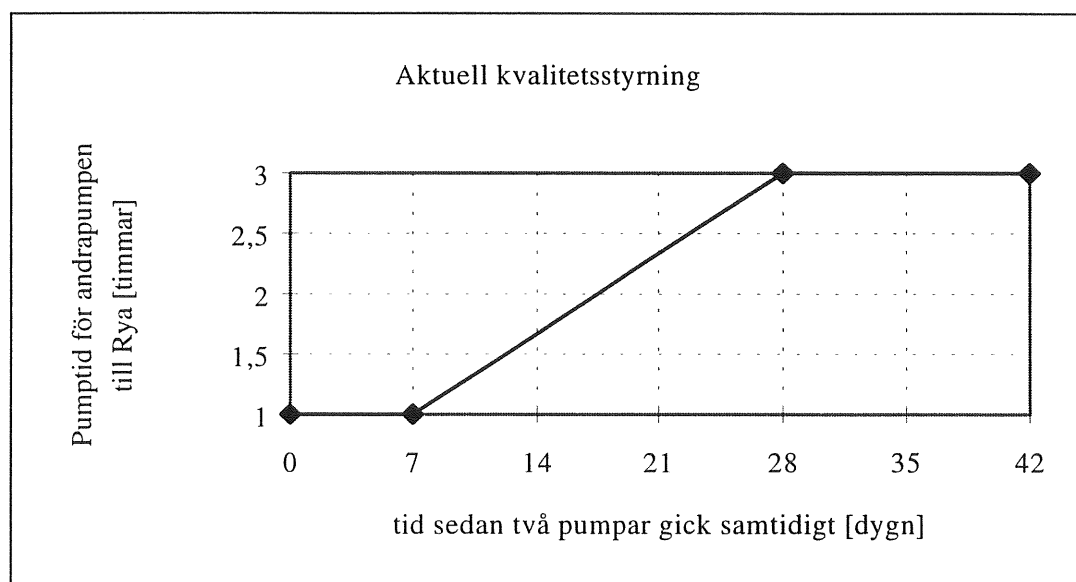
Med hjälp av dessa parametrar och MOCSOP kan man prognostisera hur höga föroreningskoncentrationerna i avloppsvattnet förväntas att bli.

Ett exempel på styrning kan vara att sätta upp villkor för hur mycket föroreningar (t ex halter, ackumulerade massor) som tillåts brädda. När villkoren beräknas överskridas ska man vara beredd att pumpa vattenmassorna till rening.

6.3 Aktuell plan för kvalitetsstyrning av Kodammarnas pumpstation

Det finns sedan början av 1995 en kvalitetsstyrningsfunktion vid Kodammarna. Den har dock ej börjat användas p g a pågående ombyggnad av Ryaverket vilket innebär begränsad reningskapacitet.

Funktionen fungerar enligt följande: Med utgångspunkt från hur länge sedan två pumpar samtidigt pumpade (definition av uppehållstid) mot Ryaverket bestäms tiden som andrapumpen ska vara i drift enligt figur 6.2. Detta betyder att vid uppehållstiden 7 dygn pumpar andrapumpen 1 timma och ökar sedan linjärt till 3 timmar, som är den maximala tiden som andrapumpen går, för uppehåll ≥ 28 dygn.



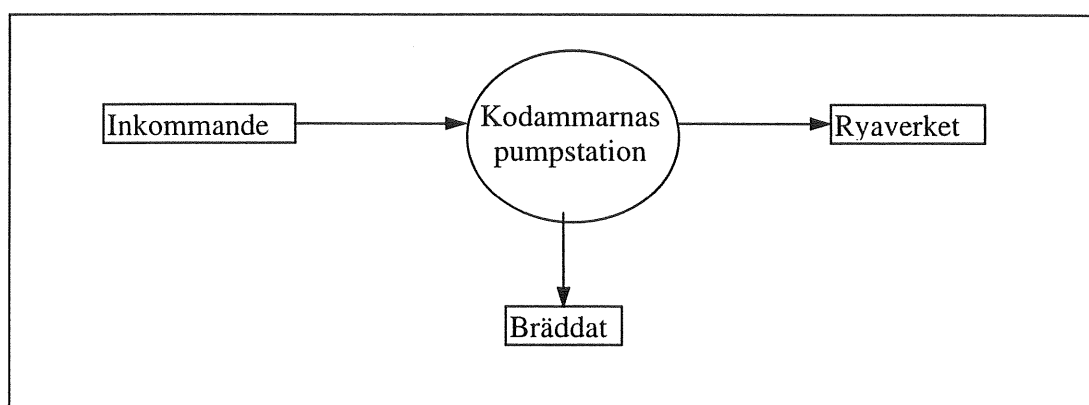
Figur 6.2: Funktion som används för kvalitetsstyrning.

Då andrapumpen stoppar före tiden som kvalitetsstyrningen ska pågå har uppnåtts ska kvarvarande tid användas för pumpning mot Rya vid nästa tillfälle andrapumpen startar. Detta gäller för samtliga tillfällen som inträffar under de 24 timmar som följer efter det att andrapumpen startade första gången. När tiden uppnåtts kopplas pumpen om till bräddning. Kontinuerlig drift av en pump till Ryaverket ska dessutom vara mindre än två timmar.

6.4 Kvalitetsstyrning med hjälp av bräddade föroreningshalter

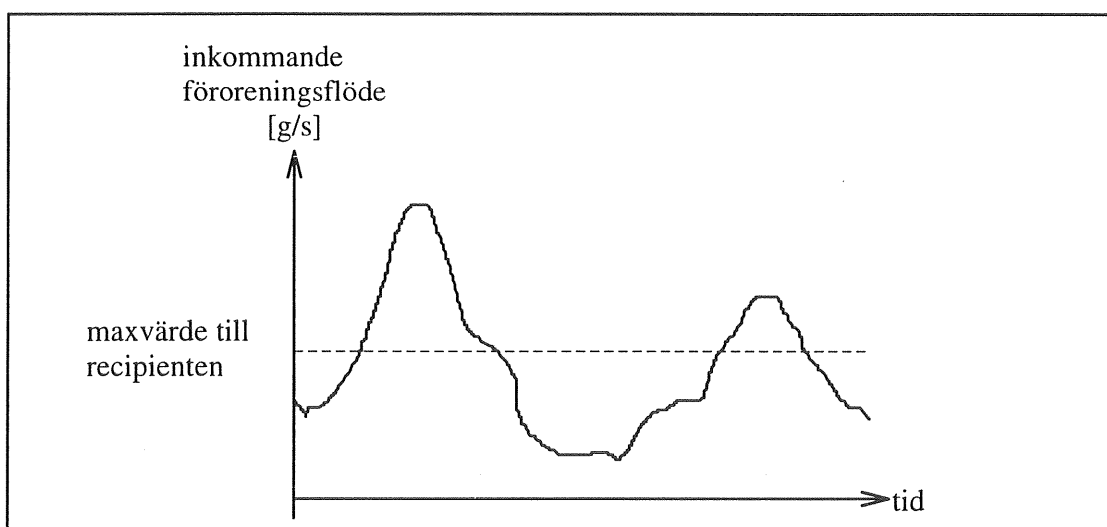
Två metoder av styrning med hjälp av bräddade halter kan föreslås. Den ena bygger på on-linesystem av regnmätare där MOUSE och MOC SOP används för att prognostisera de bräddade föroreningskoncentrationerna. Den andra metoden styrs med on-linemätningar av föroreningskoncentrationer på det bräddade vattnet.

Resultatet av kvalitetsstyrningen för de båda metoderna bör bli ungefär detsamma då skillnaden endast är prognostisering eller mätning av halter.



Figur 6.3: Flödesschema över Kodammarnas pumpstation.

I båda fallen fås en föroreningsgraf med principiellt utseende enligt figur 6.4 nedan. När valt/beräknat maxvärde för bräddade föroreningar till recipienten uppnåtts startar andrapumpen mot Ryaverket och topparna i grafen går på så sätt till rening.



Figur 6.4: Föroreningstoppar ovanför maxvärdet tas till rening.

I dagsläget är inga av dessa metoder aktuella då erforderlig utrustning inte finns tillgänglig utan måste både utvecklas och investeras i.

Vårt arbete med uppbyggnaden av Kodammarnas avrinningsområde i MOUSE och MOCSOP kan ses som en del i det stora projektet att bygga ut ett on-line system med regnmätare.

Kontinuerliga mätningar av föroreningskoncentrationer går idag inte att utföra på avloppsvatten. Utveckling av nya mätmetoder krävs därför för att kunna upprätta grafer av bräddade föroreningar online.

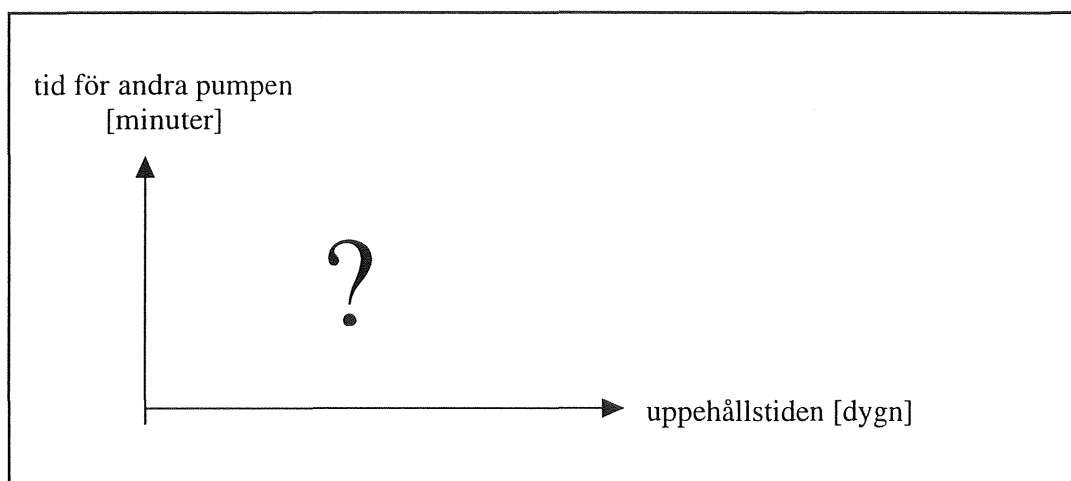
VA-verkets intresse inriktas på utvärdering och eventuell förbättring av befintlig styrmodell (kap 6.3). Någon fördjupning av ovanstående metoder har därför inte gjorts.

6.5 Kvalitetsstyrning med uppehållstid

Denna metod bygger vidare på den nuvarande styrningen som finns beskriven i kapitel 6.3.

6.5.1 Framtagning av styrfunktion

Målet var här att komma fram till en styrfunktion bestående av två variabler. X-axeln beskriver uppehållstiden (tid till föregående bräddning) och y-axeln beskriver tiden som andrapumpen ska pumpa mot Ryaverket.



Figur 6.5: Styrfunktionens variabler.

För att nå målet behövde vi en kontinuerlig resultatserie från MOCSOP att utvärdera föroreningsmängder, tider och volymer i förhållande till uppehållstid med.

Vi hade en serie med inkommande flöde till Kodammarna som sträckte sig över perioden 950101 till 950718 till vårt förfogande som lästes in i MOCSOP. På grund av den stora datamängden lästes endast flöden större än eller lika med 2100 l/s in. Perioden behövde ändå delas upp i två serier (950101-950422 och 950422-950718) p g a sin storlek. Detta kom senare att visa sig praktiskt då det blev stora skillnader i resultaten för vinter- respektive sommarperioden.

Vi valde att endast utvärdera föroreningsparametern fosfor i detta kapitel dels för att fosfor är en ändlig naturresurs och dels för att minimera antalet simuleringar då övriga parametrar varierar på ett liknande sätt.

Med fosfor, P, menas i detta kapitel totalfosfor dvs både organisk och oorganisk form. P_{tot} avser i detta kapitel total mängd totalfosfor i de aktuella försöken.

Ett exempel på ett bräddtillfälle framtaget med MOC SOP visas i tabell 6.1 nedan.

Tid m-dd-hh-mm	Q _{brädd} [l/s]
4 22 3 40	0
4 27 19 10	0
4 27 19 20	420
4 27 19 30	1680
4 27 19 40	1260
4 27 19 50	2100
4 27 20 0	2100
4 27 20 10	2100
4 27 20 20	1050
4 27 20 30	2100
4 27 20 40	630
4 27 20 50	1680
4 27 21 0	420
4 27 21 10	840
4 27 21 20	0
4 27 21 30	840
4 27 21 40	0
4 27 21 50	0

Vidaregående flöde till Ryaverket är 2100 l/s.

$$Q_{\text{brädd}} = Q_{\text{in}} - Q_{\text{vidaregående}}$$

Samtliga resultat och utvärderingar baseras på $Q_{\text{brädd}}$.

Det markerade fältet visar vad vi definierat som ett bräddtillfälle. Uppehåll i bräddflödet (nollor i tabellen) mindre än 20 minuter ignoreras som uppehåll.

Uppehållstiden innan bräddstart i exemplet är:

$$27-22=5 \text{ dygn}$$

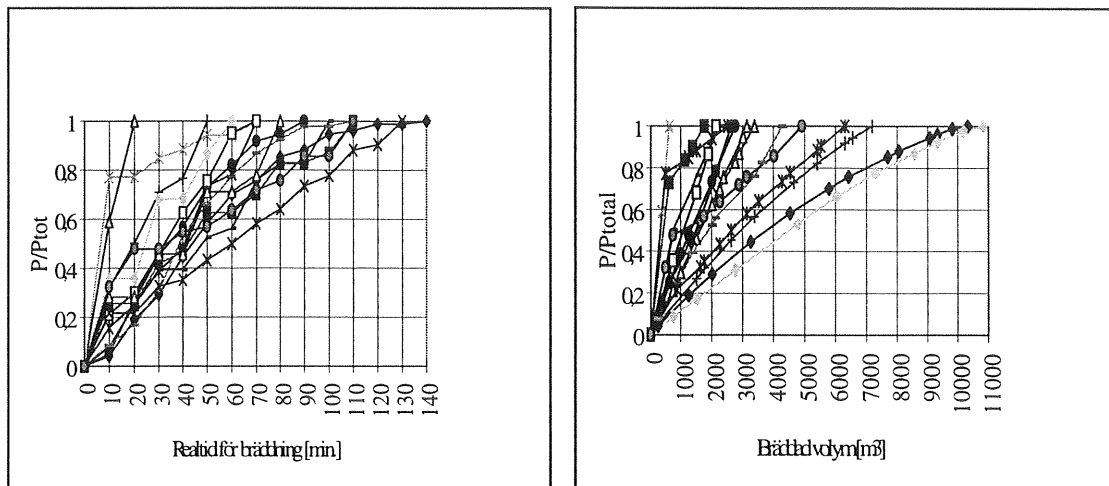
Bräddflödet startar kl 19.10 och slutar kl 21.40. Därefter följer minst 20 minuters uppehåll och bräddtillfället är därför enligt definition slut.

Tabell 6.1: Exempel på ett bräddtillfälle.

Totalt valdes 26 bräddtillfällen varav elva låg i vinterperioden och femton i sommarperioden. Uppehållstiderna på dessa varierade mellan 1-10 dygn. Samtliga längre uppehållstider (7-10 dygn) fanns i sommarperioden.

Av naturliga skäl är alla bräddtillfällen olika. De bräddar olika lång tid och olika stora vattenvolymer. Kvalitetsstyrningens ena parameter kan vara tid eller volym eftersom båda dessa storheter är lätta att mäta.

Spridningen i mätdata hos de båda parametrarna är stor och medelvärden är önskvärt. Utvärderingen av mätdata för båda parametrarna gav att spridningen var större i volym än i tid, se figur 6.6.

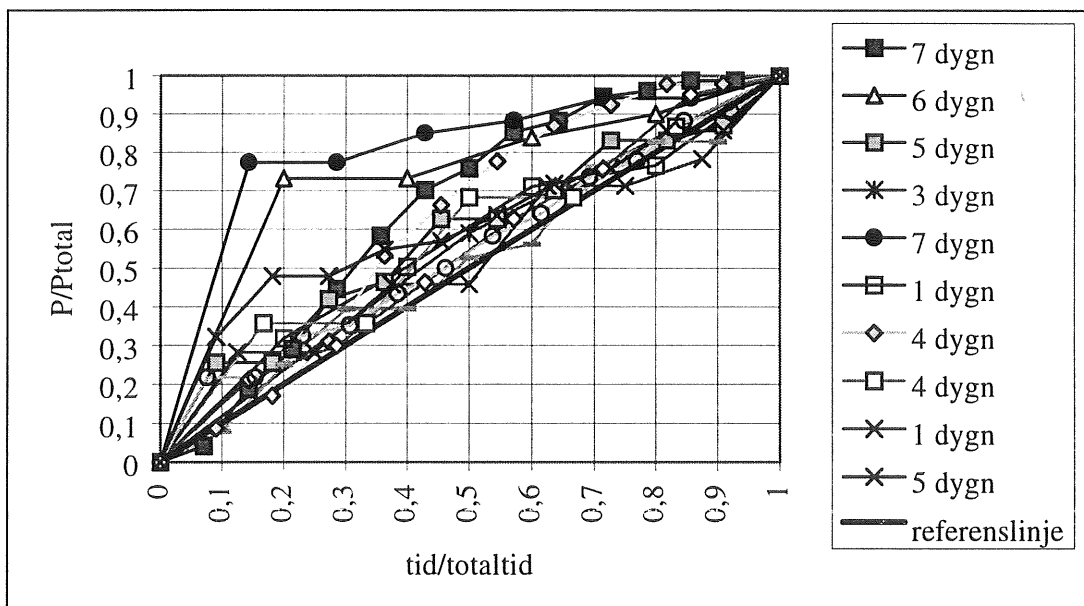


Figur 6.6: Spridning av bräddtid och bräddvolym för en serie olika tillfällen.

På grund av detta valdes tid som parameter i vår styrning. Det är också vad som används i VA-verkets nuvarande styrfunktion, enligt kapitel 6.3. Volymen undersöktes också med avseende på mängden fosfor eftersom den optimala styrfunktionen pumpar en stor mängd föroreningar och en liten volym vatten.

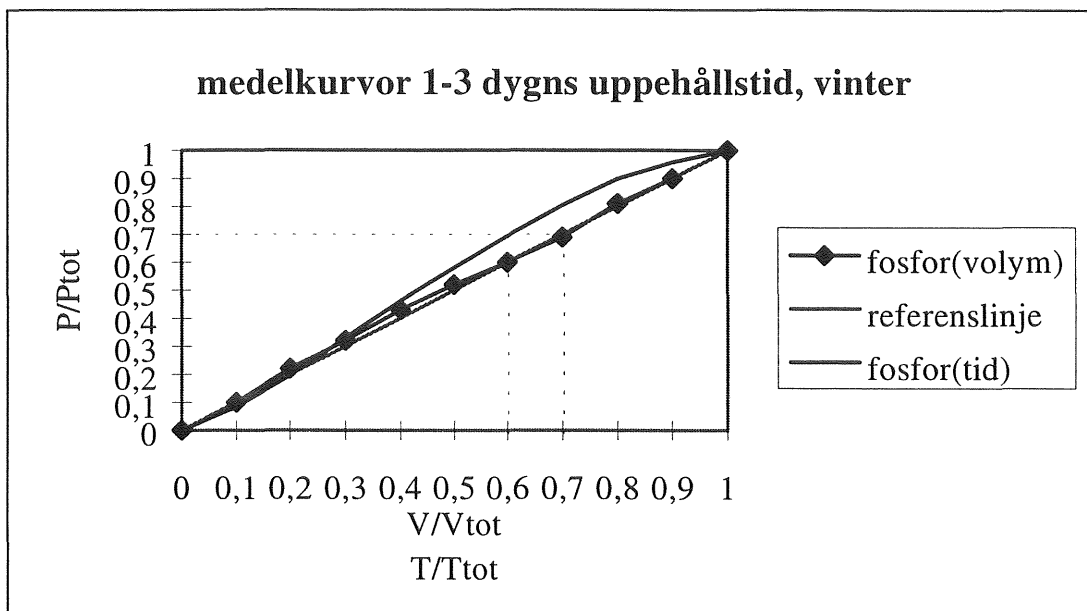
En minskning av nuvarande bräddade föroreningar med 70 % sattes som ett realistiskt villkor för utvärderingen. De tillfällen när inflödet överstiger två pumpars kapacitet tas ingen hänsyn till.

För att utvärdera hur länge andrapumpen ska pumpa till Ryaverket upprättades ett diagram med andelen totalfosfor som funktion av tidsandelen, se figur 6.7. Man ser en tendens till att de kurvor med längst uppehållstid grupperar sig ovanför och ytterst från referenslinjen och de med kortast finns närmast. Liknande diagram gjordes för volymandelar.

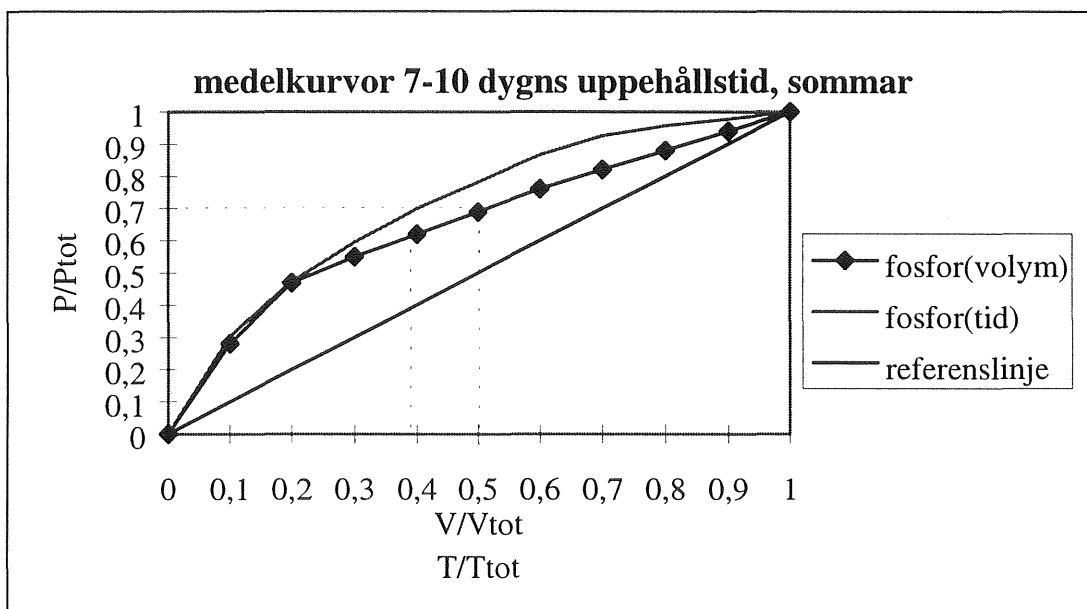


Figur 6.7: Utvärdering av föroreningstransporten för sommarperioden.

Kurvorna delades in i tre grupper med uppehållstid 1-3, 4-6 och 7-10 dygn. Medelvärdeskurvor för uppehållstid 1-3 dygn visas i figur 6.8 och för 7-10 dygn i figur 6.9.



Figur 6.8: Sju bräddtillfällen med uppehållstid 1-3 dygn gav dessa medelvärdeskurvor.



Figur 6.9: Tre bräddtillfällen med uppehållstid 7-10 dygn gav dessa medelvärdeskurvor.

I figuren ser man att first flush är mer uttalat vid långa uppehållstider eftersom kurvornas tangenter är större än ett. För att uppnå 70 %-ig minskning av bräddade föroreningsmängder måste man för långa uppehållstider pumpa 40 % av bräddtiden respektive 50 % av totala bräddvolymen och för korta 60 % av bräddtiden respektive 70 % av totala bräddvolymen, vilket illustreras i figurerna.

Hur lång verklig tid detta motsvarar är svårt att uppskatta eftersom spridningen i tid är stor. För t ex gruppen med 7-10 dygns uppehållstid varierar bräddtiden mellan 70 och 340 minuter. Ett medelvärde för respektive grupp är den metod som valdes för att lösa detta.

Genom att använda medelvärdeskurvorna för de olika grupperna, uppdelat i sommar- respektive vinterperiod, kan andel verklig tid andrapumpen måste gå för att pumpa 70 % av föroreningarna till rening avläsas. Andelarna multipliceras med tiden som bräddningen

pågått för varje enskilt tillfälle. Ett medelvärde inom varje grupp gav två styrkurvor, en för vinter- och en för sommarperioden. De framtagna resultaten visas i tabell 6.2.

uppehållstids- grupp [dygn]	vinter		sommar	
	andel tid [%] givet från medelkurva	verkligt medelvärde [minuter]	andel tid [%] givet från medelkurva	verkligt medelvärde [minuter]
1-3	60	160	63	50
4-6	50	140	52	55
7-10	40	170	40*	70*

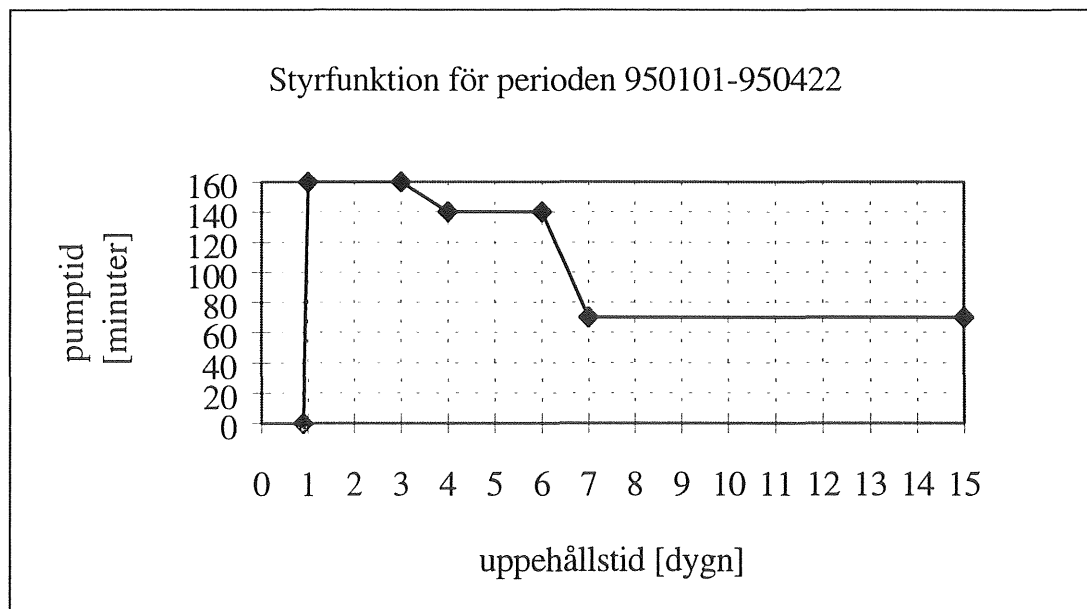
* vinterperiodens värden har använts då det inte fanns tillfällen med 7-10 dygns uppehållstid för sommarperioden. De skuggade partierna beskriver styrkurvornas utseende d v s hur lång tid andrapumpen ska gå.

Tabell 6.2: Framtagning av styrfunktionerna.

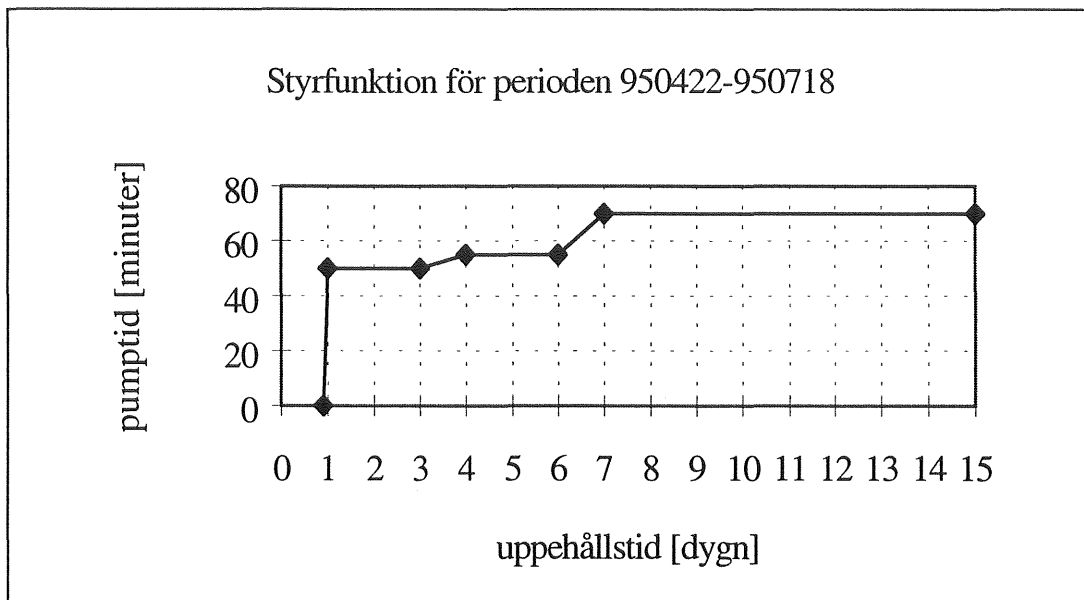
Skillnader i tid mellan vinter och sommar kan bero på att regn, och därmed bräddning, pågår längre tid under vinterperioden än under sommar perioden då regnen ofta är korta och häftiga. Under den utvärderade perioden 950101-950422 förekom inga regn med uppehållstid längre än sex dygn och därför har samma tider använts som för perioden 950422-950718.

För att få bra medelvärden från utvärderingen bör beräkningar göras för en betydligt längre serie än vad som funnits tillgängligt. Nederbörds mängden är dessutom inte karaktäristisk för ett "normalår" då det under sex månader kom ungefär lika mycket nederbörd som det normalt gör under ett helt år.

Värdena från tabell 6.2 definierar grafen, figur 6.10 och 6.11, som skall beskrivas i MOCSOPs D.5-meny.



Figur 6.10: Funktion som baseras på hur lång tid andrapumpen ska pumpa för att 70 % av föroreningarna går till rening. Varje enskilt tillfälle har beaktats.

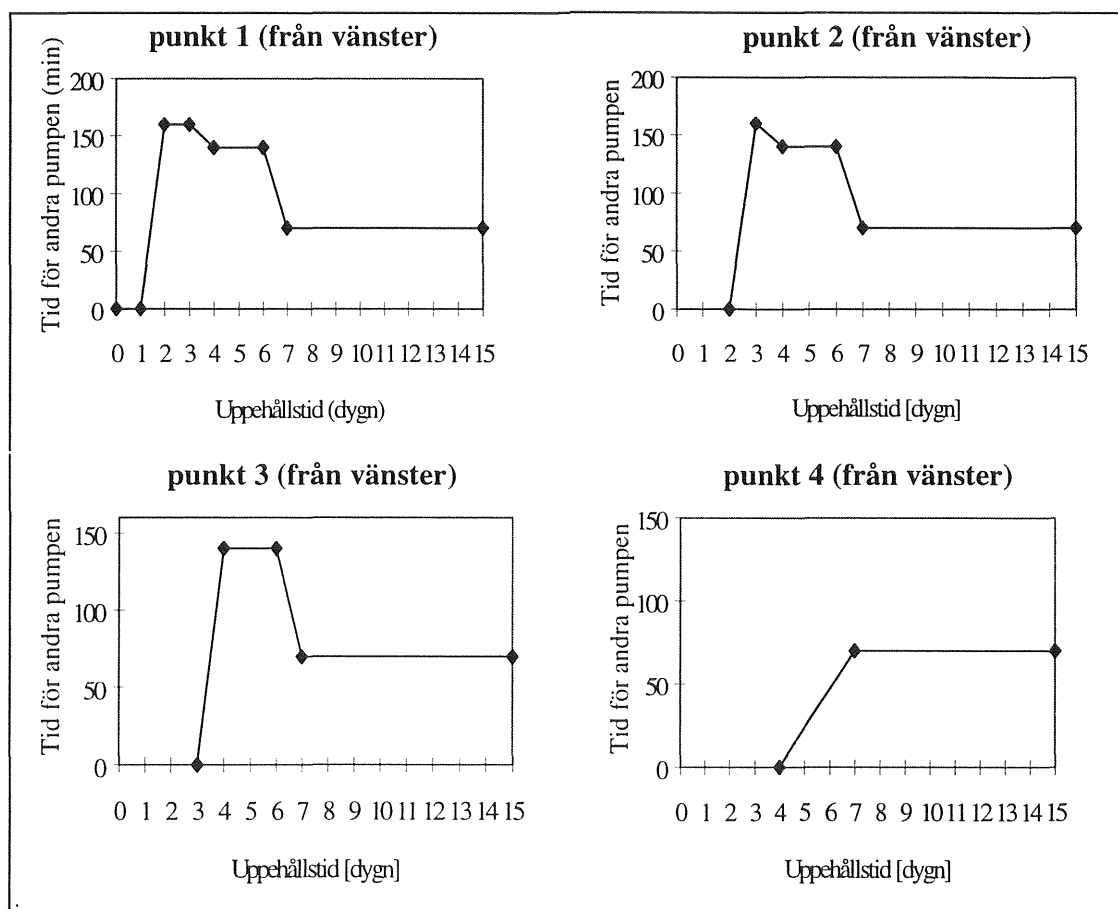


Figur 6.11: Funktion som styr hur länge andrapumpen ska pumpa för att rena 70 % av föroreningarna under 950422-950718.

6.5.2 Utvärdering

De framtagna styrfunktionerna för sommar respektive vinter är teoretiska och bör utvärderas för att kunna förkastas, fastställas eller förbättras.

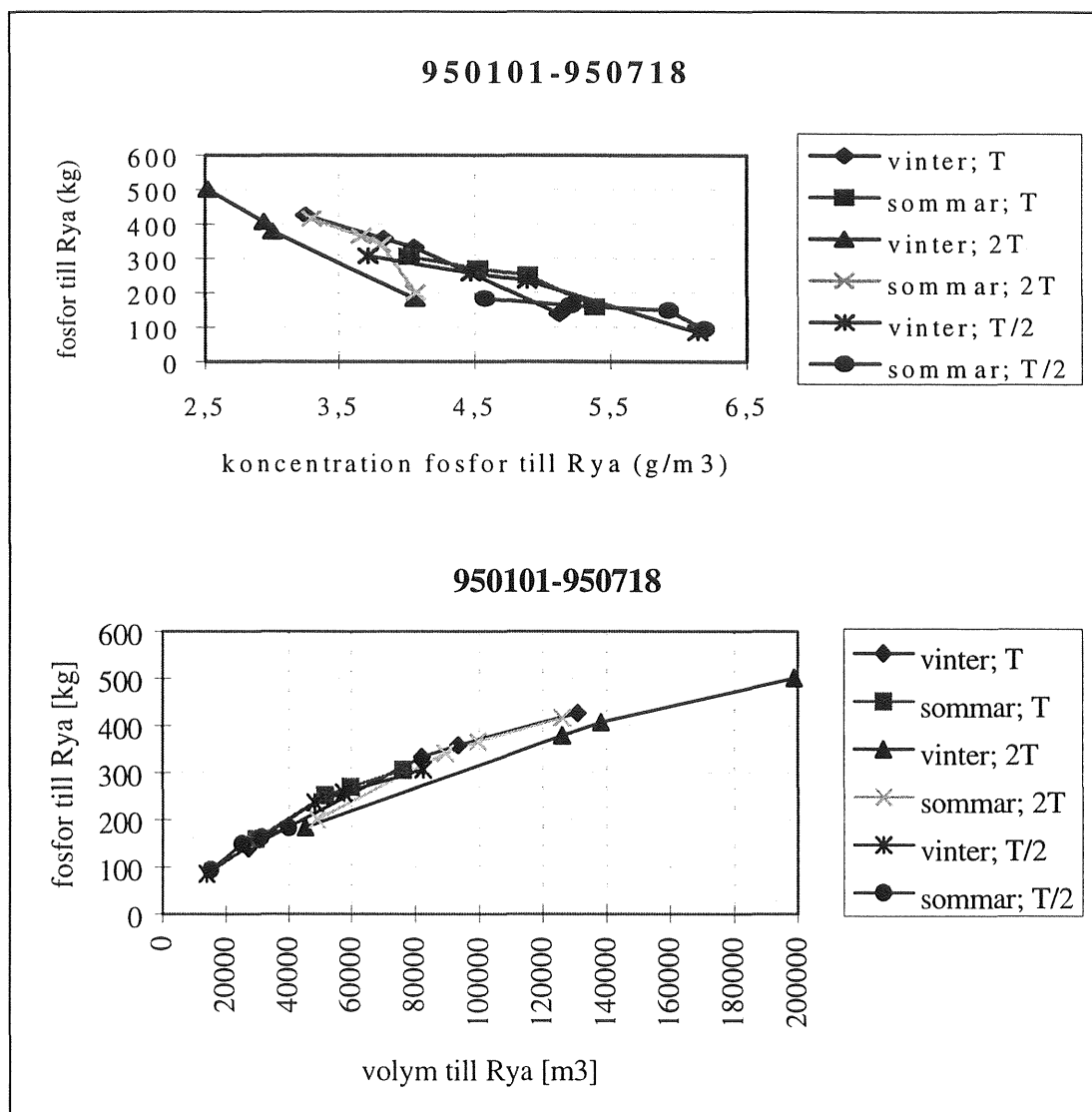
Ett antal variationer på styrfunktionerna användes för simuleringar i MOC SOP. De varierades i pumptid och uppehållstid men bibehöll sin ursprungliga form. Samtliga variationer av styrfunktionerna åskådliggörs i bilaga J.I figur 6.12 visas hur "vinter, T"-kurvan är uppbyggd. T*2-kurvan är uppbyggd på samma sätt men med dubbla pumptiden för andrapumpen och T/2-kurvan med halva tiden. "Sommar"-kurvan (figur 6.11) varierades på samma sätt. Totalt blev detta 24 simuleringar för varje period (950101-950422 och 950422-950718).



Figur 6.12: Fyra punkter i "vinter; T"-kurvan i figur 6.13 nedan.

Resultatet från utvärderingen av styrfunktionerna visas i figur 6.13. Det översta diagrammet beskriver hur stor massa som tas till rening med den kvalitetsstyrda andrapumpen som funktion av koncentration. När kriterier ställts upp för hur höga koncentrationer (som är direkt bunden till volymen och därmed reningsverkets kapacitet) man önskar ta till rening, väljs den styrfunktion som ger högst massa för vald koncentration.

Det undre diagrammet visar hur stora volymer som krävs för att pumpa (med andra pumpen) den extra fosformängden till rening för olika styrfunktioner under perioden. I det allmänna fallet utgår man från övre figuren med koncentration på x-axeln då den andra har parametern volymer som är specifika för den undersökta perioden.



Varje *kurva* representerar en pumptid T, T*2 eller T/2 där T är samma tid som i styrmodellen kapitel 6.5.1

Varje *punkt* på kurvan representerar ny uppehållstid.

Sommar/ vinter är ursprungsformen på styrmodellen.

Figur 6.13: Utvärdering av olika styrfunktioner.

Målet är som tidigare nämnts mycket föroreningar och lite vatten till avloppsreningsverket. Parametrar som kan ligga till grund för val av styrfunktion är avloppsreningsverkets mottagarkapacitet, ekonomiska aspekter och/eller recipienttolerans.

Mottagarkapacitet

När utbyggnaden av Ryaverket är färdigt kommer kapaciteten vara drygt 8 m³/s och överstigande flöde bräddas efter mekanisk rening till Göta älvs mynning. Detta sker vid längre regn när dagvattenflödet blir mycket stort. Korta intensiva regn behöver däremot inte ge upphov till bräddning vid Rya då magasinseffekten i tunnlarna jämnar ut topparna.

Det är svårt att förutsäga när flödet kommer att överstiga 8 m³/s. Det är därför svårt att veta när kvalitetsstyrning är meningsfull och hur stora volymer man kan pumpa från Kodammarnas pumpstation.

Ett flödesmedelvärde över året ger ett felaktigt resultat då det är de enskilda händelsernas speciella utseende som ger upphov till bräddning vid Ryaverket.

Även lokala nederbördsvariationer har betydelse. Ibland kan det regna mycket över delar av Kodammarnas avrinningsområde men nästan inget över andra delar av Ryaverkets avrinningsområde. Vid sådana tillfällen är det inget problem att pumpa mer vatten från Kodammarna till rening.

Från resonemanget ovan är det problematiskt att sätta en gräns för koncentrationen (och därmed ökad volym) till Rya över en längre period och utgående från detta välja styrstrategi.

Ekonomi

För att finna en styrstrategi kan man göra en ekonomisk betraktelse där man jämför kostnad med nytta. Nedan följer en grov uppskattning där antagandet om att reningen av fosfor är 90 %-ig oavsett flödet genom reningsverket samt att inga utbyggnader av verket behöver göras.

Marginalkostnaden för att ta en extra kubikmeter till rening är ungefär 3 öre, Peter Balmer (1995), och omfattar endast energi som åtgår till pumpning av avloppsvattnet

Att värdera nyttan som ges av att rena 1 kg fosfor kan göras hypotetiskt på flera olika sätt:

1. Priset på handelsgödsel är i storleksordningen 10 kr/kg fosfor [21].
2. I Tyskland vill man lägga en utsläppsavgift på fosfor från år 1999. Avgiften för överutläpp sätts till ungefär 140 kr/kg fosfor [21].

Ett exempel där man räknar med 90-procentig rening av den totala massan fosfor som pumpas från Kodammarna till Rya med andrapumpen då andrapumpen alltid är kopplad mot Rya visas nedan för perioden 950101-950718:

$$\text{marginalkostnad: } 839\,500 \text{ m}^3 \cdot 0,03 \text{ kr} = 25\,000 \text{ kr}$$

1. nytta: $1\,433 \text{ kg P} \cdot 0,9 \cdot 10 \text{ kr/kg P} = 12\,900 \text{ kr}$

$$12\,900 - 25\,000 = -12\,100 \text{ kr i förlust}$$

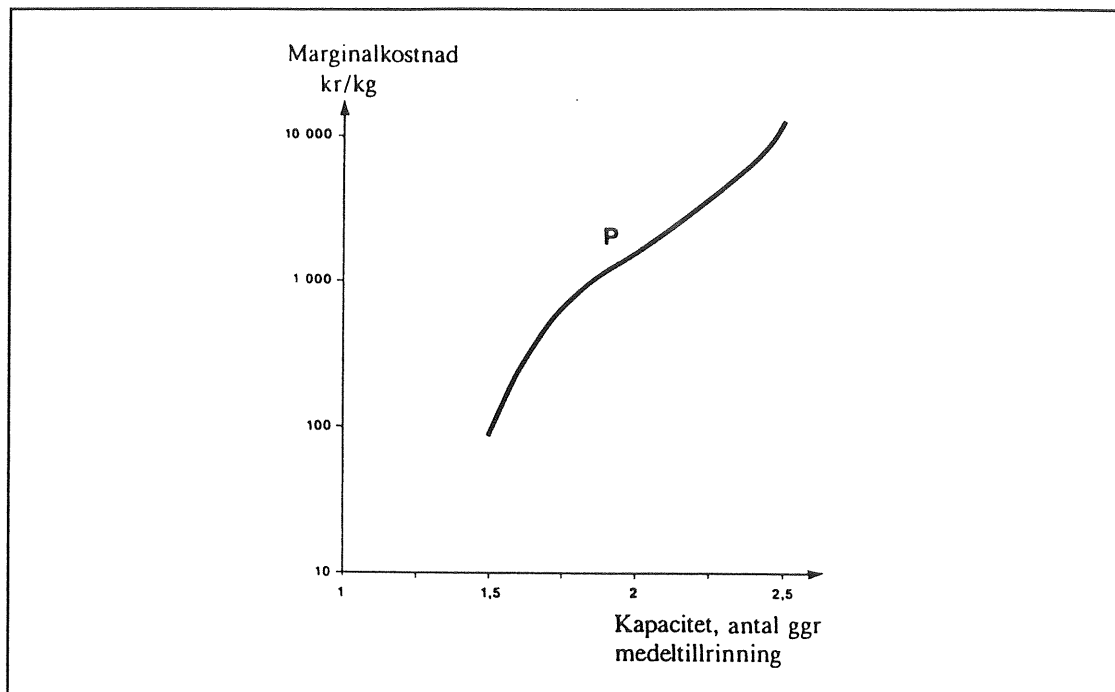
2. nytta: $1\,433 \text{ kg P} \cdot 0,9 \cdot 140 \text{ kr/kg P} = 180\,600 \text{ kr}$

$$180\,600 - 25\,000 = 155\,600 \text{ kr i vinst}$$

Enligt förutsättningarna ovan är en kvalitetstyrning för att minska kostnaden nödvändig i första fallet, i andra fallet lönar det sig att pumpa med två pumpar till Ryaverket.

En mer korrekt utförd kostnads-nyttoanalys omfattar eventuella utbyggnadskostnader för ökad reningskapacitet för extra volymer som kvalitetsstyrningen medför. Peter Balmer har i ett föredrag vid Föreningen Vattens 50-års jubileum, 6 oktober 1994 [21], framfört en beräkning för marginalkostnaden för ökad fosforrening genom ökad reningskapacitet vid Ryaverket. Se figur 6.14 nedan. Balmer jämför sedan kostnaden med nyttan som marknadsvärdet på handelsgödsel och de tyska utsläppsavgifterna. Denna jämförelse ger att det måste finnas mera kostnadseffektiva sätt än utbyggnad av reningsverk för att minska fosforutsläppen.

Ryaverket. Se figur 6.14 nedan. Balmer jämför sedan kostnaden med nyttan som marknadsvärdet på handelsgödsel och de tyska utsläppsavgifterna. Denna jämförelse ger att det måste finnas mera kostnadseffektiva sätt än utbyggnad av reningsverk för att minska fosforutsläppen.



Figur 6.14: Marginalkostnad för ökad fosforrening genom ökad reningsverkskapacitet.

Kvalitetsstyrning av first flush kan vara ett alternativ för att minimera volymen och maximera föroreningarna.

Recipienttolerans

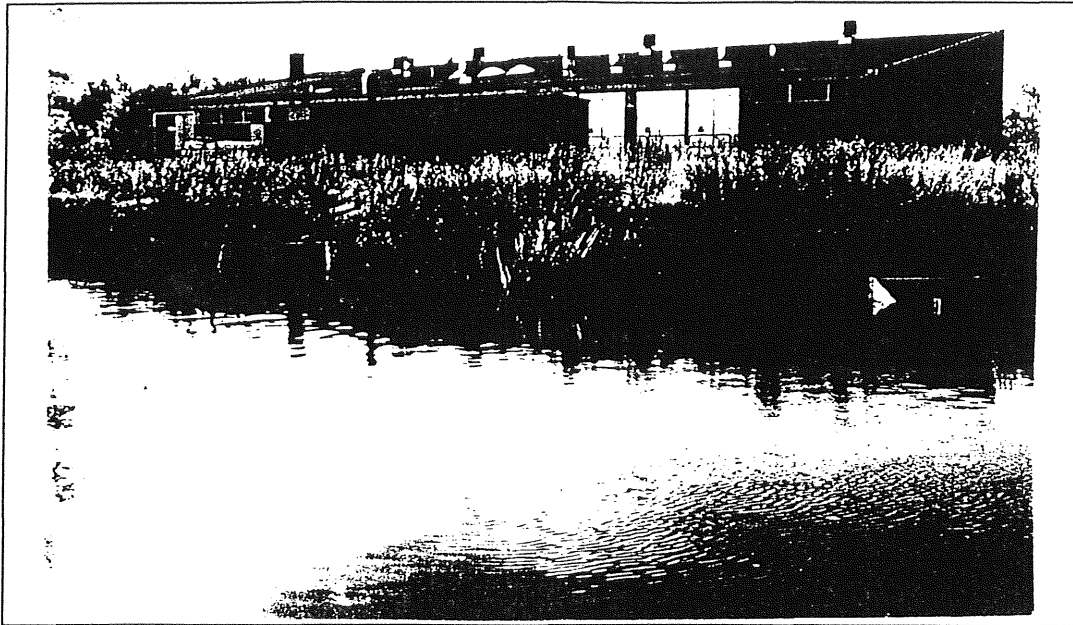
Recipienten påverkas olika av fosfor, organisk substans och bly. Tillgången på fosfor styr tillväxten av alger och annan växtlighet och bidrar därmed till eutrofiering. När alger och växter dör bryts de ned med hjälp av syreförbrukande organismer på samma sätt som organisk substans. Detta kan leda till syrebrist i vattendraget [4].

Bly och andra metaller kan vara toxiska som påverkar de vattenlevande djuren.

Recipientpåverkan ger en kemisk toxicitet och en instabilitet hos habitatet. Sammansättningen av arterna i en recipient kan därför förändras med en utslagning av känsliga arter som följd. Bioindikatorer, t ex vattenmossa och musslor, kan vara ett bra sätt att få en uppfattning av hur påverkat vattnet är. T. Larm: Dagvattnets sammansätt [22].

Svavelvätebildning, luktproblem, försämrat siktdjup och ett mindre estetiskt tilltalande vatten är andra effekter som kan uppkomma i en recipient.

Kodammarnas bräddpunkt ligger i Gullbergsån som går ihop med Säveån 100 meter nedströms denna punkt. Ytterligare 300 meter nedströms rinner Säveån ut i Göta älv (se figur 6.15). Gullbergsåns flöde är lågt varför Gullbergsån lokalt är en känslig bräddpunkt främst för BOD. Medelflödet i Gullbergsån är $3,5 \text{ m}^3/\text{år}$ och minflödet $0,3 \text{ m}^3/\text{år}$.



Figur 6.15: Kodammarna bräddpunkt.

Ryaverkets bräddpunkt ligger vid Rya Nabbe i Göta älvs mynningsområde, ca 900 meter väster om Älvsborgsbron. Behandlat och eventuellt bräddat avloppsvatten leds dit via bergtunnel och ledningar.

Älven har medelflöde på ca $150 \text{ m}^3/\text{s}$, flödet kan variera mycket beroende på tappning vid Lilla Edet, vind och nederbörd.

Provtagning har visat att älvens mynningsområde är fosforbegränsat vilket betyder att kvävereningen vid Ryaverket troligen inte har någon positiv effekt på älven. Miljörapport GRYAAB, 1993 [23]. Ett annat resultat från provtagningarna visar att Ryaverkets utsläpp av fosfor till älvmynningen i det närmaste är försumbart jämfört med tillförseln från bottenvatten. Ytterligare förbättringar av fosforeringen kan därför inte förväntas ge några positiva miljöeffekter.

Kodammarnas pumpstation står för en fjärdedel av totalt inkommande avloppsvatten till Rya.

6.6 Val av styrfunktion

Generellt kan sägas att begränsande faktor för hur mycket avloppsvatten som kan pumpas till rening blir mottagarkapaciteten vid avloppsreningsverket. Två fall kan diskuteras: dels då mottagarkapaciteten är obegränsad, dels då den är begränsad. Förutsättningarna i Kodammarnas pumpstation för de båda fallen är desamma.

6.6.1 Obegränsad mottagarkapacitet i reningsverket

I fallet då reningsverket har obegränsad kapacitet blir kvalitetsstyrning i syfte att brädda vatten efter first flush i en punkt innan avloppsreningsverket är inte nödvändigt eftersom

verket kan ta emot obegränsade volymer och allt avloppsvatten innehåller mer eller mindre föroreningar. Allt inkommande vatten till pumpstationen kan således pumpas till rening.

Begränsningar uppkommer istället i Kodammarnas pumpstation och i tryckledningarna under Göta älv som idag är inställt så att två pumpar kan gå mot Ryaverket. För att klara flödestopparna behöver kapaciteten ökas. Ekonomiskt betyder detta att man måste jämföra nyttan med att hindra näringsämnen och föroreningar att nå recipienten mot kostnaden som en kapacitetsökning innebär.

Kodammarnas pumpstation består idag av sex pumpar varav fyra teoretiskt kan kopplas till de två tryckledningarna mot Ryaverket. Varje pump har kapaciteten $2,1 \text{ m}^3/\text{s}$ och när två pumpar kopplas till samma tryckledning får de kapaciteten $3,7 \text{ m}^3/\text{s}$. Kapaciteten skulle då totalt uppgå till $3,7 \cdot 2 \text{ m}^3/\text{s}$. Nästan samtliga flödestoppar kan teoretiskt klaras utan utbyggnad. Någon kostnad för nyinvestering blir inte aktuellt.

Slutsatsen blir att det är lönsamt att pumpa allt avloppsvatten till Ryaverket för rening om man jämför nyttan med att hindra näringsämnen och föroreningar att nå recipienten, 140 kr/kg fosfor, mot kostnaden som en kapacitetsökning innebär dvs 3 öre/m^3 .

6.6.2 Begränsad mottagarkapacitet i reningsverket

Vid begränsad kapacitet i reningsverket kan inte samtliga flödestoppar tas till rening och bräddning blir aktuellt. Bräddningen kan göras så effektiv som möjligt genom att kvalitetsstyra first flush, som innehåller det mest förorenade vattnet, till Ryaverket.

Hur liten koncentration, med andra ord hur stor volym, som kan styras från Kodammarna till Rya kan beräknas överslagsmässigt genom en massbalansberäkning.

Förhållanden vid Rya [23]:

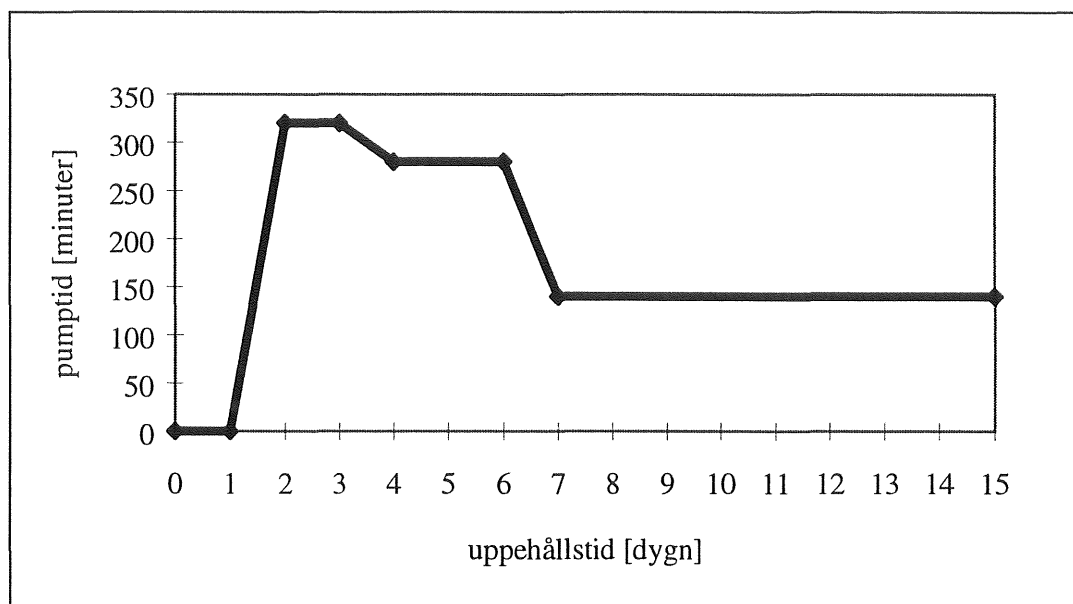
$$\begin{aligned} Q_{\text{medel}} &= 3,75 \text{ m}^3/\text{s} \\ P_{\text{tot, medel}} &= 5,3 \text{ g/m}^3 \\ Q_{\text{dim, utbyggnad}} &= 8 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$\text{massbalans: } 8 \text{ m}^3/\text{s} \cdot c = 3,75 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 5,3 \text{ g/m}^3 \Rightarrow c = 2,5 \text{ g/m}^3$$

Följande antaganden är gjorda:

- vattnet är totalomblandat.
- rätlinjig utspädning (ingen hänsyn tagen till first flush) av avloppsvattnet vid ökat dagvattenflöde.
- koncentrationen från övriga anslutningspunkter till Rya följer koncentrationen från Kodammarna.

Om två pumpar hela tiden är kopplade mot Rya blir medelkoncentrationen $1,75 \text{ g/m}^3$ för samtliga bräddtillfällen under perioden 950101-950718. Viss kvalitetsstyrning krävs därmed för att inte underskrida koncentrationen som ger bräddning vid Rya ($2,5 \text{ g/m}^3$). Styrfunktionen som kommer närmast villkoret är "vinter; $T \cdot 2$ " enligt figur 6.16.



Figur 6.16: Styrfunktion som ger en ungefärlig koncentration på $2,5 \text{ gP/m}^3$ till Rya.

7 Resultat och diskussion

Arbetet har varit uppdelat i tre delar och resulterat i en enkel realtidsstyrd beslutsmodell för kvalitetsstyrning av bräddflödet i Kodammarnas pumpstation. De två första delarna bestod av uppbyggnad, kalibrering och verifiering av modellen i MOUSE respektive MOCSOP för Kodammarnas avrinningsområde. I tredje delen användes föroreningsberäkningarna från MOCSOP som underlag för att bygga upp en styrfunktion.

MOUSE-modellen

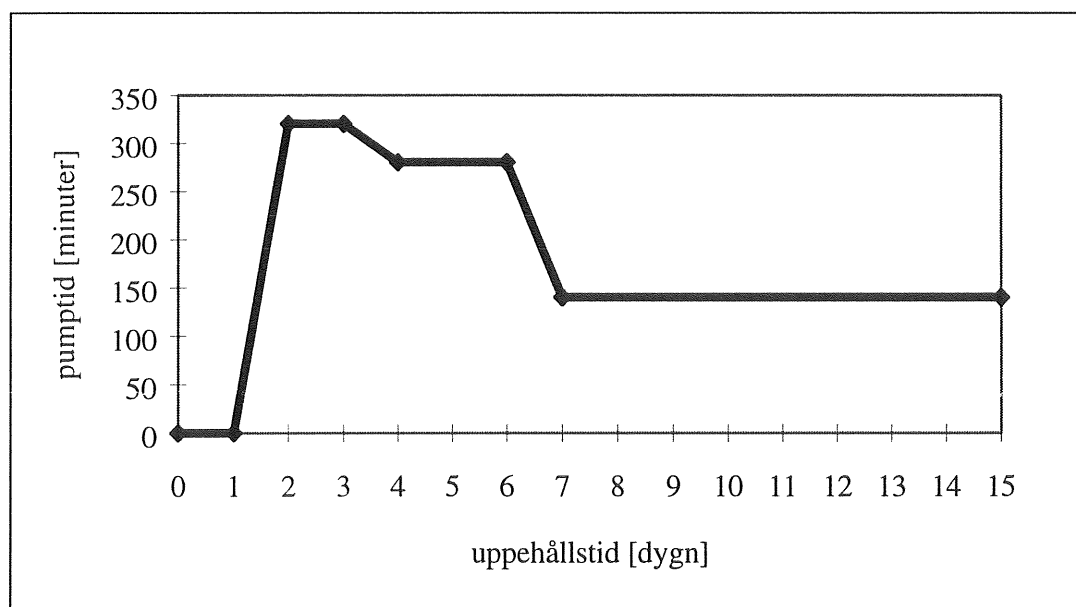
MOUSE-modellen för Kodammarnas avrinningsområde har byggts upp i MOUSE-GRUND+RÖR och kalibrerats och verifierats för sex regntillfällen mot flöden i Kodammarnas pumpstation. Överensstämmelse för övriga knutpunkter har inte undersökts. Modellen har inte använts för flödessimuleringar till MOCSOP då längre perioder inte kunnat simuleras på grund av långa beräkningstider. MOUSE GRUND+RÖR tar inte hänsyn till årstidsvariationer i basflödet utan extra basflöden adderas manuellt vid årstider med mer grundvatteninträngning.

MOCSOP-modellen

Sex olika bräddtillfällen med tillhörande kvalitetsmätningar har använts vid kalibreringen av MOCSOP-modellen och två tillfällen har använts vid verifieringen. När god överensstämmelse uppnått mellan beräknade och verkliga föroreningsgrafer simulerades perioden 950101-950718. Resultatet (föroreningsgraf) från den simulerade perioden användes vid framtagande av kvalitetsstyrningsfunktionen. MOCSOP är en enkel föroreningsberäkningsmodell. Programets uppbyggnad ger t ex inte utrymme för att beräkna dynamiska förhållanden.

Kvalitetsstyrningsmodellen

Vilken styrfunktion som anses bra är beroende av varför man vill styra och hur begränsningarna i systemet ser ut. Under förutsättning att Ryaverkets mottagarkapacitet är 8 m³/s och medelkoncentrationen av fosfor inte understiger 2,5 g/m³ har styrfunktionen i figur 7.1 ansetts mest lämplig.

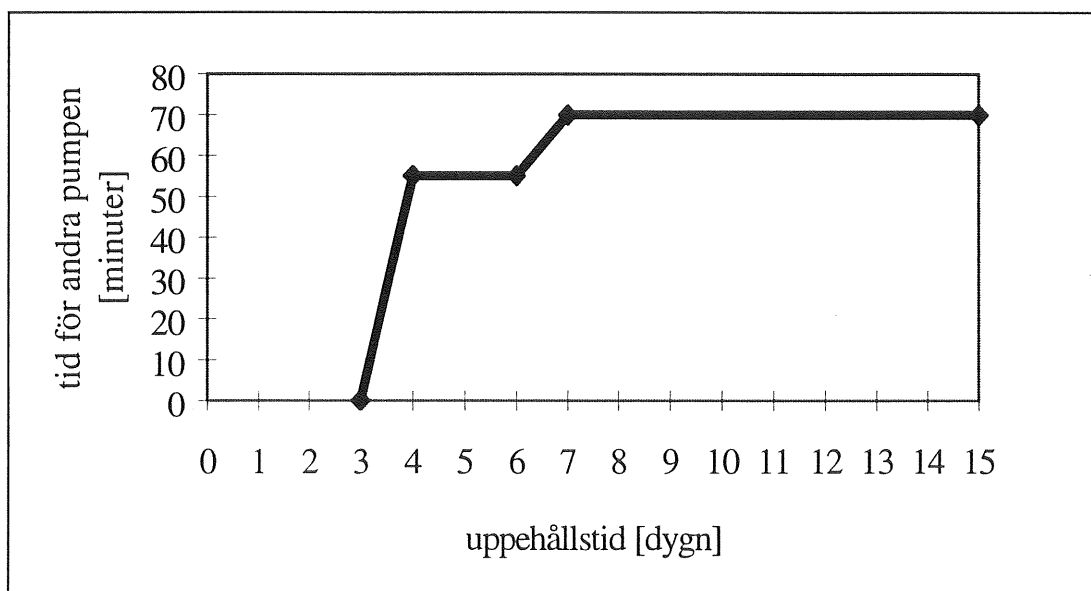


Figur 7.1: Styrfunktion för maximalt utnyttjande av Ryaverkets kapacitet.

När Ryaverkets utbyggnad är klar beräknas mottagarkapaciteten bli ungefär $8 \text{ m}^3/\text{s}$. För att undvika bräddning vid Rya får inte koncentrationen av fosfor i avloppsvattnet understiga $2,5 \text{ g/m}^3$ för det inkommande vattnet. Beräkningen gäller vid antagandet att utspädningen är densamma för alla inkommande grenar till Ryaverket. Vid långvariga häftiga regn kommer det dock att brädda vid Ryaverket då koncentrationen understiger $2,5 \text{ g/m}^3$ för samtliga inkommande grenar.

Peter Balmer har i ett föredrag vid Föreningen Vattens 50-års jubileum, 6 oktober 1994 [21], tagit upp frågan om det renas för mycket. Eftersom rening alltid är resurskrävande kan man fråga sig om inte en reningsåtgärd som inte leder till någon miljöförbättring eller minskar någon miljörisk är ett resursslöseri. Renas det för mycket relativt andra miljövårdsåtgärder, vad ska prioriteras? Kan man inte göra någonting åt utsläppskällorna istället för att rena? Detta är några av frågorna som Balmer tar upp och som är relevanta när kvalitetsstyrning/flödesstyrning diskuteras eftersom vattenmassorna till slut kommer till reningsverket.

För att minska på vattenvolymer till reningsverket kan en kvalitetstyrningsfunktion som ger en högre koncentration av föroreningar vara att föredra, se figur 7.2. Bräddning sker till Gullbergsån istället för till Göta älv. Om det är bra eller dåligt ur recipientsynpunkt beror på hur utspätt bräddvattnet är och hur stort flödet i Gullbergsån är för tillfället. Generellt kan sägas att Göta älv är en tåligare recipient än Gullbergsån.



Figur 7.2: Kvalitetsstyrningsfunktion som tar mycket fosfor och små volymer till rening.

En jämförelse mellan de båda styrfunktionerna ger att man med andrapumpen tar dubbelt så mycket fosfor till rening vid fullt utnyttjande av reningsverkets kapacitet. Priset blir att man pumpar fyra gånger så stor volym till reningsverket. Detta gäller för den utvärderade perioden 950101-950718.

8 Vidare arbeten

MOUSE-NAM

För att få ett bättre statistiskt underlag för inflöden i någon föroreningsmodell t ex MOC SOP kan en modell med MOUSE-NAM byggas upp.

MOUSE-NAM är en generell hydrologisk modell för urbana områden. Modellen tar hänsyn till både snabb avrinning från t ex hårdgjorda ytor och den trögare avrinningen orsakad av exempelvis en mer eller mindre snabb dränering till ledningssystemet av omkringliggande mark. Den senare är starkt påverkad av tidigare hydrologiska händelser.

MOUSE-NAM kan med fördel användas utan koppling till en hydraulisk modell. Efter verifiering av en MOUSE-NAM modell för exempelvis ett pumpstationsområde kan modellen belastas med en längre nederbördsserie med hög tidsupplösning. Den beräknade flödesbelastningen för pumpstationen kan sedan bearbetas statistiskt genom att exempelvis studera flöden och volymer över alternativa pumpkapaciteter [24].

MOUSE_{Rya} + MOUSE_{Kodammarna}

Genom att lägga ihop MOUSE-modellerna för Ryaverket respektive Kodammarnas pumpstation kan man dels undersöka hur stora volymer man kan pumpa från Kodammarna och dels se hur kvalitetsstyrningen vid Kodammarna kan påverka Rya.

Alternativa kvalitetsstyrningsmetoder

Utvärdera effekterna av andra kvalitetsstyrningsmetoder som t ex magasinering, LOB (lokalt omhändertagande av bräddvatten), ett eget reningsverk vid Kodammarna o s v.

I detta arbete antogs att 70% av de bräddade föroreningarna då ingen styrning användes skulle tas till rening oavsett hur lång föregående uppehållstid varit. Ett förslag är att prova med lägre procenttal för korta uppehållstider och högre än 70% för långa uppehållstider. Detta kan resultera i att vatten med högre koncentration av föroreningar ges större vikt.

9 Slutsatser

Att kvalitetsstyra pumpningen i ett kombinerat avloppssystem är ett dynamiskt och komplext problem. Antalet påverkande parametrar på systemet är många och att använda pumptid och uppehållstid att styra efter medför en kraftig förenkling av verkligheten. För att kunna göra förenklingarna trovärdiga behövs långa mätserier av de olika föroreningsparametrarna etc.

För att komma fram till ett konkret resultat behövs ett väldefinierat mål för styrningen. Kvalitetstyrning exemplifierat på Kodammarnas pumpstation delades upp i två alternativ. Det ena alternativet, då avloppsreningsverkets kapacitet efter utbyggnad är begränsat till 8 m³/s, gav att en utspädning av fosfor > 2,5 g/m³ skulle gå att pumpa till Ryaverket innan det börjar brädda vid Ryaverket. Kvalitetstyrningsfunktionen på andrapumpen medför att stora volymer avloppsvatten pumpas till Ryaverket

Andra alternativet gick ut på att minska på vattenvolymer till reningsverket. Då kan en kvalitetstyrningsfunktion som ger en högre koncentration av föroreningar vara att föredra. Ryaverkets kapacitet utnyttjas då inte fullt ut. Styrfunktionen fick då ett principiellt annat utseende.

En jämförelse mellan de båda styrfunktionerna ger att man med andrapumpen tar dubbelt så mycket fosfor till rening vid fullt utnyttjande av reningsverkets kapacitet. Priset blir att man pumpar fyra gånger så stor volym till reningsverket. Detta gäller för den utvärderade perioden 950101-950718.

Vilket alternativ som är att föredra beror på om man är ute efter att uppnå maximal rening av näringsämnen och föroreningar eller en effektivisering av pumpningen av avloppsvatten till rening. De olika recipienternas tålighet för yttre påverkan är ett annat skäl till varför man vill förändra flödet.

Referenser

Litteraturreferenser

- [1] Regeringens proposition 1992/93: 180, 1993: *Om riktlinjer för en kretsloppsanpassad samhällsutveckling*, Stockholm.
- [2] Naturvårdsverkets rapport 4418, ISSN 0282-7298, 1995, *Användning av avloppsslam i jordbruket*, Solna.
- [3] Hargelius K, Holmstrand O, Karlsson L, Scandiakonsult AB, Mark och Vattenmiljö, Göteborg, AFR-report 58, ISSN 1102-6944, 1994, *Det kretsloppsanpassade avloppssystemet*, Stockholm.
- [4] Wiederholm T, Naturvårdsverkets rapport 3627, ISSN 0282-7298, 1989: *Bedömningsgrunder för sjöar och vattendrag-bakgrundsdokument 1*, Solna.
- [5] Lithner G, Naturvårdsverkets rapport 3628, ISSN 0282-7298, 1989: *Bedömningsgrunder för sjöar och vattendrag-bakgrundsdokument 2*, Solna.
- [6] Holmberg J, doktorsavhandling, 1995, *Socio-ecological principles and indicators for sustainability*, Göteborg.
- [7] Johansson P, doktorsavhandling, 1994, *Siphon, a kinetic model for simulation of biological phosphate removal*, Lund.
- [8] Danish Hydraulic Institute, 1994: *MOUSE Manual och Dokumentation*, Stockholm.
- [9] VA-verket, 1995, MOCSOP manual, Göteborg.
- [10] Lyngfelt S, report series B:51, 1989: *Styrning av flöden i avloppssystem*, Göteborg.
- [11] Jank B, volume 28, number 11-12, ISSN 0273-1223, 1993: *Water science and technology*, pp 273-282, Oxford.
- [12] Stockholm Vatten, Ohlsson M, 1995, *Utdrag ur funktionsbeskrivning av magasinering av avloppsvatten i Ormen*, Stockholm.
- [13] VA-verket, Andersson B, Nyberg U, 1994, *Integrerad styrning av avloppsledningsnät och avloppsreningsverk i Malmö*, Malmö.
- [14] Nilsdal J-A, delrapport, 1991: *Bräddavloppsvattnets kvalitet och volymer*, Göteborgs vatten- och avloppsverk, Göteborg.
- [15] VA-verket, Projekteringsavdelningen, 1994: *Kodammarnas avloppspumpstation-beskrivning av kvalitetsmätningar 93-95.-sammanställning och utvärdering av resultat.*, Göteborg.
- [17] Chalmers, VA-teknik, 1993: *Kompendium i VA-teknik VA-ledningsteknik*, Göteborg.

- [19] Knutsson G, Morfeldt C-O, 1993: *Grundvatten-teori & tillämpning*, AB Svensk Byggtjänst, Solna.
- [20] Lyngfelt S, Svensson G, 1994: *Proceedings: International User-Group Meeting, IUGM94*, Göteborg.
- [21] Föreningen Vatten, nr 4, 1994: *Vatten- Tidskrift för vattenvård*, pp 347-350, Lund.
- [22] Larm T, rapport nr 1994-06, 1994, *Dagvattnets sammansättning, recipientpåverkan och behandling*, svenska vatten- och avloppsverksföreningen, VAV, Stockholm.
- [23] GRYAAB, rapport 1994:1: *Miljörapport GRYAAB 1993*, Göteborg.

Övrig litteratur

VA-verket, rapport, 1993: *Nederbörden i Göteborg 1993*, Göteborg.

VA-verket, rapport, 1994: *Nederbörden i Göteborg 1994*, Göteborg.

VA-verket, Projekteringsavdelningen, 1993: *Åtgärdsplan avlopp*, Göteborg.

Personreferenser

Handledare:

- [16] Jansson Johan, civilingenjör, Projekteringsavdelningen, VA-verket, Göteborg.

Svensson Gilbert, högskolelektor, VA-teknik, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg.

Övriga:

Persson Bernt, avdelningschef, Projekteringsavdelningen, VA-verket, Göteborg.

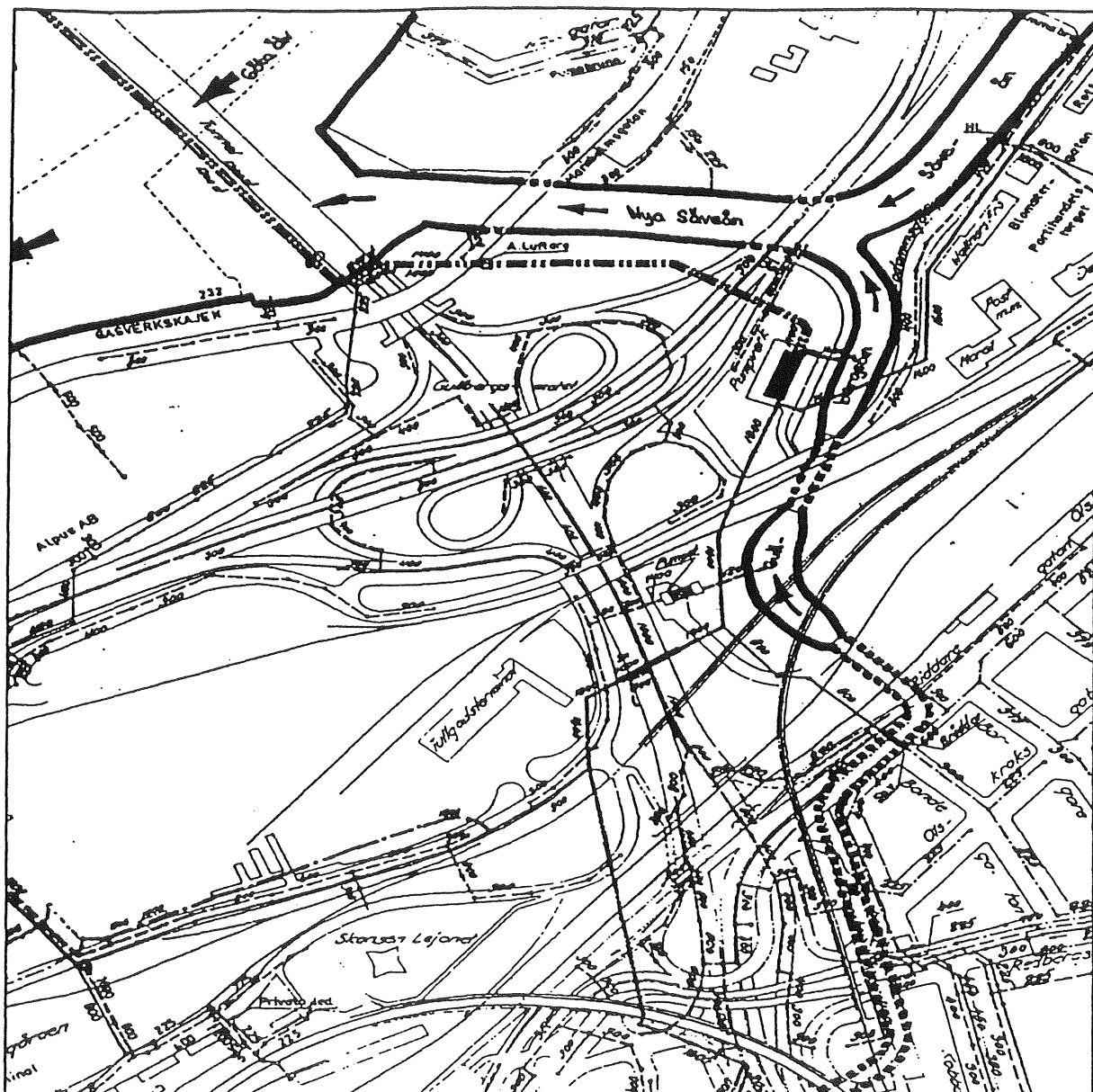
Bilagor

Bilaga A	Kartor
Bilaga B	Beskrivning av nuvarande styrfunktion för Kodammarnas pumpstation.
Bilaga C	Utskrift av indata till MOUSE-modellen.
Bilaga D	Kalibreringsgrafer från MOUSE.
Bilaga E	Verifieringsgrafer från MOUSE.
Bilaga F	Manual till MOCSOP.
Bilaga G	Kalibreringsgrafer från MOCSOP.
Bilaga H	Verifieringsgrafer från MOCSOP.
Bilaga I	Beskrivning av minsta uppehållstiden i MOCSOP.
Bilaga J	Utvärdering av föroreningstransporten mot Ryaverket.

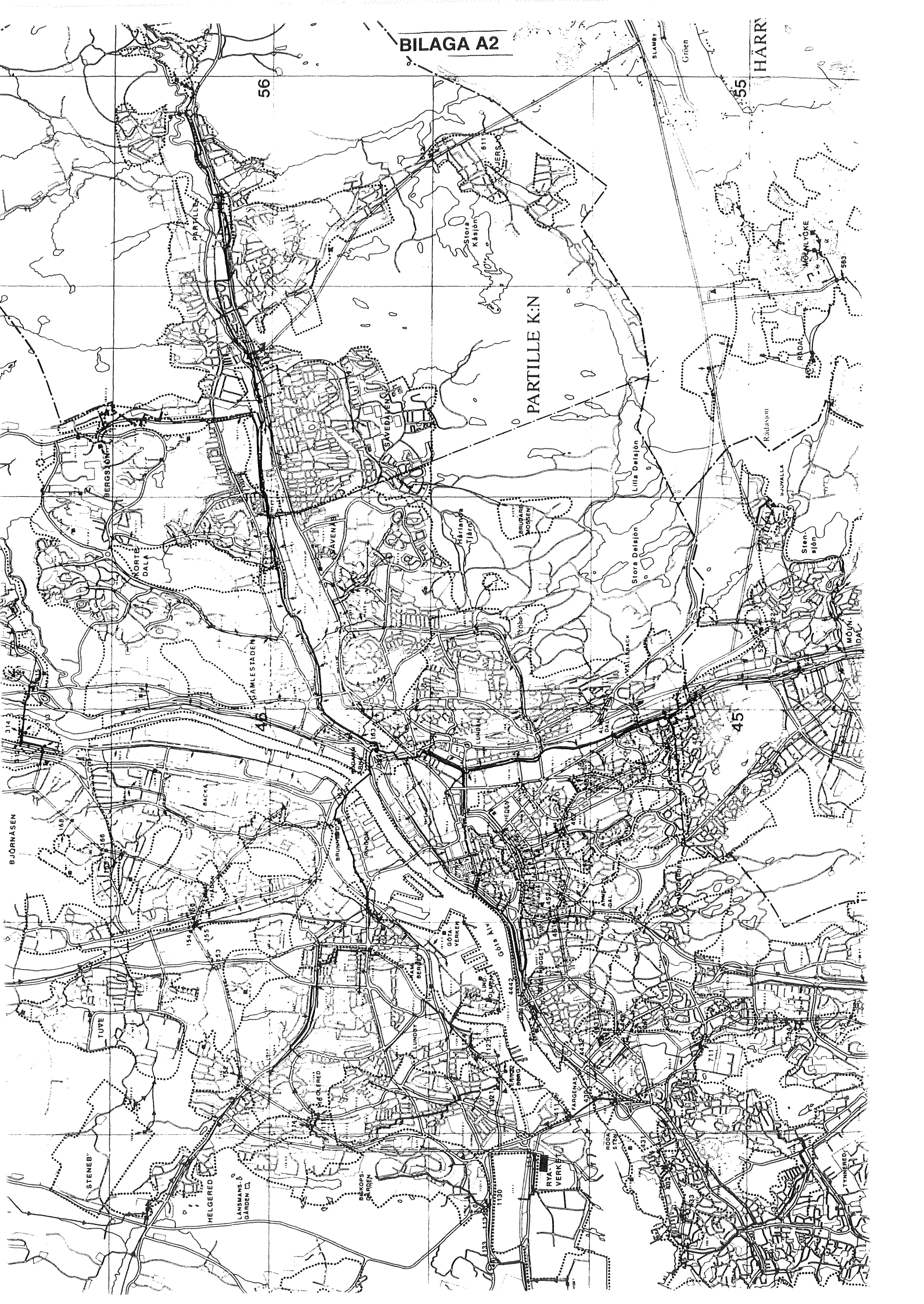
BILAGA A

(A1-A2)

Kartor



Pumpstationen, inkommande och utgående ledningar samt bräddpunkt.



BILAGA B

(B1-B5)

Beskrivning av nuvarande styrfunktion för Kodammarnas pumpstation.

KRITERIER FÖR KVALITETSSTYRNING VID KODAMMARNAS

- 1 Endast en pump har varit i drift de senaste U dagarna med pumpning till Ryaverket.
U > 7 dagar enl bilaga 1 och 2).
- 2 Kontinuerlig drift utan avbrott av en pump med pumpning till Ryaverket skall dessutom vara mindre X tim (justerbart) under de senaste U dagarna. Dessutom skall kriteriet enligt pkt 1 vara uppfyllt. Bilaga 2.
- 3 Om avbrott sker vid kvalitetsstyrningstillfället (p g a minskad pumpmagasinsnivå/-lägre inflöde) och tiden (T) för pumpning med andra pumpen mot Ryaverket ej blev uppnått (1-3 timmar) skall kvarvarande tid utnyttjas för ytterligare pumpning med två pumpar mot Ryaverket såvida inte totala tiden överskrider Z timmar totalt sedan kvalitetsstyrningstillfället startade, se bilaga 2.
- 4 En pump skall alltid pumpa mot Ryaverket. (Utom i särskilda fall enl "katastrofplan").

Fler än två pumpar skall inte kunna pumpa mot Ryaverket (läge C i bil 2 utnyttjas således ej tills vidare).
- 5 Normalt skall läge kvalitetsstyrning alltid vara tillslagen vid Kodammarna. Önskar Ryaverket ex p g a driftstörningar att Kodammarna skall frångå läge kvalitetsstyrning och endast pumpa med en pump skall detta manuellt meddelas via telefon till KCA/Vaktcentralen som därefter svarar för omreglering.
- Vid kvalitetsstyrningstillfället pumpas med även andra pumpen till Ryaverket enligt bifogat diagram, bil 1 där "taket" för möjlig tid (T) för pumpning med andrapumpen till Ryaverket maximeras till 3 timmar. (Ökad kunskap om förhållandet torrväder/föroreningsinnehåll kan påverka denna tiden något och skall kunna justeras). Har torrvädersperioden (U) varit större än 28 dagar (4 veckor) gäller fortfarande endast 3 timmar maximal pumpdrift mot Ryaverket för andrapumpen. (Bilaga 1). Under pumpning med två pumpar till Ryaverket skall Ryaverket kunna stoppa pumpning med "andrapumpen" genom att manuellt meddela via telefon från Ryaverket till KCA/Vaktcentralen. Efter kontakt av Ryaverket med KCA/Vaktcentralen kan i första hand kontrollrumspersonalen fjärrstyra en omreglering av pumpdriften normalt inom 30 min. Normalt sker samråd mellan kontrollrumspersonalen och jourhavande driftpersonal. Vid större nederbördstillfällen måste sannolikt Kodammarna bemannas för att upprätthålla en säker omreglering av pumpdriften i de fall reglerventilerna behöver ändras. Fortsättningen av pumpningen mot Ryaverket sker med högst en pump. Tiden för när det inte gick att kvalitetsstyra (avbruten möjlig pumptid för andrapumpen) till Ryaverket p g a Ryaverket skall registreras.

- Om Ryaverket meddelat att de ej önskar kvalitetsstyrning vid Kodammarna så pumpas enbart med en pump mot Ryaverket och resterande pumpar bräddpumpar i förhållande till inflödet (nivå i pumpmagasinet). Tiden för när det inte går att kvalitetsstyra (möjlig pumptid till Ryaverket för andrapumpen) skall registreras.
- 6 Larm skall utgå vid 3-pumpsdrift och stigande nivå.
Om i sekvens kvalitetsstyrning samtidigt "andrapumpen" går i blockering (ej startar pga något fel) skall denna tid registreras (tiden skall ej accumuleras för pumpning mot Ryaverket när blockeringen upphävs, då sannolikt bräddpumparna eliminerat förutsättningarna för andra pumpen att pumpa mot Ryaverket.
- * Kapacitet en pump mot Ryaverket $\sim 2,1 \text{ m}^3/\text{s}$
- * Kapacitet två pumpar mot Ryaverket $\sim 3,7 \text{ m}^3/\text{s}$

Anm

I en framtid kommer sannolikt Kodammarna att via undercentral vid Kodammarna alt Lackarebäck att spegla flöden, starter, stopp, m m mot MOUSE ON LINE. I ett inledningsskede skall då Ryaverket kunna ange direkt in mot Kodammarnas styrsystem att de önskar:

- 1 = 1 pump
- 2 = 2 pump
- (3 = 3 pump)

Bifogas: Underlag för beräkning av tillrinning och kapacitet vid Kodammarna.

3.20

KVALITETSSTYRNING

Till torrväder räknas perioder med pumptid kortare än ett förutbestämt värde (X). Om torrväderstillrinning har varit i mer än (U_{min}) timmar övergår eventuell pumpning till Rya från 1 till 2 pumpar. Tiden för 2 pumpar till Rya (T) är en linjär funktion av pumptiden vid (U_{min}) och (U_{max}). (U_{max}) är den torrvädersperiod, då ingen ytterligare ökning av pumptid med 2 pumpar till Rya sker. Om total pumptid med 2 pumpar inte utnyttjats inom (Z) timmar återgår pumpningen till normalpumpning med 1 pump till Rya.

Bild: KAP Pumpkapacitet och kvalitetskörning

Sekvenser: KVAL.SEK Kvalitetskörningssekvens

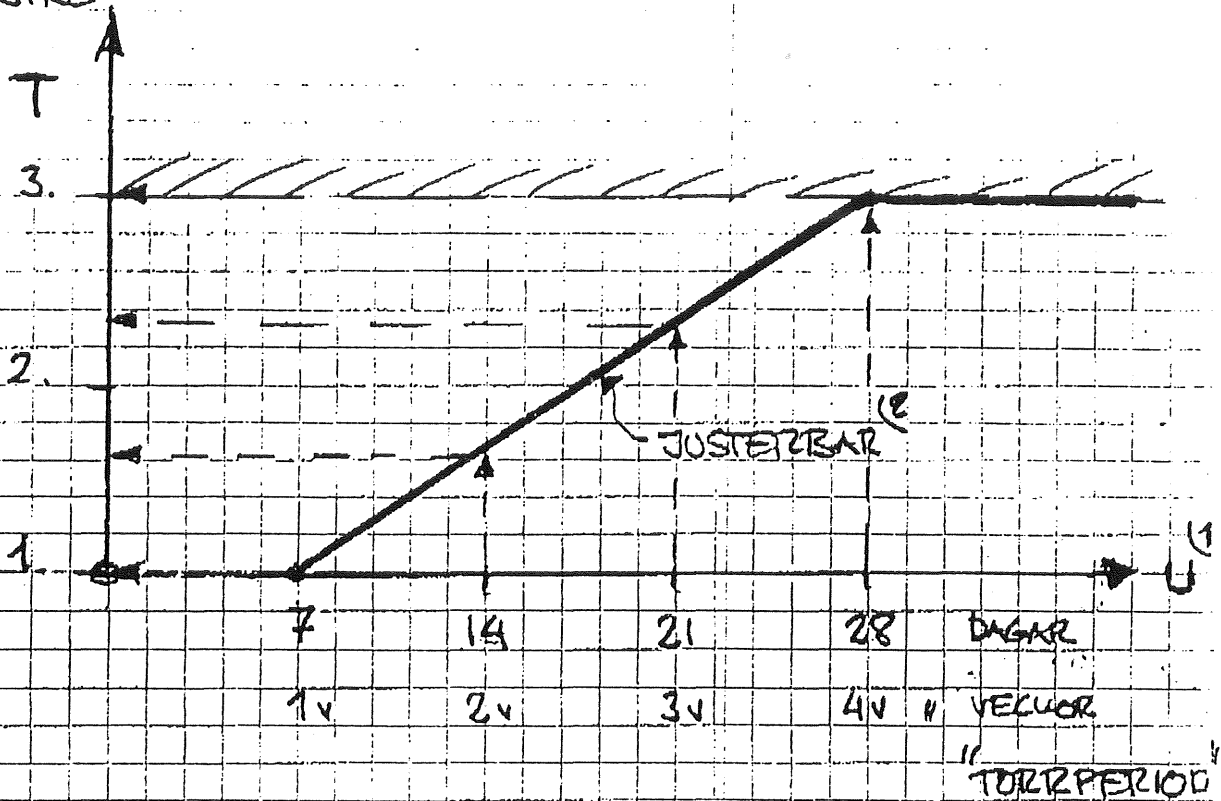
Sekvenslägen för KVAL.SEK:

1. Invänta kvalitetskörning i auto
2. Invänta torrtid U_{min} uppnådd (X)
3. Klar för pumpning med 2 pumpar mot Rya.
Inväntar start 2:a
4. Inväntar kvalitetspumpningstid (T) klar eller
maxtid (Z)

Förregling: Ställare i autoläge (KVAL.DAA)

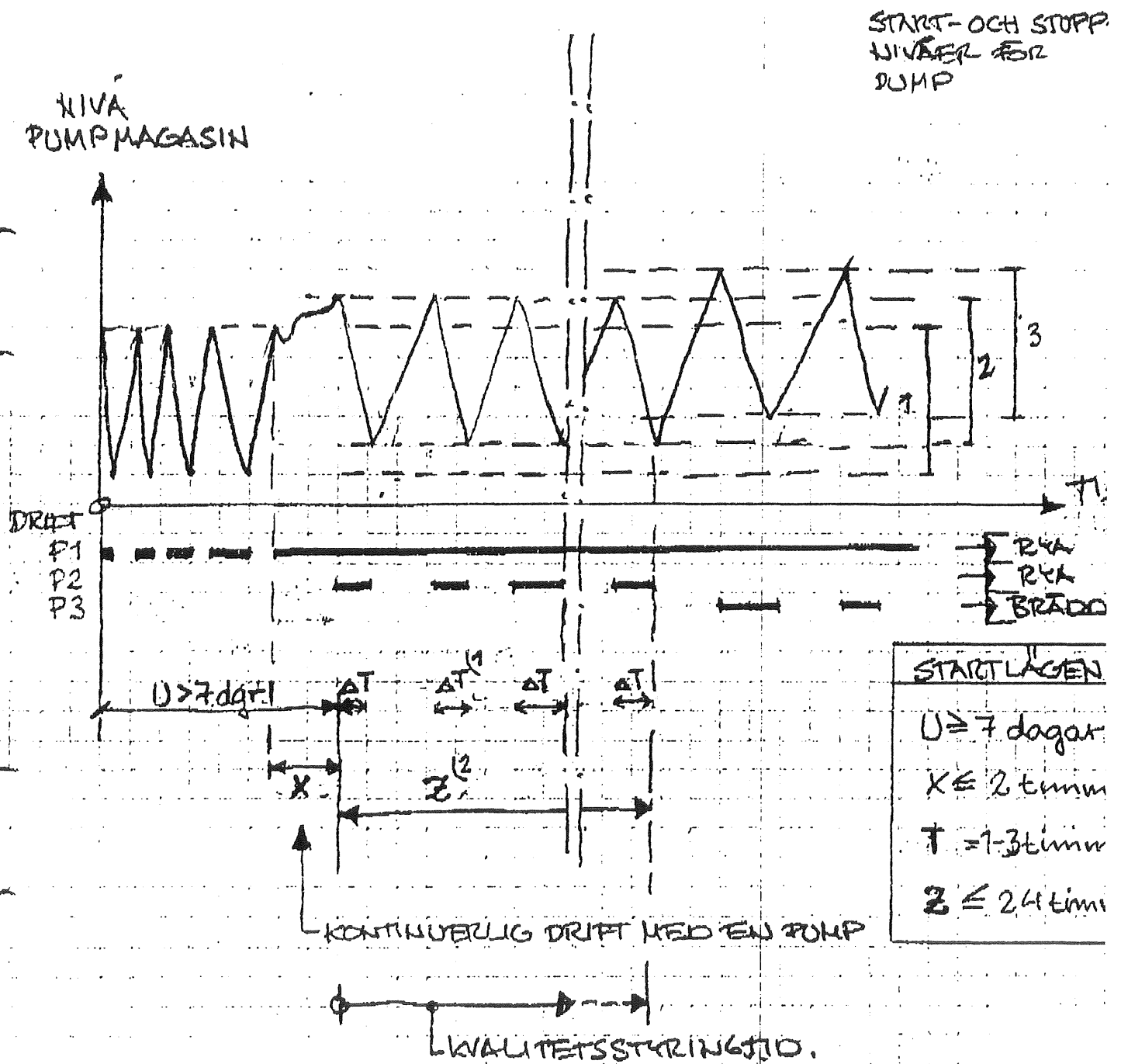
Parametrar:	PUMP.MAXTID	Max pumptid X 1 pump för torrväderstillrinning
	TORR.MINTID	Tid U_{min} innan pumpning med 2 pumpar till Rya (tim)
	KVAL.MINTID	Tid T_{min} pumpning mot Rya vid TORR.MINTID (min)
	TORR.NORMTID	Tid U_{max} torrväder för pumpning med 2 pumpar (tim)
	KVAL.NORMTID	Tid T_{max} pumpning mot Rya TORR.NORMTID (min)
	KVAL.MAXTID	Maxtid Z innan återgång till 1 pump mot Rya (min)

PUMPTID TILL TRYAVETKET MED "ANDRAPUMPEN" DVS KVALITETS
STYRNING



(1) TID SEDAN TVÅ PUMPAR GICK SAMTIDIGT TILL
TRYAVETKET. (BRÖDPUMPNING SLUT)

(2) JUSTERING SKER EFTER SAMRÅD MED
TRYAVETKET



- (1) PUMPTID SKALL UPPFILLAS SAMT ATT "ANDRAPUMPEN" HAR STOPP
- (2) MAXIMAL TID (JUSTERINGS) EFTER KVALITETSTYRNINGSSBEKVE (EFTER "ANDRAPUMPEN" STARTAT) SAMT ATT "ANDRAPUMPEN" HAR STOPPNIVÅN.

BILAGA C

(C1-C11)

Utskrift av indata till MOUSE-modellen.

BILAGA C1

D:CATCHMENTS

FILE:SOMMAR.SWF

PAGE 1

CREATED: 14-APR-1993 15:17:29

EDITED: 17-SEP-1995 16:31:31

Surface Distribution (total area):

Impervious : 1: steep roof 2: flat roof 3: asphalt/concrete
Semi pervious : 4: large- 5: small spacing between tiles
Pervious : 6: planted 7: unplanted

CT = Catchm.type(1-7) HL = Hydrologic Level (1-2) SP=Soil Parameter (1-3)

```

+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
! Nodal ! Total ! Slo! Catch! C! Person! Add. ! H! Pct! S! Surface Distribution!
! Point ! Area ! Ppe ! lgh! ! T! eqvlt. ! flow ! L! Imp! P! 1 2 3 4 5 6 7 !
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
! No. ! ha ! prm! m ! ! Pe/ha! m3/s ! ! pct! ! ! pct. !
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
1!S17 !204.400! 10! 0!3! 0! 0.028!1! 0! ! !
2!BB7704 ! 95.000! 10! 0!3! 0! 0.004!1! 20! ! !
3!BB7703 ! 37.300! 10! 0!3! 0! 0.003!1! 50! ! !
4!BB6778 ! 11.300! 10! 0!3! 0! 0.001!1! 20! ! !
5!BB6783 ! 16.500! 10! 0!3! 0! 0.001!1! 23! ! !
!-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
6!S13 ! 10.800! 10! 0!3! 0! 0.002!1! 7! ! !
7!BB6751 !174.700! 10! 0!3! 0! 0.021!1! 1! ! !
8!S12.5M ! 26.800! 10! 0!3! 0! 0.001!1! 20! ! !
9!S12.4M ! 17.800! 10! 0!3! 0! 0.001!1! 31! ! !
10!BB6776 ! 6.700! 10! 0!3! 0! 0.001!1! 30! ! !
!-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
11!BB6777 ! 20.200! 10! 0!3! 0! 0.001!1! 25! ! !
12!BB6780 ! 5.500! 10! 0!3! 0! 0.001!1! 36! ! !
13!S11.1-2! 50.100! 10! 0!3! 0! 0.001!1! 0! ! !
14!BB6638 !326.200! 10! 0!3! 0! 0.051!1! 21! ! !
15!BB6781 ! 46.200! 10! 0!3! 0! 0.004!1! 44! ! !
!-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
16!BB6629 ! 70.900! 10! 0!3! 0! 0.011!1! 0! ! !
17!BB6626 ! 11.700! 10! 0!3! 0! 0.001!1! 50! ! !
18!S7.1.3 ! 36.100! 10! 0!3! 0! 0.001!1!100! ! !
19!S7.1.2F! 16.300! 10! 0!3! 0! 0.002!1! 40! ! !
20!S7.1.1 ! 9.600! 10! 0!3! 0! 0.000!1! 40! ! !
!-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
21!BB6676 ! 91.800! 10! 0!3! 0! 0.017!1! 30! ! !
22!S7.7 ! 31.900! 10! 0!3! 0! 0.012!1! 0! ! !
23!S7.5 ! 29.900! 10! 0!3! 0! 0.004!1! 0! ! !
24!BB6654 ! 24.000! 10! 0!3! 0! 0.002!1! 30! ! !
25!BB6640 ! 6.500! 10! 0!3! 0! 0.001!1! 35! ! !
!-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
26!BB6639 ! 60.200! 10! 0!3! 0! 0.022!1! 42! ! !
27!BB6627 ! 4.800! 10! 0!3! 0! 0.003!1! 60! ! !
28!S5 ! 43.000! 10! 0!3! 0! 0.007!1! 3! ! !
29!BB6701 !104.000! 10! 0!3! 0! 0.021!1! 24! ! !
30!BB5652 ! 8.000! 10! 0!3! 0! 0.001!1! 55! ! !
!-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
31!S3.4 !114.300! 10! 0!3! 0! 0.006!1! 0! ! !
32!S3.6 !128.200! 10! 0!3! 0! 0.092!1! 0! ! !
33!BB5651 ! 5.300! 10! 0!3! 0! 0.000!1! 60! ! !
34!BB6622T! 35.800! 10! 0!3! 0! 0.007!1! 47! ! !
35!BB6603 ! 12.400! 10! 0!3! 0! 0.000!1!100! ! !
!-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
36!S1.2.1T! 54.500! 10! 0!3! 0! 0.014!1! 0! ! !
37!M1.1 ! 24.900! 10! 0!3! 0! 0.010!1! 3! ! !
38!BB5679 ! 3.000! 10! 0!3! 0! 0.001!1! 67! ! !
!-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+

```

```

+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
! Nodal ! Total ! Slo! Catch! C! Person! Add. ! H! Pct! S! Surface Distribution!
! Point ! Area ! pe ! lgh. ! T! eqvlt. ! flow ! L! Imp! P! 1 2 3 4 5 6 7 !
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
! No. ! ha ! prm! m ! ! Pe/ha! m3/s ! ! pct! !          !
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
39!M1.2 ! 21.400! 10! 0!3! 0! 0.011!1! 0! !          !
40!BB6606T! 21.300! 10! 0!3! 0! 0.010!1! 65! !          !
41!BB5534 ! 8.500! 10! 0!3! 0! 0.004!1! 42! !          !
42!BB5536 ! 2.400! 10! 0!3! 0! 0.001!1! 79! !          !
43!BB5532 ! 6.100! 10! 0!3! 0! 0.001!1! 80! !          !
!-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
44!M2.3 ! 46.700! 10! 0!3! 0! 0.007!1! 29! !          !
45!M2.2 ! 32.300! 10! 0!3! 0! 0.012!1! 0! !          !
46!M2.1 ! 84.100! 10! 0!3! 0! 0.010!1! 10! !          !
47!BB5554 ! 23.100! 10! 0!3! 0! 0.003!1! 25! !          !
48!M3.2 ! 33.500! 10! 0!3! 0! 0.003!1! 0! !          !
!-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
49!M4 ! 15.600! 10! 0!3! 0! 0.005!1! 50! !          !
50!M5 ! 26.700! 10! 0!3! 0! 0.006!1! 34! !          !
51!M6 ! 35.500! 10! 0!3! 0! 0.016!1! 72! !          !
52!M7 ! 25.800! 10! 0!3! 0! 0.001!1! 29! !          !
53!M8 ! 16.300! 10! 0!3! 0! 0.001!1! 0! !          !
!-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
54!M9 ! 19.500! 10! 0!3! 0! 0.003!1! 14! !          !
55!BB5579 ! 3.000! 10! 0!3! 0! 0.001!1! 77! !          !
56!BB5587 ! 9.900! 10! 0!3! 0! 0.004!1! 73! !          !
57!BB5575T! 5.500! 10! 0!3! 0! 0.005!1! 73! !          !
58!BB5576 ! 30.700! 10! 0!3! 0! 0.007!1! 46! !          !
!-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
59!BB5594T! 17.200! 10! 0!3! 0! 0.004!1! 70! !          !
60!BB5578 ! 5.500! 10! 0!3! 0! 0.002!1! 71! !          !
61!M10.1 ! 18.800! 10! 0!3! 0! 0.005!1! 53! !          !
62!BB5581 !275.000! 10! 0!3! 0! 0.034!1! 26! !          !
63!M12 ! 42.700! 10! 0!3! 0! 0.003!1! 3! !          !
!-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
64!BB5453 ! 11.000! 10! 0!3! 0! 0.003!1! 60! !          !
65!M13 ! 35.300! 10! 0!3! 0! 0.009!1! 11! !          !
66!BB5455 ! 8.500! 10! 0!3! 0! 0.001!1! 75! !          !
67!BB5459 ! 8.900! 10! 0!3! 0! 0.001!1! 49! !          !
68!BB6430 ! 18.900! 10! 0!3! 0! 0.004!1! 57! !          !
!-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
69!M15.4 ! 39.800! 10! 0!3! 0! 0.004!1! 52! !          !
70!BB6428 ! 40.000! 10! 0!3! 0! 0.003!1! 18! !          !
71!BB6426 ! 3.500! 10! 0!3! 0! 0.001!1! 49! !          !
72!M15.2 ! 11.100! 10! 0!3! 0! 0.001!1! 18! !          !
73!M15.1 ! 76.900! 10! 0!3! 0! 0.020!1! 4! !          !
!-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
74!M16-17 ! 24.400! 10! 0!3! 0! 0.007!1! 23! !          !
75!BB5462 ! 35.300! 10! 0!3! 0! 0.008!1! 65! !          !
76!BB5457 ! 3.800! 10! 0!3! 0! 0.001!1! 37! !          !
!-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
77!BB5456 ! 5.500! 10! 0!3! 0! 0.002!1! 42! !          !
!-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+

```

BILAGA C3

KG1: Circular Manholes

FILE: SOMMAR.SWF

PAGE 4

! Nodal ! ! Point !	Coordinates		Levels		!Shape of! Dia- !	
	X	Y	! Bottom	Top	!Outlet	! meter !
! No. !	m. !	m. !	m. !	m. !	! 1-4	! m. !
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----						
1! S1 !	41250.0!	29860.0!	5.92!	20.00!	2 !	1.60!
2! S2 !	41330.0!	30010.0!	6.12!	20.00!	2 !	1.00!
3! S3 !	41480.0!	30250.0!	6.45!	20.00!	2 !	1.60!
4! S5 !	41890.0!	30480.0!	7.27!	20.00!	2 !	1.60!
5! S7 !	42570.0!	30610.0!	7.90!	20.00!	2 !	1.60!
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----						
6! S8 !	42840.0!	30750.0!	8.20!	20.00!	2 !	1.60!
7! S9 !	43080.0!	30890.0!	8.58!	20.00!	2 !	1.60!
8! S10 !	43100.0!	30980.0!	9.41!	20.00!	2 !	1.60!
9! S11.1-2 !	43810.0!	31180.0!	10.16!	20.00!	2 !	1.40!
10! S12 !	43830.0!	31190.0!	10.30!	20.00!	2 !	1.40!
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----						
11! S13 !	44060.0!	31220.0!	10.84!	20.00!	2 !	1.40!
12! S14 !	44280.0!	31310.0!	11.15!	20.00!	2 !	1.40!
13! S15 !	44600.0!	31300.0!	12.24!	20.00!	2 !	1.40!
14! S16 !	44920.0!	31360.0!	12.24!	20.00!	2 !	1.20!
15! S17 !	46090.0!	31600.0!	16.45!	20.00!	2 !	1.20!
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----						
16! S7.1 !	42570.0!	30410.0!	12.00!	20.00!	2 !	0.80!
17! S7.2 !	42570.0!	29980.0!	18.23!	30.00!	2 !	1.00!
18! S7.5 !	42570.0!	29285.0!	23.15!	30.00!	2 !	1.00!
19! S7.7 !	42570.0!	29105.0!	25.18!	30.00!	2 !	1.00!
20! S1.2.1T !	41600.0!	29860.0!	8.95!	20.00!	2 !	1.00!
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----						
21! BB6622T !	41812.0!	29648.0!	30.01!	40.00!	2 !	1.00!
22! BB6603 !	41800.0!	29860.0!	14.70!	20.00!	2 !	1.00!
23! BB5651 !	41300.0!	30030.0!	8.27!	20.00!	2 !	1.00!
24! S3.4 !	41480.0!	31472.0!	7.50!	20.00!	2 !	1.00!
25! S3.6 !	41480.0!	33237.0!	9.53!	20.00!	2 !	1.00!
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----						
26! BB6701 !	41760.0!	31472.0!	10.49!	20.00!	2 !	1.00!
27! BB5652 !	41600.0!	30400.0!	8.75!	20.00!	2 !	1.00!
28! BB6627 !	41890.0!	30760.0!	10.40!	20.00!	2 !	1.00!
29! BB6676 !	42500.0!	29105.0!	26.47!	40.00!	2 !	1.00!
30! BB6639 !	42500.0!	29980.0!	19.35!	30.00!	2 !	5.00!
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----						
31! BB6640 !	42530.0!	29900.0!	20.09!	30.00!	2 !	1.00!
32! BB6654 !	42470.0!	29285.0!	24.82!	30.00!	2 !	1.00!
33! BB6630 !	42600.0!	30410.0!	12.88!	20.00!	2 !	1.00!
34! S7.1.1 !	42690.0!	30410.0!	13.61!	40.00!	2 !	1.00!
35! S7.1.2F !	42690.0!	30095.0!	18.45!	40.00!	2 !	1.00!
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----						
36! S7.1.2G !	42690.0!	29677.0!	20.47!	40.00!	2 !	1.00!
37! S7.1.3 !	42690.0!	29197.0!	26.45!	40.00!	2 !	1.00!
38! BB6626 !	42840.0!	30822.0!	13.02!	20.00!	2 !	1.00!
39! BB6629 !	43080.0!	30850.0!	11.45!	20.00!	2 !	1.00!
40! S9.4.1F !	44600.0!	30850.0!	12.80!	20.00!	2 !	1.00!
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----						
41! BB6781 !	44648.0!	30850.0!	14.43!	20.00!	2 !	1.00!
42! BB6638 !	43100.0!	31140.0!	12.95!	20.00!	2 !	1.00!
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----						

BILAGA C4

! Nodal ! Point	!	Coordinates		!	Levels		!Shape of! !Outlet	! Dia- ! meter	!
		X	Y		Bottom	Top			
! No.	!	m.	m.	!	m.	m.	! 1-4	m.	!
43!	S11.2F	!	43810.0!	31100.0!	12.70!	20.00!	2	!	1.00!
44!	BB6780	!	43980.0!	31400.0!	16.48!	30.00!	2	!	1.00!
45!	S12.2	!	43830.0!	31637.0!	16.22!	30.00!	2	!	1.00!
46!	S12.3	!	43830.0!	32062.0!	21.30!	30.00!	2	!	1.00!
47!	S12.4	!	43830.0!	32344.0!	25.40!	30.00!	2	!	1.00!
48!	BB6751	!	43830.0!	32589.0!	27.67!	40.00!	2	!	1.00!
49!	BB6777	!	43870.0!	31637.0!	18.34!	30.00!	2	!	1.00!
50!	BB6776	!	43870.0!	32062.0!	24.17!	30.00!	2	!	1.00!
51!	BB6775	!	43870.0!	32344.0!	26.75!	40.00!	2	!	1.00!
52!	S12.5M	!	43962.0!	32589.0!	28.60!	40.00!	2	!	1.40!
53!	BB6750	!	43870.0!	32589.0!	28.17!	40.00!	2	!	1.00!
54!	S12.4M	!	43966.0!	32344.0!	27.20!	40.00!	2	!	1.40!
55!	BB6783	!	44280.0!	31410.0!	15.85!	20.00!	2	!	1.00!
56!	BB6778	!	44600.0!	31350.0!	14.40!	20.00!	2	!	1.00!
57!	BB7703	!	44920.0!	31460.0!	13.45!	20.00!	2	!	1.00!
58!	BB7704	!	45000.0!	31560.0!	13.70!	20.00!	2	!	1.00!
59!	M1	!	41015.0!	29375.0!	5.63!	20.00!	2	!	1.80!
60!	M1.1	!	41205.0!	29375.0!	7.67!	20.00!	2	!	1.00!
61!	BB5679	!	41305.0!	29875.0!	12.20!	30.00!	2	!	1.00!
62!	M1.1.1	!	41305.0!	29675.0!	8.96!	20.00!	2	!	1.00!
63!	M1.1.2	!	41255.0!	29775.0!	9.40!	20.00!	2	!	1.00!
64!	M1.1.3	!	41290.0!	29375.0!	8.32!	20.00!	2	!	1.00!
65!	M1.1.4	!	41490.0!	29375.0!	9.33!	20.00!	2	!	1.00!
66!	M1.2	!	42005.0!	29375.0!	22.24!	40.00!	2	!	1.00!
67!	BB6606T	!	42105.0!	29575.0!	37.35!	50.00!	2	!	1.00!
68!	M2	!	40910.0!	29230.0!	6.19!	20.00!	2	!	1.80!
69!	M2.1	!	40470.0!	29230.0!	6.65!	20.00!	2	!	1.00!
70!	M2.1.1	!	40255.0!	29230.0!	6.70!	20.00!	2	!	1.00!
71!	M2.2	!	39135.0!	29230.0!	7.40!	20.00!	2	!	1.00!
72!	M2.3	!	38575.0!	29000.0!	8.13!	20.00!	2	!	1.00!
73!	BB5532	!	38600.0!	28950.0!	9.95!	20.00!	2	!	1.00!
74!	BB5536	!	38575.0!	28950.0!	9.45!	20.00!	2	!	1.00!
75!	BB5534	!	38550.0!	28950.0!	9.06!	20.00!	2	!	1.00!
76!	MG1	!	41030.0!	28945.0!	6.51!	20.00!	2	!	1.80!
77!	M3	!	41040.0!	28855.0!	7.23!	20.00!	2	!	1.20!
78!	M3.1	!	41120.0!	28855.0!	9.52!	20.00!	2	!	1.00!
79!	M3.2	!	41280.0!	28855.0!	11.75!	30.00!	2	!	1.00!
80!	BB5554	!	41295.0!	28855.0!	11.82!	30.00!	2	!	1.00!
81!	M4	!	41000.0!	28840.0!	6.70!	20.00!	2	!	1.50!
82!	M5	!	40880.0!	28560.0!	7.77!	20.00!	2	!	1.20!
83!	BB5553	!	40780.0!	28220.0!	7.84!	20.00!	2	!	1.00!
84!	M6	!	40730.0!	28320.0!	7.18!	20.00!	2	!	1.50!

BILAGA C5

+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+								
! Nodal	!	Coordinates		!	Levels		!Shape of!	! Dia-
! Point	!	X	Y	!	Bottom	Top	!Outlet	! meter
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+								
! No.	!	m.	m.	!	m.	m.	! 1-4	! m.
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+								
85!	M7	!	40700.0!	28270.0!	7.45!	20.00!	2	! 1.50!
86!	M8	!	40810.0!	28070.0!	7.59!	20.00!	2	! 1.20!
87!	M9	!	40925.0!	27510.0!	8.37!	20.00!	2	! 1.20!
88!	BB5579	!	41030.0!	27520.0!	11.50!	30.00!	2	! 1.00!
89!	MG2	!	40760.0!	28220.0!	7.42!	20.00!	2	! 1.50!
!-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----!								
90!	M10	!	40895.0!	27500.0!	7.43!	20.00!	2	! 1.50!
91!	M10.1	!	40585.0!	27450.0!	10.40!	30.00!	2	! 1.00!
92!	BB5578	!	40510.0!	27420.0!	12.62!	30.00!	2	! 1.00!
93!	BB5594T	!	40380.0!	27200.0!	15.59!	30.00!	2	! 1.00!
94!	M10.3	!	40600.0!	27450.0!	10.38!	30.00!	2	! 1.00!
!-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----!								
95!	M10.3.1	!	40560.0!	27350.0!	12.10!	30.00!	2	! 1.00!
96!	BB5576	!	40600.0!	27125.0!	13.30!	30.00!	2	! 1.00!
97!	BB5575T	!	40860.0!	26590.0!	16.14!	30.00!	2	! 1.00!
98!	BB5587	!	40630.0!	26660.0!	29.93!	40.00!	2	! 1.00!
99!	BB5584	!	40970.0!	27195.0!	7.28!	20.00!	2	! 1.00!
!-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----!								
100!	M11	!	41010.0!	27150.0!	7.89!	20.00!	2	! 1.50!
101!	BB5581	!	41330.0!	27150.0!	15.16!	30.00!	2	! 1.00!
102!	M12	!	41100.0!	26645.0!	8.61!	20.00!	2	! 1.50!
103!	M13	!	41250.0!	26015.0!	9.32!	20.00!	2	! 1.50!
104!	BB5453	!	40960.0!	26260.0!	22.38!	40.00!	2	! 1.00!
!-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----!								
105!	M14	!	41370.0!	25810.0!	9.55!	20.00!	2	! 1.50!
106!	M14.1	!	41358.0!	25800.0!	10.09!	20.00!	2	! 1.00!
107!	BB5459	!	41270.0!	25780.0!	12.45!	30.00!	2	! 1.00!
108!	BB5455	!	40835.0!	25740.0!	51.15!	70.00!	2	! 1.00!
109!	MG3	!	41415.0!	25695.0!	9.64!	20.00!	2	! 1.50!
!-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----!								
110!	M15	!	41430.0!	25695.0!	9.70!	20.00!	2	! 1.50!
111!	M15.1	!	41450.0!	25695.0!	9.75!	20.00!	2	! 1.00!
112!	M15.1.1	!	45610.0!	25695.0!	11.20!	30.00!	2	! 1.00!
113!	M15.2	!	45785.0!	25695.0!	11.64!	30.00!	2	! 1.00!
114!	BB6426	!	45785.0!	25673.0!	14.98!	30.00!	2	! 1.00!
!-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----!								
115!	M15.3	!	45955.0!	25695.0!	12.08!	30.00!	2	! 1.00!
116!	BB6428	!	46205.0!	25680.0!	13.83!	30.00!	2	! 1.00!
117!	BB6429	!	46260.0!	25695.0!	13.06!	30.00!	2	! 1.00!
118!	M15.4	!	46260.0!	25455.0!	14.65!	30.00!	2	! 1.00!
119!	BB6430	!	46310.0!	25695.0!	13.76!	30.00!	2	! 1.00!
!-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----!								
120!	M16-17	!	41460.0!	25560.0!	9.80!	20.00!	2	! 1.00!
121!	M18	!	41535.0!	25370.0!	9.99!	20.00!	2	! 1.00!
122!	BB5457	!	41420.0!	25340.0!	12.51!	30.00!	2	! 1.00!
123!	BB5462	!	41140.0!	25240.0!	35.05!	50.00!	2	! 1.00!
124!	M19	!	41570.0!	25230.0!	10.20!	20.00!	2	! 1.00!
!-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----!								
125!	BB5456	!	41470.0!	25200.0!	12.78!	30.00!	2	! 1.00!
126!	SM	!	41065.0!	29600.0!	5.25!	20.00!	2	! 3.00!
!-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----!								

BILAGA C6

KF1: Weir Function

FILE:SOMMAR.SWF

PAGE 7

! Nodal !	!Overflow !	Crest !	!Method!Const.!	Type !	!Width !	!Crest !	No. of!
! Point !	!to Point.!	Level !	!Flow !	!	!shape !	!Values!	
! No. !	No. !	m. !	! 1-3 !	m3/s !	! 1-3 !	m. !	! 1-2 !
1! BB6622T !	BB6603 !	30.62! 2 !	! 1 !	3.00!	1 !	!	!
2! BB6603 !	0 !	15.30! 2 !	! 1 !	3.00!	1 !	!	!
3! BB5651 !	0 !	11.40! 2 !	! 1 !	3.00!	1 !	!	!
4! BB6701 !	0 !	11.23! 2 !	! 1 !	3.00!	1 !	!	!
5! BB5652 !	0 !	10.00! 2 !	! 1 !	3.00!	1 !	!	!
6! BB6627 !	0 !	10.80! 2 !	! 1 !	3.00!	1 !	!	!
7! BB6676 !	S7.1.3 !	27.48! 2 !	! 1 !	3.00!	1 !	!	!
8! BB6639 !	S7.1.2F !	19.75! 2 !	! 1 !	3.00!	1 !	!	!
9! BB6640 !	S7.1.2F !	20.60! 2 !	! 1 !	3.00!	1 !	!	!
10! BB6654 !	S7.5 !	25.59! 2 !	! 1 !	3.00!	1 !	!	!
11! BB6630 !	0 !	13.80! 2 !	! 1 !	3.00!	1 !	!	!
12! BB6626 !	0 !	13.19! 2 !	! 1 !	3.00!	1 !	!	!
13! BB6629 !	0 !	12.06! 2 !	! 1 !	3.00!	1 !	!	!
14! BB6781 !	0 !	14.88! 2 !	! 1 !	3.00!	1 !	!	!
15! BB6638 !	0 !	13.95! 2 !	! 1 !	10.00!	1 !	!	!
16! BB6780 !	0 !	16.60! 2 !	! 1 !	3.00!	1 !	!	!
17! BB6751 !	0 !	28.15! 2 !	! 1 !	3.00!	1 !	!	!
18! BB6777 !	0 !	18.42! 2 !	! 1 !	3.00!	1 !	!	!
19! BB6776 !	0 !	24.27! 2 !	! 1 !	3.00!	1 !	!	!
20! BB6775 !	0 !	26.95! 2 !	! 1 !	3.00!	1 !	!	!
21! BB6750 !	0 !	29.58! 2 !	! 1 !	3.00!	1 !	!	!
22! BB6783 !	0 !	16.01! 2 !	! 1 !	3.00!	1 !	!	!
23! BB6778 !	0 !	14.85! 2 !	! 1 !	3.00!	1 !	!	!
24! BB7703 !	0 !	13.75! 2 !	! 1 !	3.00!	1 !	!	!

BILAGA C7

	! Nodal	!Overflow	! Crest	!Method	!Const.	! Type	!Width	!Crest	!No. of
	! Point	!to Point.	! Level	!	!Flow	!	!	!shape	!Values!
	! No.	! No.	! m.	! 1-3	! m3/s	! 1-3	! m.	! 1-2	!
25!	BB7704	! 0	! 14.05!	2	!	! 1	! 3.00!	1	!
26!	BB6606T	! 0	! 37.72!	2	!	! 1	! 1.50!	1	!
27!	BB5679	! 0	! 12.26!	2	!	! 1	! 3.00!	1	!
28!	BB5534	! 0	! 10.26!	2	!	! 1	! 2.00!	1	!
29!	BB5536	! 0	! 10.32!	2	!	! 1	! 2.15!	1	!
30!	BB5532	! 0	! 10.95!	2	!	! 1	! 2.00!	1	!
31!	BB5554	! 0	! 11.96!	2	!	! 1	! 0.30!	1	!
32!	BB5579	! 0	! 11.66!	2	!	! 1	! 0.60!	1	!
33!	BB5587	! BB5576	! 30.05!	2	!	! 1	! 1.00!	1	!
34!	BB5575T	! 0	! 16.24!	2	!	! 1	! 2.50!	1	!
35!	BB5576	! 0	! 13.60!	2	!	! 1	! 4.00!	1	!
36!	BB5594T	! 0	! 16.16!	2	!	! 1	! 1.00!	1	!
37!	BB5578	! 0	! 12.80!	2	!	! 1	! 2.50!	1	!
38!	BB5581	! 0	! 15.75!	2	!	! 1	! 1.00!	1	!
39!	BB5453	! 0	! 22.60!	2	!	! 1	! 0.60!	1	!
40!	BB5455	! BB5459	! 51.67!	2	!	! 1	! 1.00!	1	!
41!	BB5459	! 0	! 12.61!	2	!	! 1	! 3.00!	1	!
42!	BB6430	! 0	! 14.00!	2	!	! 1	! 3.00!	1	!
43!	BB6429	! 0	! 13.75!	2	!	! 1	! 3.50!	1	!
44!	BB6428	! 0	! 14.50!	2	!	! 1	! 1.80!	1	!
45!	BB6426	! 0	! 15.20!	2	!	! 1	! 1.00!	1	!
46!	BB5462	! BB5457	! 35.45!	2	!	! 1	! 1.10!	1	!
47!	BB5457	! 0	! 12.66!	2	!	! 1	! 3.00!	1	!
48!	BB5456	! 0	! 12.89!	2	!	! 1	! 6.00!	1	!
49!	BB5553	! MG2	! 8.54!	2	!	! 1	! 0.60!	1	!
50!	BB5584	! M10	! 7.28!	2	!	! 1	! 2.00!	1	!
51!	SM	! 0	! 6.00!	2	!	! 1	! 3.00!	1	!

BILAGA C8

KU: Outlets

FILE:SOMMAR.SWF

PAGE 10

+-----+-----+-----+-----+-----+					
! Nodal		Coordinates		Levels	
! Point		X	Y	! Bottom	! WL-Outl.
+-----+-----+-----+-----+-----+					
! No.	!	m.	!	m.	!
+-----+-----+-----+-----+-----+					
1!	KODAMM	!	41050.0!	29600.0!	5.25 ! 0.00 !
2!	NOLL1	!	40615.0!	26660.0!	29.90 ! 0.00 !
3!	NOLL2	!	40820.0!	25740.0!	51.10 ! 0.00 !
4!	NOLL3	!	41125.0!	25240.0!	35.00 ! 0.00 !
!-----+-----+-----+-----+-----!					

L1: Conduits (Pipes)

FILE:SOMMAR.SWF

PAGE 11

+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+									
! Nodal Points		!M!	Bottom Level		Infiltration		!Pipe Sect!		
! Upstr.	Dwstr.	!a!	Upstr.	Dwstr.	!A	Flow	GW-Level!	A	Diam
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+									
! No.	!	No.	!	!	m.	!	m.	!t!	m.
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+									
1!	S17	!	S16	!	1!2!	!	!	1!	0.000000!
2!	S16	!	S15	!	1!2!	!	!	1!	0.000000!
3!	S15	!	S14	!	1!2!	!	!	1!	0.000000!
4!	S14	!	S13	!	1!2!	!	!	1!	0.000000!
5!	S13	!	S12	!	1!2!	!	!	1!	0.000000!
!-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----!									
6!	S12	!	S11.1-2	!	1!2!	!	!	1!	0.000000!
7!	S11.1-2	!	S10	!	1!2!	!	!	1!	0.000000!
8!	S10	!	S9	!	1!2!	!	!	1!	0.000000!
9!	S9	!	S8	!	1!2!	!	!	1!	0.000000!
10!	S8	!	S7	!	1!2!	!	!	1!	0.000000!
!-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----!									
11!	S7	!	S5	!	1!2!	!	!	1!	0.000000!
12!	S5	!	S3	!	1!2!	!	!	1!	0.000000!
13!	S3	!	S2	!	1!2!	!	!	1!	0.000000!
14!	S2	!	S1	!	1!2!	!	!	1!	0.000000!
15!	S1	!	SM	!	1!2!	!	!	1!	0.000000!
!-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----!									
16!	BB6622T	!	S1.2.1T	!	1!2!	!	!	1!	0.000000!
17!	S1.2.1T	!	S1	!	1!2!	!	!	1!	0.000000!

MOUSE - SYSTEM

BILAGA C9

18!	BB6603	!	S1.2.1T	!!2!	!	!!	0.000000!	!!	1.111!
19!	BB5651	!	S2	!!2!	!	!!	0.000000!	!!	0.300!
20!	S3.6	!	S3.4	!!2!	!	!!	0.000000!	!!	0.800!
!-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----!									
21!	S3.4	!	S3	!!2!	!	!!	0.000000!	!!	1.000!
22!	BB6701	!	S3.4	!!2!	!	!!	0.000000!	!!	0.600!
23!	BB5652	!	S3	!!2!	!	!!	0.000000!	!!	0.300!
24!	BB6627	!	S5	!!2!	!	!!	0.000000!	!!	0.450!
25!	BB6676	!	S7.7	!!2!	!	!!	0.000000!	!!	0.400!
!-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----!									
26!	S7.7	!	S7.5	!!2!	!	!!	0.000000!	!!	0.400!
27!	S7.5	!	S7.2	!!2!	!	!!	0.000000!	!!	0.400!
28!	S7.2	!	S7.1	!!2!	!	!!	0.000000!	!!	0.400!
29!	S7.1	!	S7	!!2!	!	!!	0.000000!	!!	0.800!
30!	S7.1.3	!	S7.1.2G	!!2!	!	!!	0.000000!	!!	1.500!
!-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----!									
31!	S7.1.2G	!	S7.1.2F	!!2!	!	!!	0.000000!	!!	1.200!
32!	S7.1.2F	!	S7.1.1	!!2!	!	!!	0.000000!	!!	1.500!
33!	BB6654	!	S7.1.2G	!!2!	!	!!	0.000000!	!!	1.000!
34!	S7.1.1	!	BB6630	!!2!	!	!!	0.000000!	!!	1.500!
35!	BB6630	!	S7.1	!!2!	!	!!	0.000000!	!!	0.800!
!-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----!									
36!	BB6639	!	S7.2	!!2!	!	!!	0.000000!	!!	1.000!
37!	BB6640	!	S7.2	!!2!	!	!!	0.000000!	!!	1.000!
38!	BB6640	!	S7.1.2F	!!2!	!	!!	0.000000!	!!	1.000!
39!	BB6751	!	S12.4	!!2!	!	!!	0.000000!	!!	0.450!
40!	BB6626	!	S8	!!2!	!	!!	0.000000!	!!	0.300!
!-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----!									
41!	BB6781	!	S9.4.1F	!!2!	!	!!	0.000000!	!!	0.300!
42!	S9.4.1F	!	BB6629	!!2!	!	!!	0.000000!	!!	0.800!
!-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----!									
43!	BB6629	!	S9	!!2!	!	!!	0.000000!	!!	0.900!
44!	BB6638	!	S10	!!2!	!	!!	0.000000!	!!	0.600!
45!	BB6780	!	S11.2F	!!2!	!	!!	0.000000!	!!	0.225!
46!	S11.2F	!	S11.1-2	!!2!	!	!!	0.000000!	!!	0.300!
47!	S12.4	!	S12.3	!!2!	!	!!	0.000000!	!!	0.450!
!-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----!									
48!	S12.3	!	S12.2	!!2!	!	!!	0.000000!	!!	0.525!
49!	S12.2	!	S12	!!2!	!	!!	0.000000!	!!	0.525!
50!	BB6777	!	S12.2	!!2!	!	!!	0.000000!	!!	0.225!
51!	BB6776	!	S12.3	!!2!	!	!!	0.000000!	!!	0.300!
52!	S12.4M	!	BB6775	!!2!	!	!!	0.000000!	!!	1.400!
!-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----!									
53!	BB6775	!	S12.4	!!2!	!	!!	0.000000!	!!	0.300!
54!	S12.5M	!	BB6750	!!2!	!	!!	0.000000!	!!	1.400!
55!	BB6750	!	BB6751	!!2!	!	!!	0.000000!	!!	0.300!
56!	BB6783	!	S14	!!2!	!	!!	0.000000!	!!	0.300!
57!	BB6778	!	S15	!!2!	!	!!	0.000000!	!!	0.225!
!-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----!									
58!	BB7704	!	BB7703	!!2!	!	!!	0.000000!	!!	0.500!
59!	BB7703	!	S16	!!2!	!	!!	0.000000!	!!	0.300!
60!	M19	!	M18	!!2!	!	!!	0.000000!	!!	1.000!
61!	M18	!	M16-17	!!2!	!	!!	0.000000!	!!	1.000!
62!	M16-17	!	M15	!!2!	!	!!	0.000000!	!!	1.000!

MOUSE - SYSTEM

BILAGA C10

+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+									
! Nodal Points		!M! Bottom Level		! Infiltration		!Pipe Sect!			
! Upstr. Dwstr. !a!A		! Upstr. Dwstr. !A		! Flow		! GW-Level!A Diam !			
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+									
! No.		! No.		! m.		! m3/s/m		! m.	
!-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----!									
63!	M15	! MG3	!1!2!	!	!	!1! 0.000000!	!	!1! 1.000!	!
64!	MG3	! M14	!1!2!	!	!	!1! 0.000000!	!	!1! 1.500!	!
65!	M14	! M13	!1!2!	!	!	!1! 0.000000!	!	!1! 1.500!	!
66!	M13	! M12	!1!2!	!	!	!1! 0.000000!	!	!1! 1.500!	!
67!	M12	! M11	!1!2!	!	!	!1! 0.000000!	!	!1! 1.500!	!
!-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----!									
68!	M11	! BB5584	!1!2!	!	!	!1! 0.000000!	!	!1! 1.500!	!
69!	BB5584	! M9	!1!2!	!	!	!1! 0.000000!	!	!1! 1.200!	!
70!	M9	! M8	!1!2!	!	!	!1! 0.000000!	!	!1! 1.200!	!
71!	M8	! BB5553	!1!2!	!	!	!1! 0.000000!	!	!1! 1.200!	!
72!	BB5553	! M5	!1!2!	!	!	!1! 0.000000!	!	!1! 1.200!	!
!-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----!									
73!	M5	! M3	!1!2!	!	!	!1! 0.000000!	!	!1! 1.200!	!
74!	M3	! MG1	!1!2!	!	!	!1! 0.000000!	!	!1! 1.200!	!
75!	M10	! MG2	!1!2!	!	!	!1! 0.000000!	!	!1! 1.500!	!
76!	MG2	! M7	!1!2!	!	!	!1! 0.000000!	!	!1! 1.500!	!
77!	M7	! M6	!1!2!	!	!	!1! 0.000000!	!	!1! 1.500!	!
!-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----!									
78!	M6	! M4	!1!2!	!	!	!1! 0.000000!	!	!1! 1.500!	!
79!	M4	! MG1	!1!2!	!	!	!1! 0.000000!	!	!1! 1.500!	!
80!	MG1	! M2	!1!2!	!	!	!1! 0.000000!	!	!1! 1.800!	!
81!	M2	! M1	!1!2!	!	!	!1! 0.000000!	!	!1! 1.800!	!
82!	M1	! SM	!1!2!	!	!	!1! 0.000000!	!	!1! 1.800!	!
!-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----!									
83!	BB6606T	! M1.2	!1!2!	!	!	!1! 0.000000!	!	!1! 0.300!	!
84!	M1.2	! M1.1.4	!1!2!	!	!	!1! 0.000000!	!	!1! 0.300!	!
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+									
85!	M1.1.4	! M1.1.3	!1!2!	!	!	!1! 0.000000!	!	!1! 0.400!	!
86!	M1.1.3	! M1.1	!1!2!	!	!	!1! 0.000000!	!	!1! 0.600!	!
87!	BB5679	! M1.1.2	!1!2!	!	!	!1! 0.000000!	!	!1! 0.225!	!
88!	M1.1.2	! M1.1.1	!1!2!	!	!	!1! 0.000000!	!	!1! 0.300!	!
89!	M1.1.1	! M1.1	!1!2!	!	!	!1! 0.000000!	!	!1! 0.400!	!
!-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----!									
90!	M1.1	! M1	!1!2!	!	!	!1! 0.000000!	!	!1! 0.800!	!
91!	BB5534	! M2.3	!1!2!	!	!	!1! 0.000000!	!	!1! 0.600!	!
92!	BB5536	! M2.3	!1!2!	!	!	!1! 0.000000!	!	!1! 0.500!	!
93!	BB5532	! M2.3	!1!2!	!	!	!1! 0.000000!	!	!1! 0.500!	!
94!	M2.3	! M2.2	!1!2!	!	!	!1! 0.000000!	!	!1! 0.800!	!
!-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----!									
95!	M2.2	! M2.1.1	!1!2!	!	!	!1! 0.000000!	!	!1! 0.800!	!
96!	M2.1.1	! M2.1	!1!2!	!	!	!1! 0.000000!	!	!1! 1.000!	!
97!	M2.1	! M2	!1!2!	!	!	!1! 0.000000!	!	!1! 0.900!	!
98!	BB5554	! M3.2	!1!2!	!	!	!1! 0.000000!	!	!1! 0.400!	!
99!	M3.2	! M3.1	!1!2!	!	!	!1! 0.000000!	!	!1! 0.400!	!
!-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----!									
100!	M3.1	! M3	!1!2!	!	!	!1! 0.000000!	!	!1! 0.500!	!
101!	BB5579	! M9	!1!2!	!	!	!1! 0.000000!	!	!1! 0.450!	!
102!	BB5587	! NOLL1	!1!2!	!	!	!1! 0.000000!	!	!1! 1.000!	!
103!	BB5575T	! BB5576	!1!2!	!	!	!1! 0.000000!	!	!1! 0.525!	!
104!	BB5576	! M10.3.1	!1!2!	!	!	!1! 0.000000!	!	!1! 0.400!	!
!-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----!									
105!	M10.3.1	! M10.3	!1!2!	!	!	!1! 0.000000!	!	!1! 0.500!	!
106!	BB5594T	! BB5578	!1!2!	!	!	!1! 0.000000!	!	!1! 0.900!	!

BILAGA C11

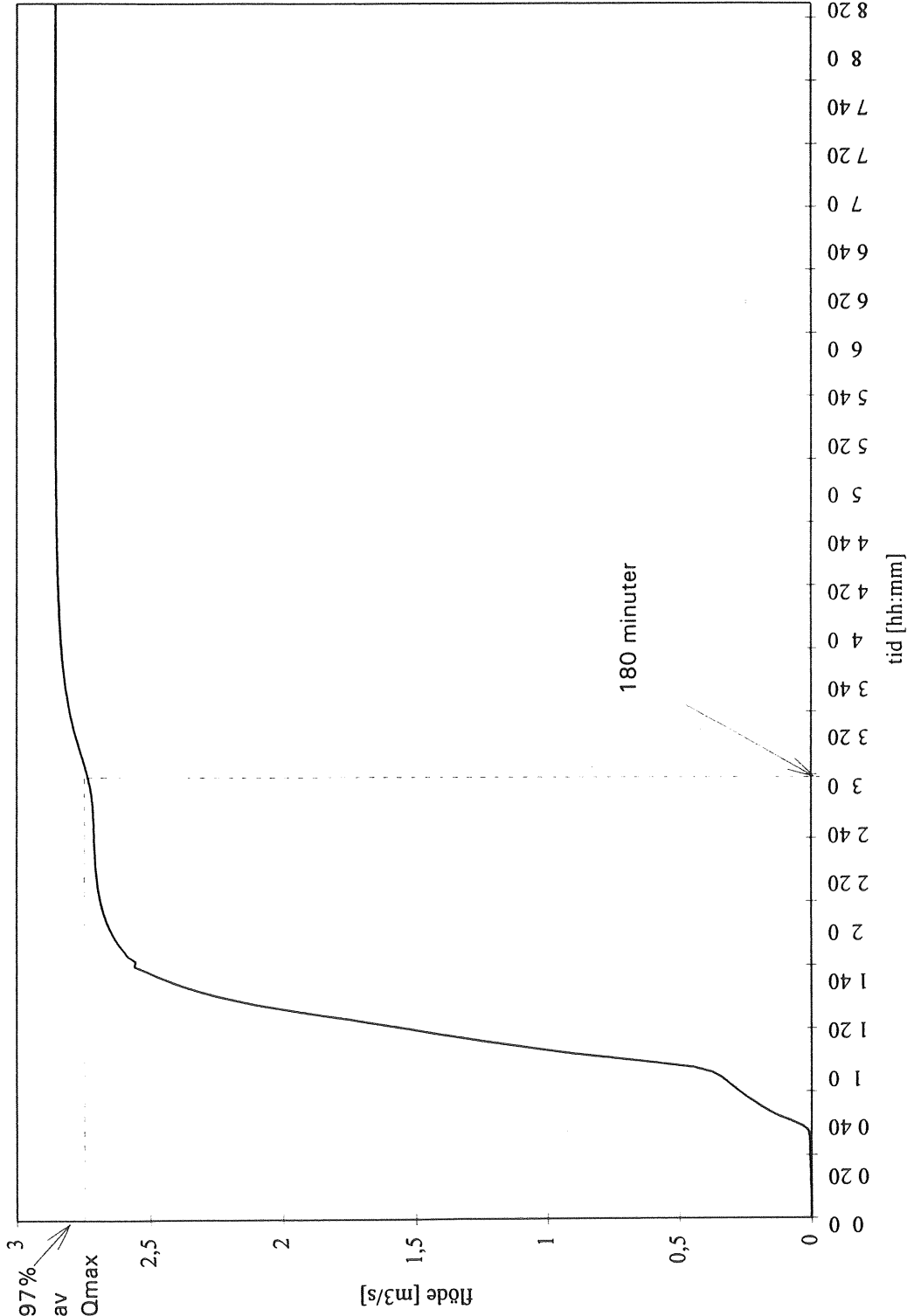
Nodal Points		Bottom Level		Infiltration		Pipe Sect
Upstr.	Dwstr.	Upstr.	Dwstr.	Flow	GW-Level	Diam
No.	No.	m.	m.	m ³ /s/m	m.	m.
107	BB5578	M10.1			0.000000	1.200
108	M10.1	M10.3			0.000000	0.800
109	M10.3	M10			0.000000	0.600
110	BB5581	M11			0.000000	0.600
111	BB5453	M13			0.000000	0.350
112	BB5455	NOLL2			0.000000	1.000
113	BB5459	M14.1			0.000000	0.300
114	M14.1	M14			0.000000	0.375
115	BB6430	BB6429			0.000000	0.400
116	M15.4	BB6429			0.000000	1.000
117	BB6429	M15.3			0.000000	0.800
118	BB6428	M15.3			0.000000	0.500
119	M15.3	M15.2			0.000000	0.800
120	BB6426	M15.2			0.000000	0.225
121	M15.2	M15.1.1			0.000000	0.800
122	M15.1.1	M15.1			0.000000	0.750
123	M15.1	M15			0.000000	1.000
124	BB5462	NOLL3			0.000000	1.000
125	BB5457	M18			0.000000	0.375
126	BB5456	M19			0.000000	0.225
127	SM	KODAMM			0.000000	3.000

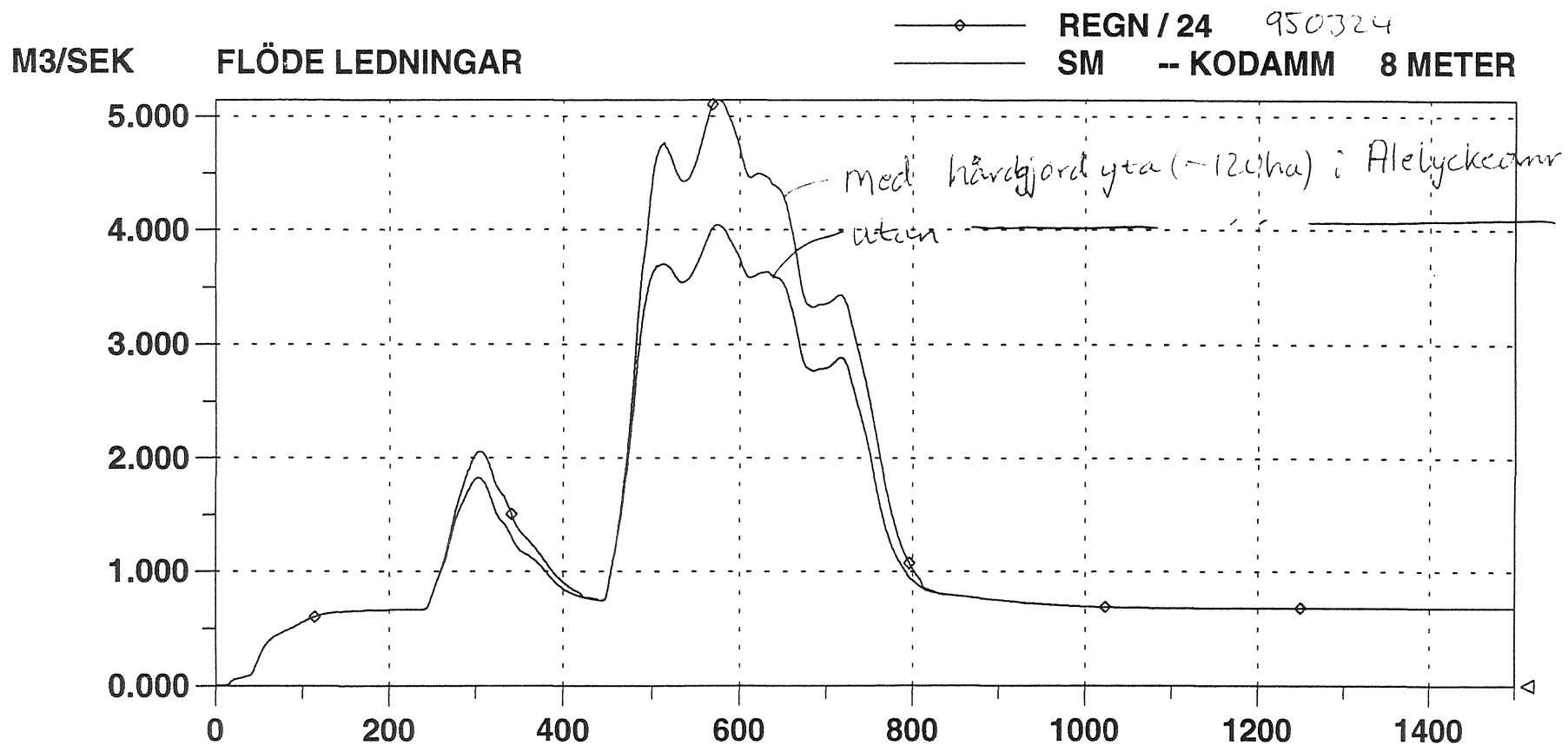
BILAGA D

(D1-D6)

Kalibreringsgrafer från MOUSE.

Global koncentrationstid



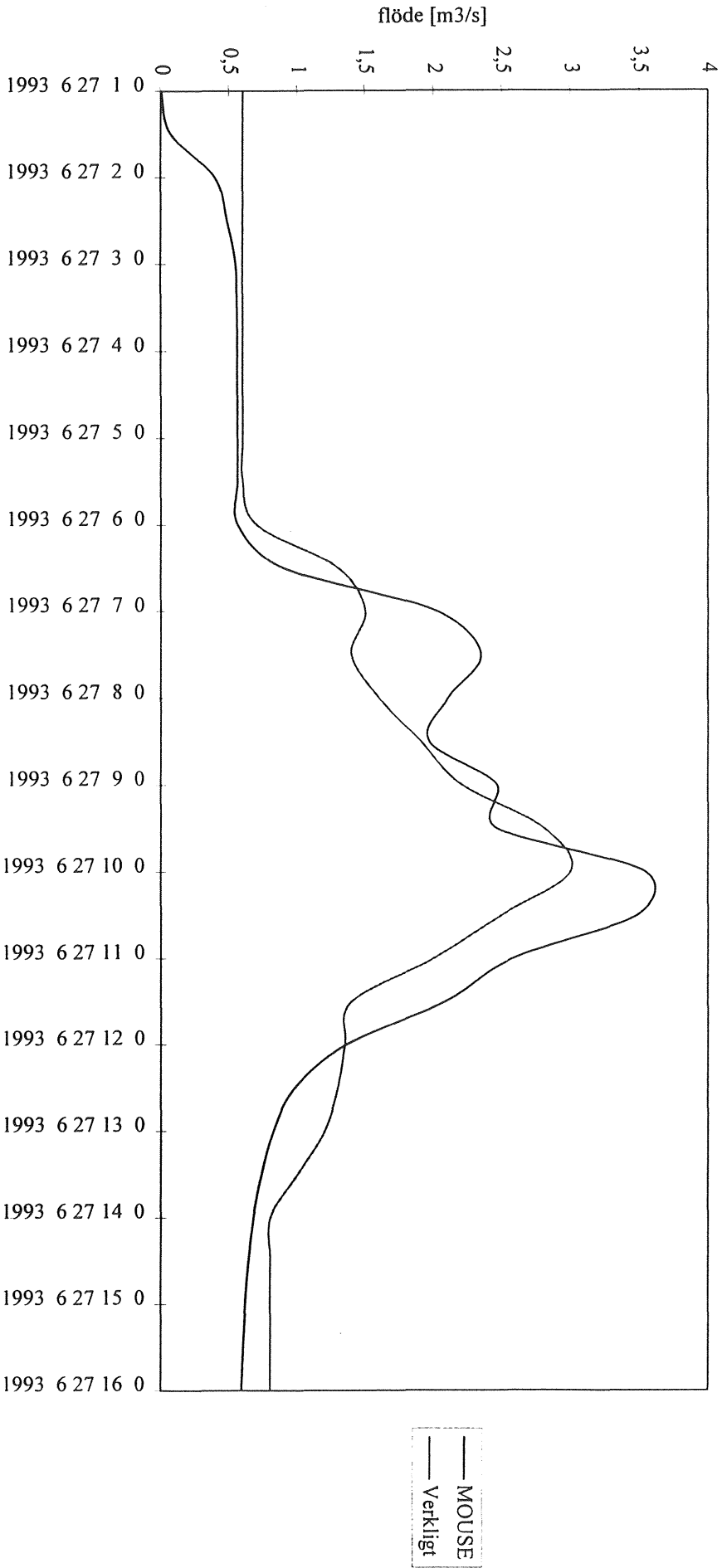


DATAFIL : KOD1.SWF
 RESULTATFIL : REGN324.PRF

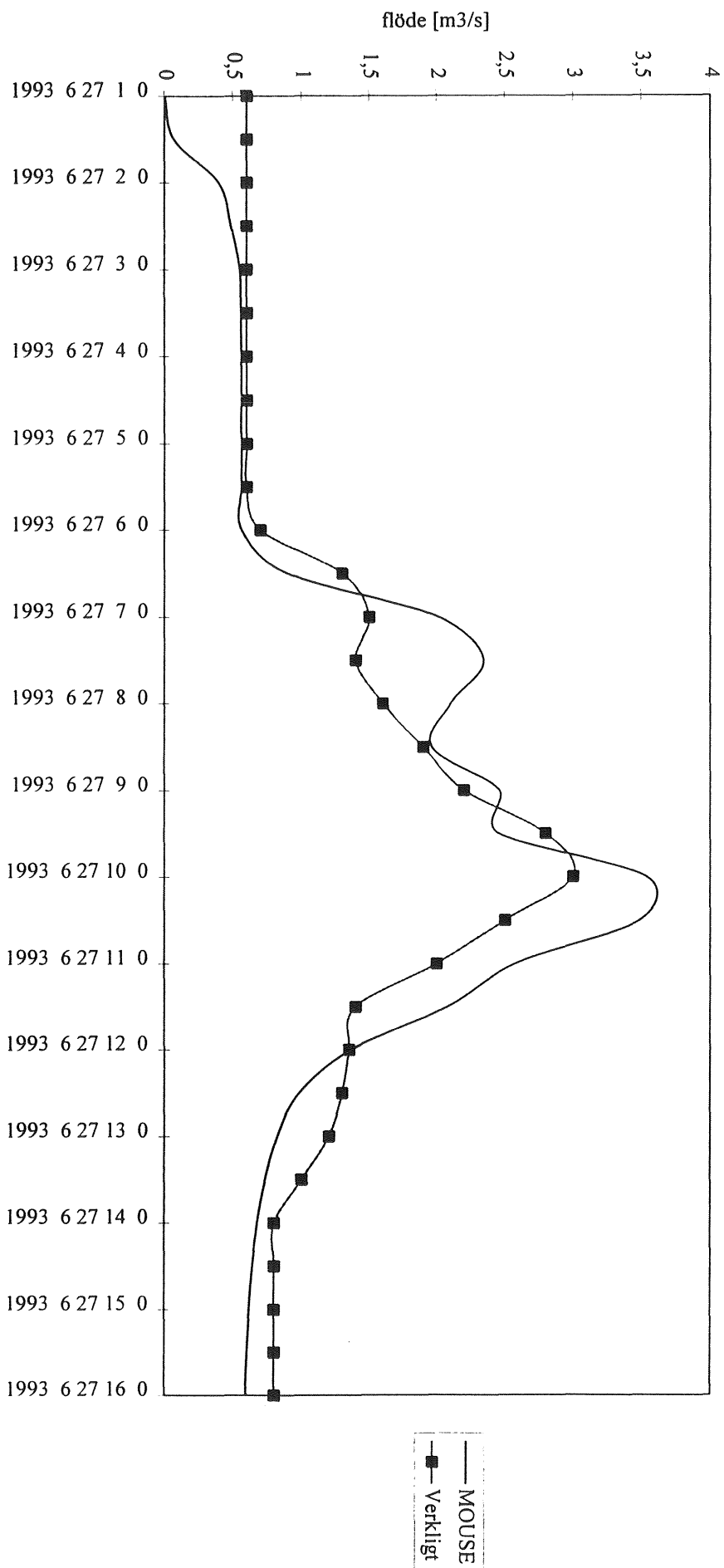
LEDNINGSNÄTSMODELL, DYNAMISK VÅG
 BERÄKNAT : 24-APR-1995, 08:45



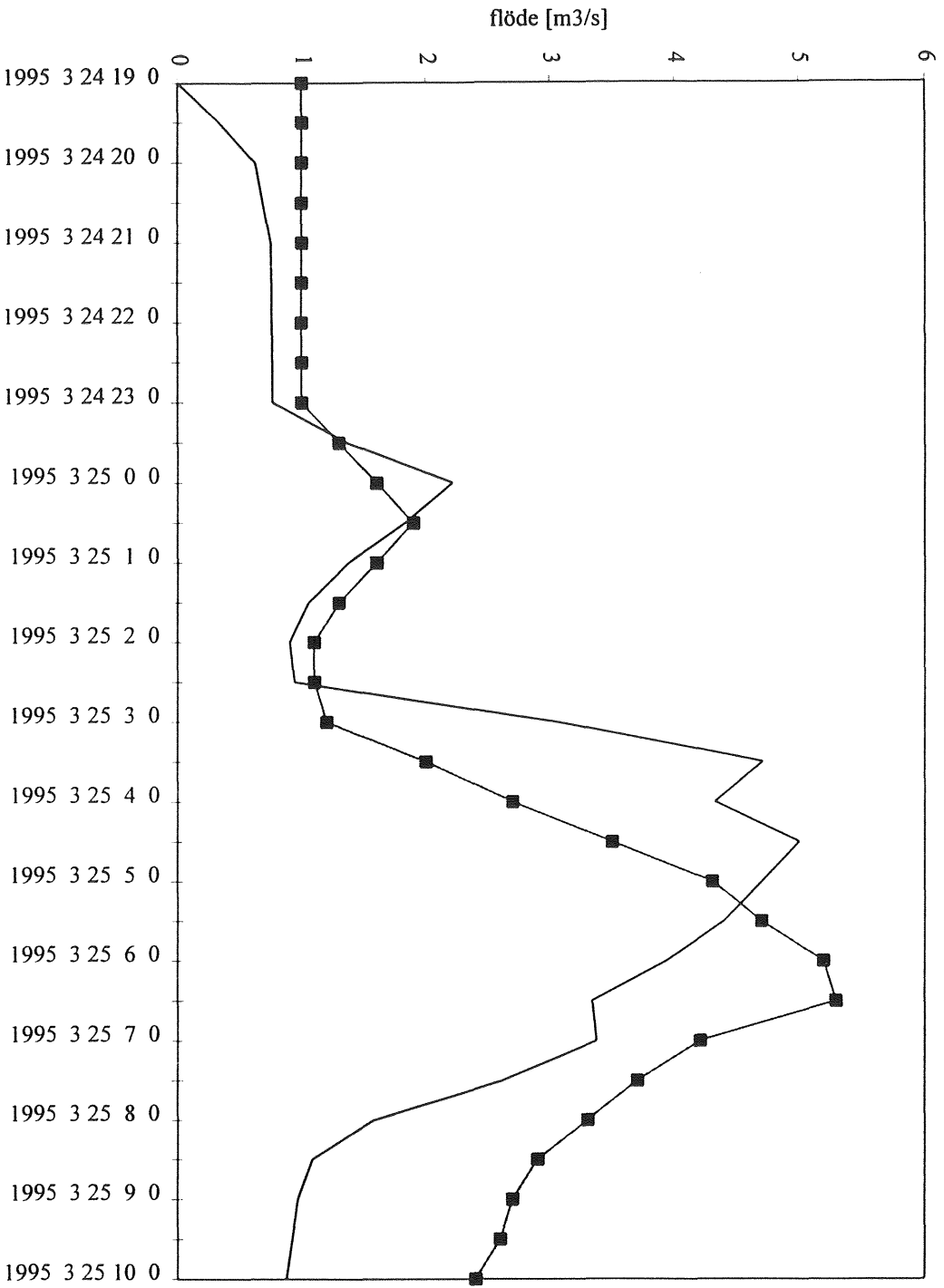
Kalibrering MOUSE
930627



Kalibrering MOUSE
930627

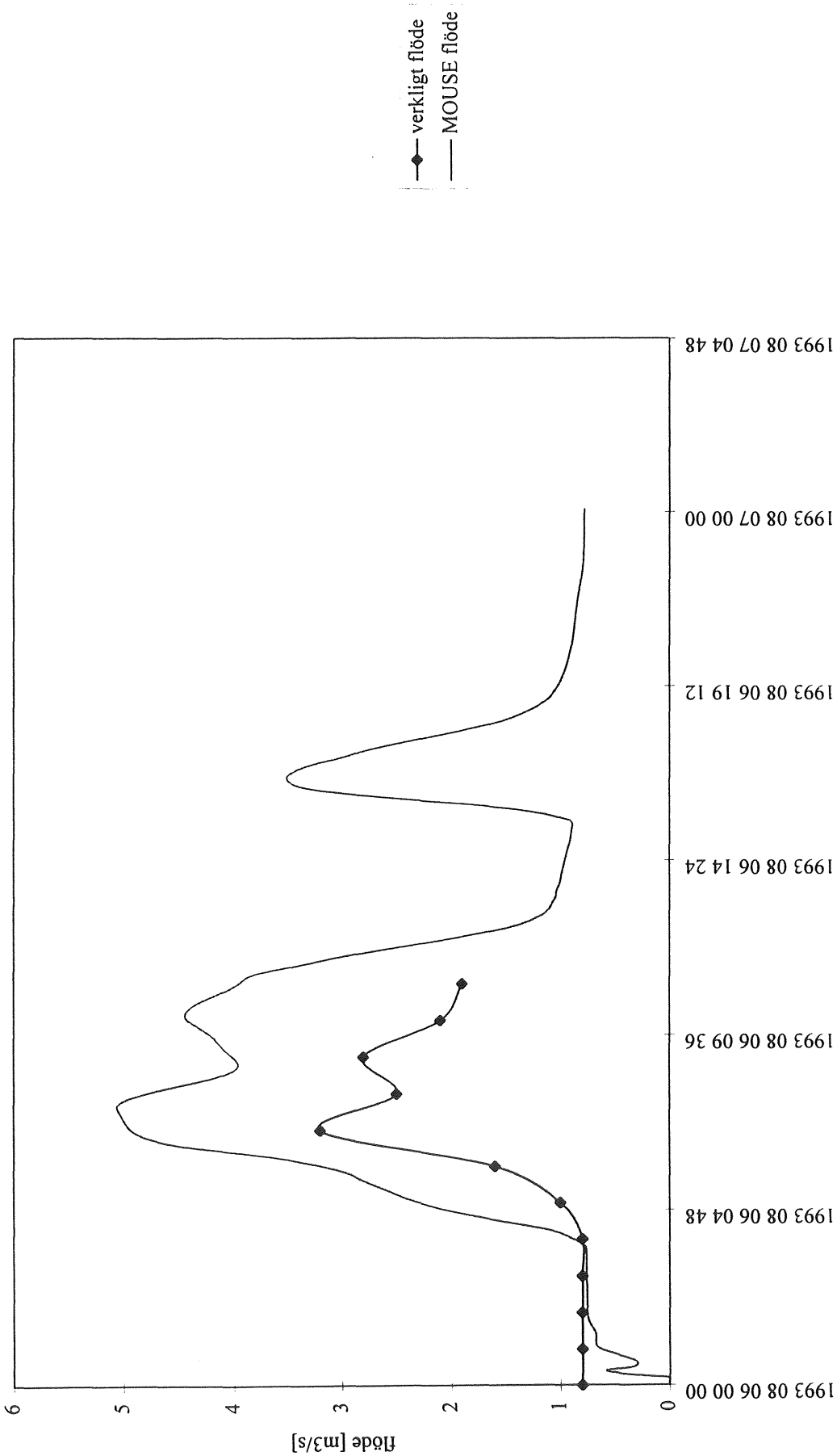


Kalibrering MOUSE
950324



MOCSOP
Verkligt

Kalibrering MOUSE
930806



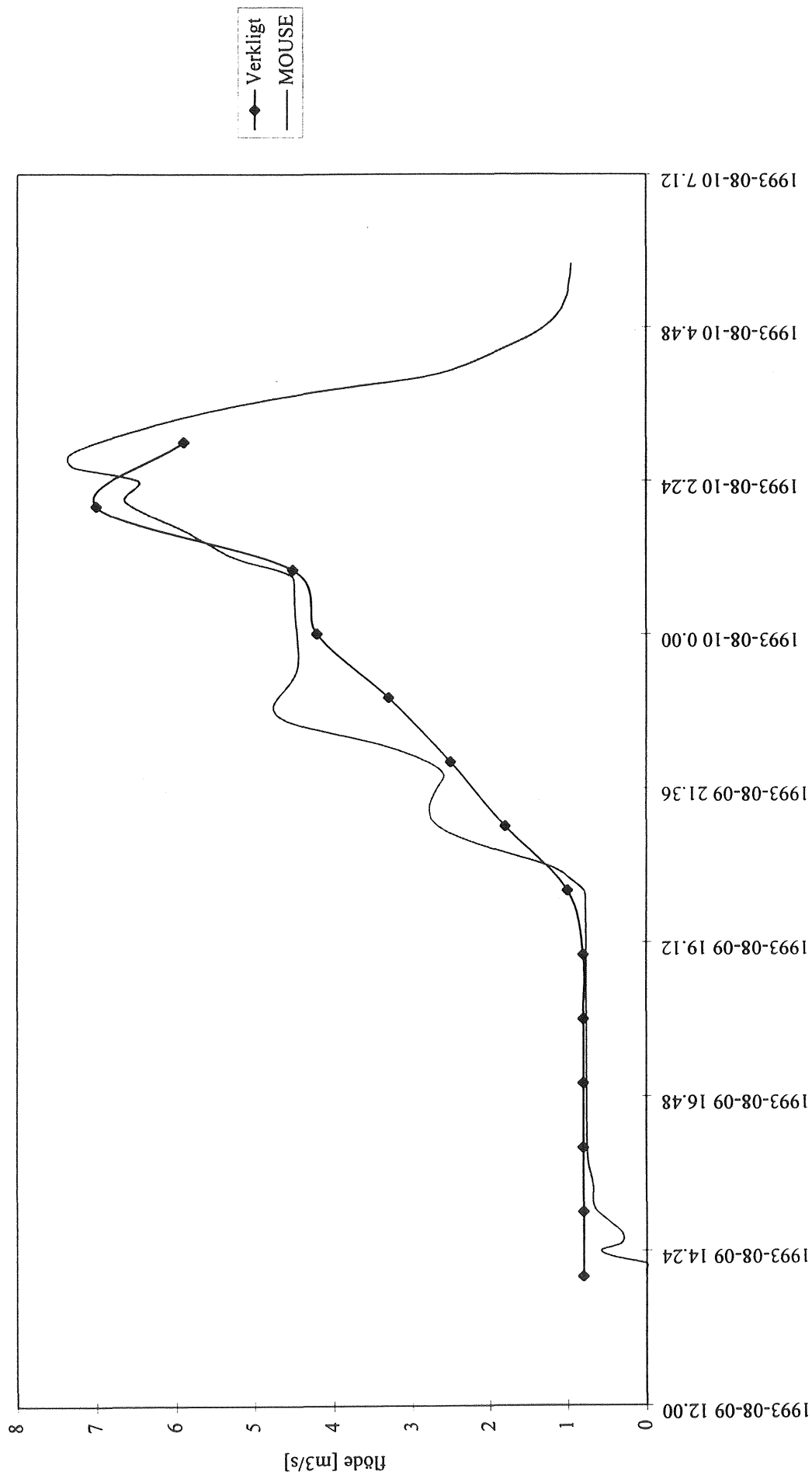
BILAGA E

(E1-E3)

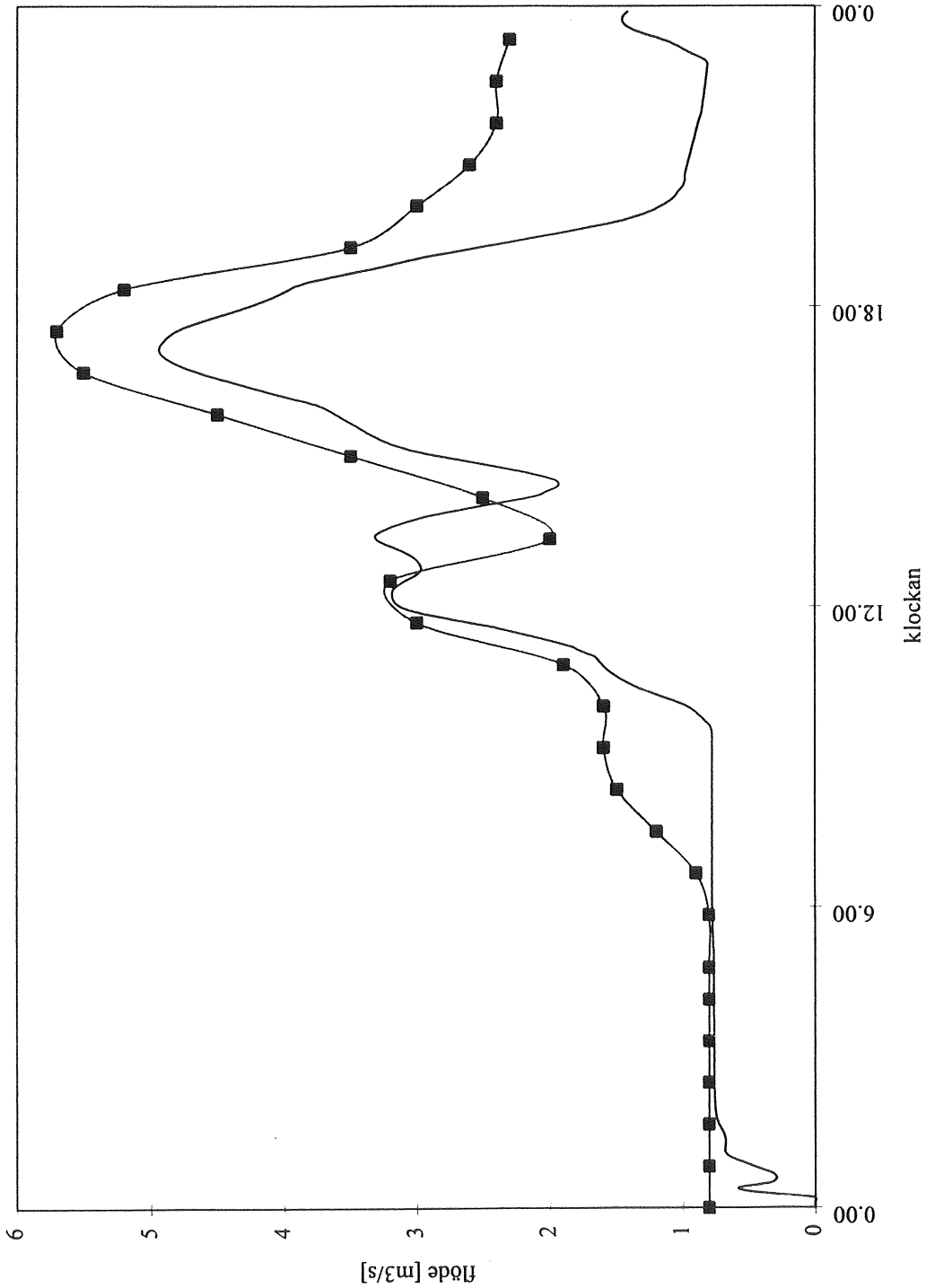
Verifieringsgrafer från MOUSE.

Verifiering MOUSE
930809

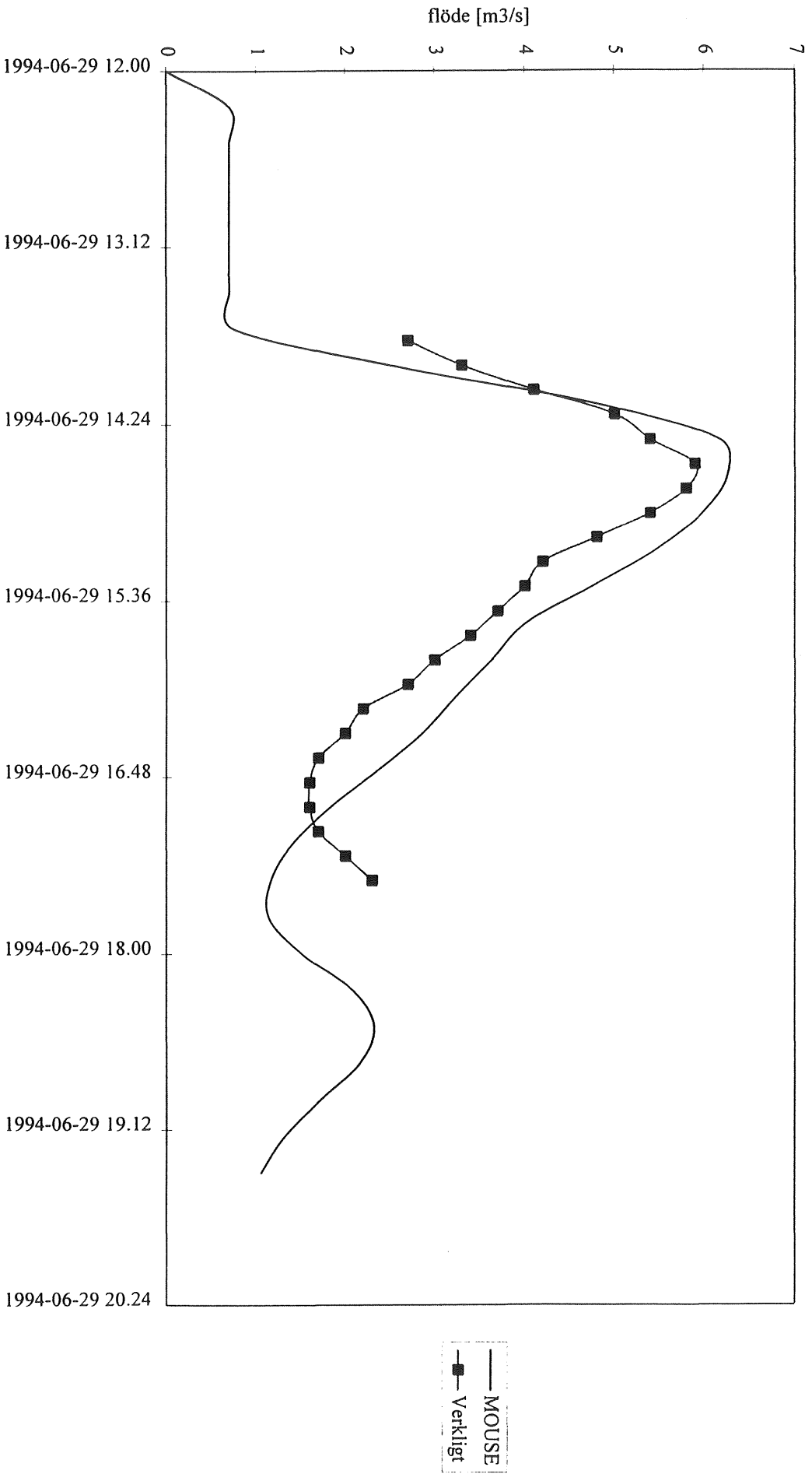
930809 Diagram 7



Verifiering MOUSE
950317



Verifiering MOUSE
940629



— MOUSE
—■— Verkligt

BILAGA F

(F1-F8)

Manual till MOCSOP.

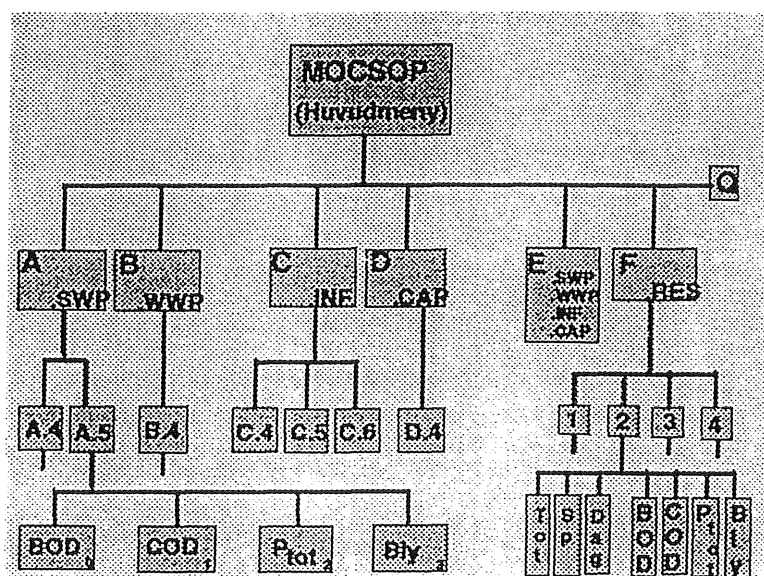
MOCSOP (version 1.0)

- I. Grundläggande översikt
- II. Indatabeskrivning
- III. Hur kör man MOCSOP?
- IV. Resultatpresentation
- V. Simulering och analys av ett bräddtillfälle
- VI. Att överföra hydrografer från MOUSE till MOCSOP

Liten manual för MOCSOP (version 1.0) - simulering av bräddföroreningar i kombinerade system

I. Grundläggande översikt

MOCSOP (Modelling of Combined Sewer Overflow Pollution) är en vidareutveckling av BRÄDDJAN (se BJ-manualen) med syfte att vara mera flexibel vad gäller hanteringen av indata. Avsikten är också att generera hydrografer på ett rationellt sätt, mha MOUSE. MOCSOP är anpassad till produktionskörningar med långa kontinuerliga regnserier och innehåller rutiner för viss statistisk bearbetning. Den är nära kopplad till MOUSE-systemet och har bla en liknande menystruktur, figur 1.



Figur 1. Menyträdet i MOCSOP med de olika filerna som har vägledande extensions.

Det är i menyerna A - D som indata skapas och redigeras enligt nedan. Själva körningen kan sedan genomföras i E, varefter resultaten går att granska i menyn F, i form av bräddade flöden (Qbr) och föroreningar (Pbr).

A - Dagvattnets föroreningshalter (Storm Water Pollutants)

A.4 - Bräddad dagvattenvolym

A.5 - Föregående uppehållstid

B - Spillvattnets föroreningshalter (Waste Water Pollutants)

C - Inloppshydrografer till bräddavloppet (INFlow)

C.4 - Totala inflödet

C.5 - Läck- och dränflöden

C.6 - Spillvattenflöden

D - Flödesstrykning i bräddavloppet (vidaregående CAPacity)

Några exempel på kommandon är <1>, <R> och <2>, vilka står för hämta, redigera respektive spara fil. De olika menyerna är så gott som helt självinstruerande. Nämnas kan dock att all klättring uppåt i MOCSOP-trädet sker med hjälp av <Q>.

II. Indatabeskrivning

A.4 - Föroreningskoncentrationen i dagvattnet beror på hur stor dagvattenvolym som bräddat. (Halterna ges alltid i mg/l vilket stämmer bra för syreförbrukande ämnen och totalfosfor, men bör läsas som mikrogram per liter för bly.) Grundkonceptet bygger på avtagande halter med ökad bräddvolym och varje kurva går att specificera med upp till 30 talpar även om det oftast räcker med betydligt färre värden, se figur 3.

A.5 - Föroreningshalten ovan begränsas uppåt av uppehållstiden, dvs det antal dygn som förlöpt sedan bräddstopp i samband med närmast föregående regn. Meningen är att all bräddning under ett regn (definierat i stil med Arnell) således skall utgöra ett och samma bräddtillfälle. Det normala är att höga halter kräver långa uppehållstider, tex enligt den princip som figur 3 beskriver. (I nuvarande version 1.0 räknas dessvärre varje bräddning som ny, oberoende av regnet.)

B.4 - Spillvattnets föroreningshalt (mg/l) under ett representativt medeldygn anges varje timma med start klockan 00.00, figur 4.

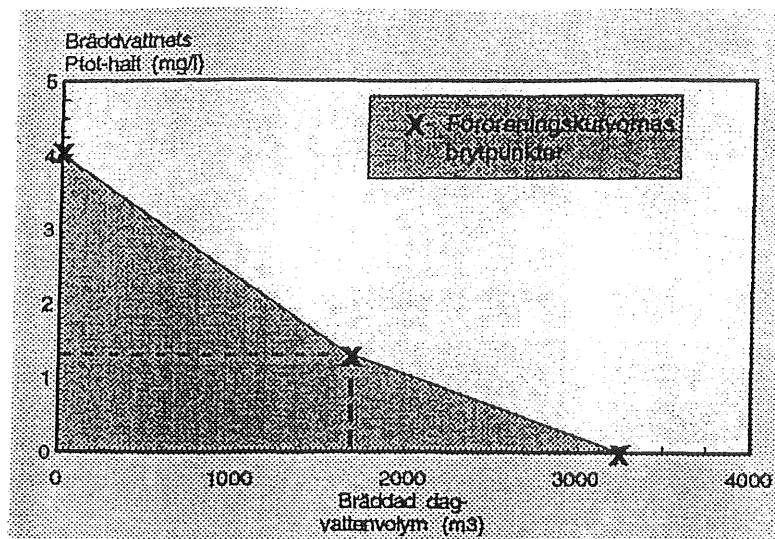
C.4 - Det till bräddbrunnen inkommande totalflödet kan visserligen ges manuellt, men läses normalt in via en textfil (som beräknats med MOUSE, se vidare kap VI). Tryck T och ange filnamnet _____.TXT! Härvid överförs ev också tillhörande datum- o tidskolumn (år,månad,dag resp timma,minut,sek). Alternativt skapas eller redigeras kolumnen i MOCSOP om man anger startdatum, tidsstegets längd och antalet tidssteg. MOCSOP erbjuder också möjligheterna att:

- * Bortse från små flöden (< ? l/s), vilket begränsar antalet värden som behöver lagras. (Genom att utnyttja vissa tröskelvärden kan resultatfilerna reduceras direkt i MOUSE - Pilot.)
- * Addera textfilens innehåll till befintliga spillvattenflöden (kommer nedan), om dessa ej redan omfattas förstås.

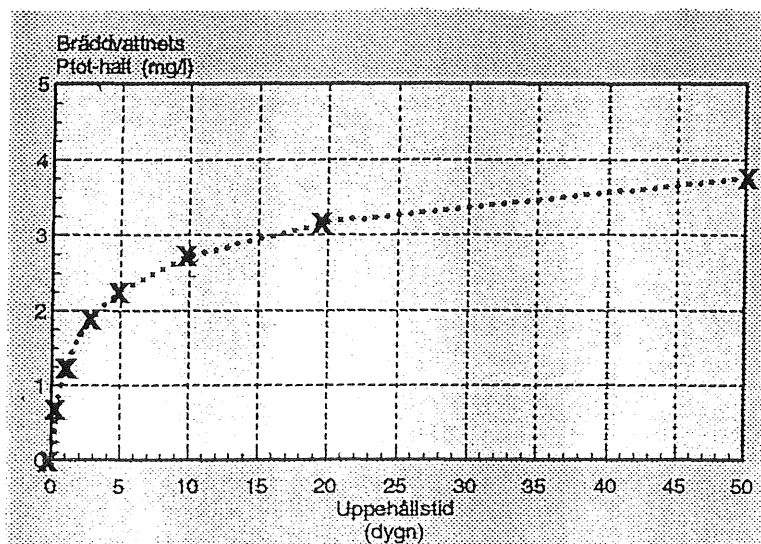
C.5 - Läckage- och dräneringsflödet kan likaså skrivas in antingen manuellt eller textfilsmässigt. Det senare förutsätter troligen att MOUSE - NAM utnyttjas. Användandet av denna modell är emellertid i sin linda och sinkas av att det krävs flera års kalibrering för att kunna simulera pålitliga flödesvariationer. Obs! att en tidskolumn alltid måste specificeras, även om läck & drän antas vara lika med noll.

C.6 - Spillvattenflödet ges i l/s för dygnets alla timmar från klockan 00 til 23 (pss som fig 4 beskriver).

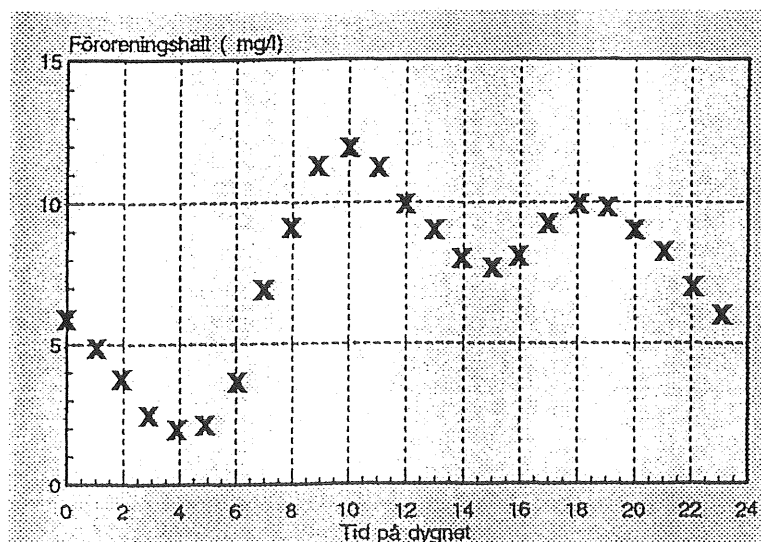
D.4 - Capaciteten avser det i spillvattenledningen vidaregående flödet under bräddning. Detta avdragsflöde betraktas ofta såsom konstant och kan då matas in enkelt på manuellt vis. Är variationerna betydande samt går de dessutom att simulera med tillförlitlighet, ja då är det ju motiverat med inläsning från textfil.



Figur 2. Dagvattnets föroreningshalt som funktion av bräddad dagvattenvolym, ett exempel. Det är kurvans brytpunkter som formulerar indata.



Figur 3. Exempel på dagvattnets föroreningshalt som funktion av den föregående uppehållstiden.



Figur 4. Principen för föroreningshalten i spillvattnet under ett medeldygn.

III. Hur kör man MOCSOP?

Det är alltså i meny E som själva körningen verkställs. Här namnges dels valda indatafiler (*SWP*, *WWP*, *INF* o. *CAP*) samt dels den fil (*RES*) dit resultaten önskas. MOCSOP "känner av" att givna indata är kompletta och protesterar om det finns brister.

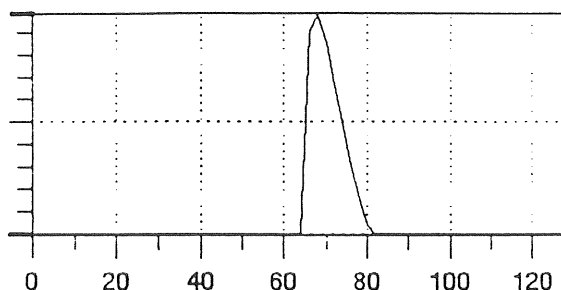
För att kicka igång beräkningarna krävs givetvis också några ytterligare indata:

- * Simuleringsintervallet, vilket definieras av start- och stopppdatum.
- * Beräkningstidssteget, som tydligen inte bör väljas till glesare än det kortaste steget i indata (C.4).
- * Initiella uppehållstiden, dvs antalet dygn fram till första bräddstart.

IV. Resultatpresentation - meny F

Då resultaten skall granskas är det dags att knappa in *RES*-filens namn, för att sedan välja presentationsform 1-4. Härfter anges aktuell bräddparameter, dvs bräddflödet (totalt eller uppdelat på dag- och spillvatten), bräddad BOD osv, se figur 1.

1. Hydrografer: beskriver förloppet
bräddflöden
alternativt
bräddad förorening
(i gram per sekund).



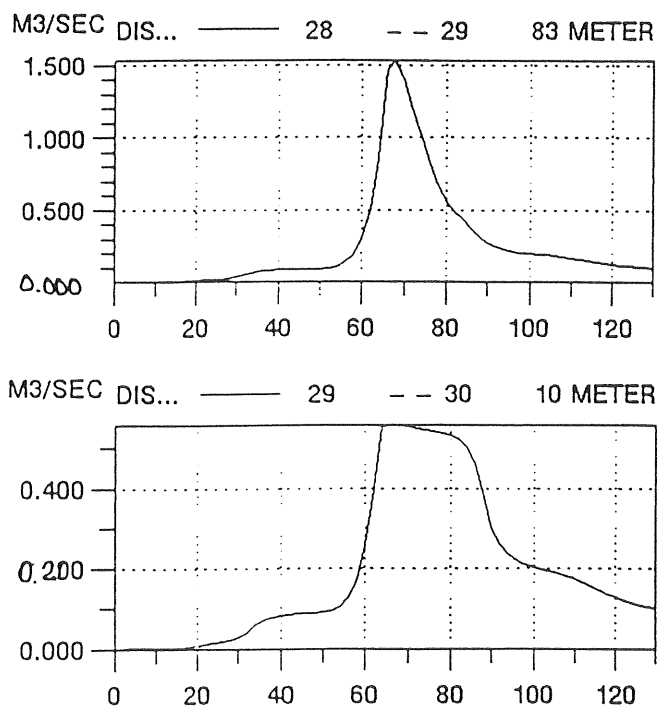
2. Månadsrapporter: summerar bräddade volymer och föroreningsmängder månadsvis.
3. Varaktighetsdiagram: speglar exempelvis att minst 600 l/s eller 8 gram COD/s bräddar under 12 timmar (räknat på ett år som är ett lämpligt simuleringsintervall).
4. Frekvenskurvor: bräddvolym eller föroreningsmängd som överskrids vid viss % av antalet bräddningar. Det bräddar tex minst 4 kg P-tot vid 10% av samtliga bräddtillfällen. (Denna rutin funkar dessvärre inte fullt ut i nuvarande MOCSOPen, version 1.0).

Det går att pendla mellan grafisk presentation och redovisning i tabellform. Resultaten kan också konverteras till textfiler för vidare överföring och plottning i MOUSE - systemet.

V. Simulering och analys av ett bräddtillfälle

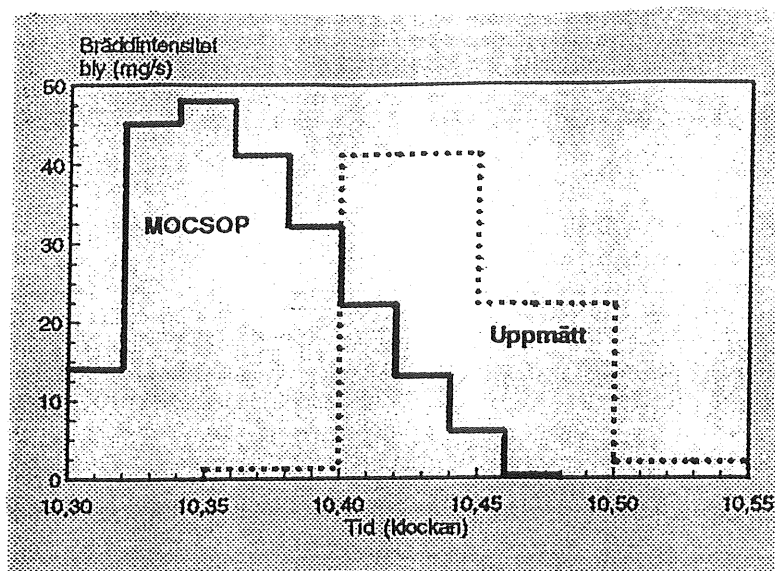
I många situationer är det av intresse att modellera enstaka bräddtillfällen. Det kan tex gälla stötblastningar av syreförbrukande ämnen eller vara i kalibreringssammanhang.

Det aktuella tillfället är hämtat från 1988-07-15 och Bellevue bräddavlopp. Detta betyder att SWP och WWP - indata bygger på lokala mätningar och de ekvationer som är inbakade i BRÄDDJAN. Beträffande INF antas att spillvattenflödet är ekvivalent med det under "medeldygnet" uppmätta basflödet. Följaktligen omfattar C.5 då också drän- o. läckflöden, medan C.6 = 0. Det totala inflödet är beräknat med MOUSE (figur 5) och har fogats till C.4 med hjälp av en textfil, se vidare kap VI. Även CAP har beräknats med MOUSE, fast dessa flöden utnyttjas inte. Skälet är mätningarna i Bellevue som indikerar att 550 - 600 l/s går vidare under all bräddning, varför det bedömts vara både smidigare och säkrare att ansätta D.4 till konstanta 580 l/s.



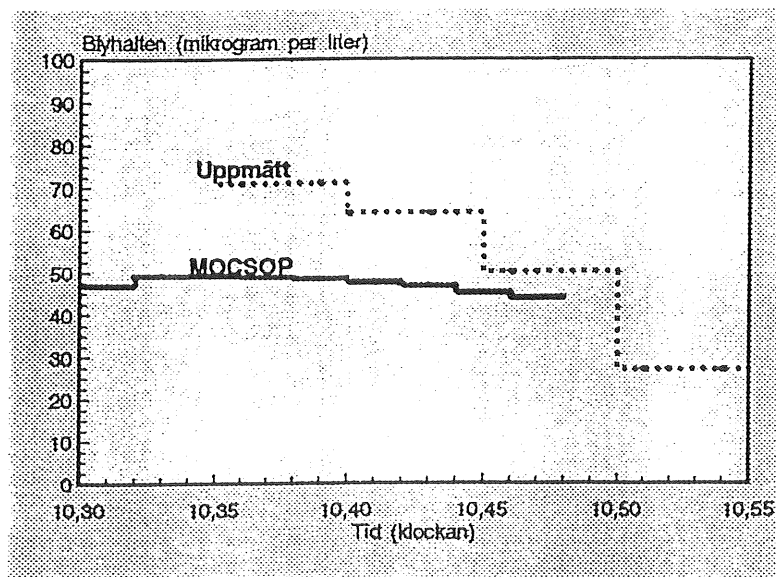
Figur 5. Totala inflödet (C.4) samt avdragsflödet i Bellevue bräddavlopp 1988-07-15, beräknat med MOUSE.

Nämnas bör att 1988-07-15 är ett utav de tio regn som utgör underlaget till BRÄDDJAN. MOCSOP borde därför ge ett resultat som stämmer väl överens med gjorda mätningar. Att så också blir fallet bekräftas av figur 6, även om MOCSOP överskattar bräddade föroreningar en aning. Närmare bestämt visar resultatfilen (RES, meny 2) bla att 23 kilo COD(Mn) och 26 gram bly bräddat, vilket kan jämföras med uppmätta 15 kg resp 20 g.



Figur 6. Pollutografen för bly beräknad med MOCSOP (delta t = 2 min) samt enligt mätningar i Bellevue 1988 - 07 - 15.

Den konstaterade avvikelserna beror delvis på MOCSOP (vissa utjämnings effekter är oundvikliga vid kalibrering). En vidare analys av bly-halten i bräddvattnet redovisar nämligen att MOCSOP räknat med för låga(?) koncentrationer, se figur 7. Främst är det emellertid svårigheten att simulera korrekta flöden som speglas (av fig 6), och gamla rådata visar mycket riktigt på att MOUSE genererat mer än 25% för stora bräddflöden.



Figur 7. Uppmätta- samt beräknade blyhalter i Bellevues bräddvatten 1988-07-15 (tillfället föregicks av 3.7 torrdygn). Själva rutinen för denna haltberäkning saknas fn i MOCSOP och har istället kalkylerats för hand enligt $(P(br)-bly)/(Q(br)-tot)$, med data från RES, meny 1.

Exemplet ger en viss uppfattning om med vilken precision som bräddföroreningarna går att simulera - i bästa fall. Man bör vara observant på att omständigheterna här är mycket gynnsamma, dvs avrinningsområdet är väl kartlagt och lokalt bestämda indata finns att tillgå.

VI. Att överföra hydrografer från MOUSE till MOCSOP

Beskrivningen nedan förutsätter att aktuella flöden redan beräknats med MOUSE och finns tillgängliga på en resultatfil, tex JA880715,PRF. Konverteringen till textfil kan i princip spaltas upp på två steg.

Steg 1: Från resultatfilen till tidsseriedatabasen

Proceduren inleds som en vanlig resultatgranskning i MOUSE, (dvs i menyn G (Print/Plot) som ju ligger under 2> Results. Enter <5> leder fram till) meny G.5:

- * Tryck <1> Select Data och ange " Discharge Branches".
- * Välj ut den för bräddbrunnen representativa punkten på ledningsnätet och (men) markera med [3]. Data transferas härmed till Boundary Data Base och tidsseriedatabasen.
- * Namnge: - Databasen (tex BELLINKQ), som samtidigt automatiskt nyskapas om den inte redan existerar.
 - Händelsens id (exempelvis 880715).

Steg 2: Från tidsseriedatabasen till textfilen

"Escapa" tillbaks till MOUSE - huvudmeny och Enter D> Boundary Data. Med en tryckning på <6> nås nu tidsseriedatabasen.

- * Tryck <5> Edit och välj databas (exempelvis BELLINKQ). Enter ger så en översikt av innehållet, dvs basens filer.
- * Markera på den önskade filen (tex 880715) och överför denna till en textfil genom att trycka <F6>.
- * Bestäm textfilsformatet (går i och för sig att välja på olika sätt beroende på möjligheten att redigera/komplettera i MOCSOP). Tidsseriedatabasen och MOCSOP matchas bäst av:

3 = komplett med kolumner för datum och tid
(år,mån,dag o. tim, min, sec)

Döp slutligen textfilen (till tex IQ880715.TXT), varefter den är klar för inläsning till MOCSOP i enlighet med punkt C.4 i kapitel II.

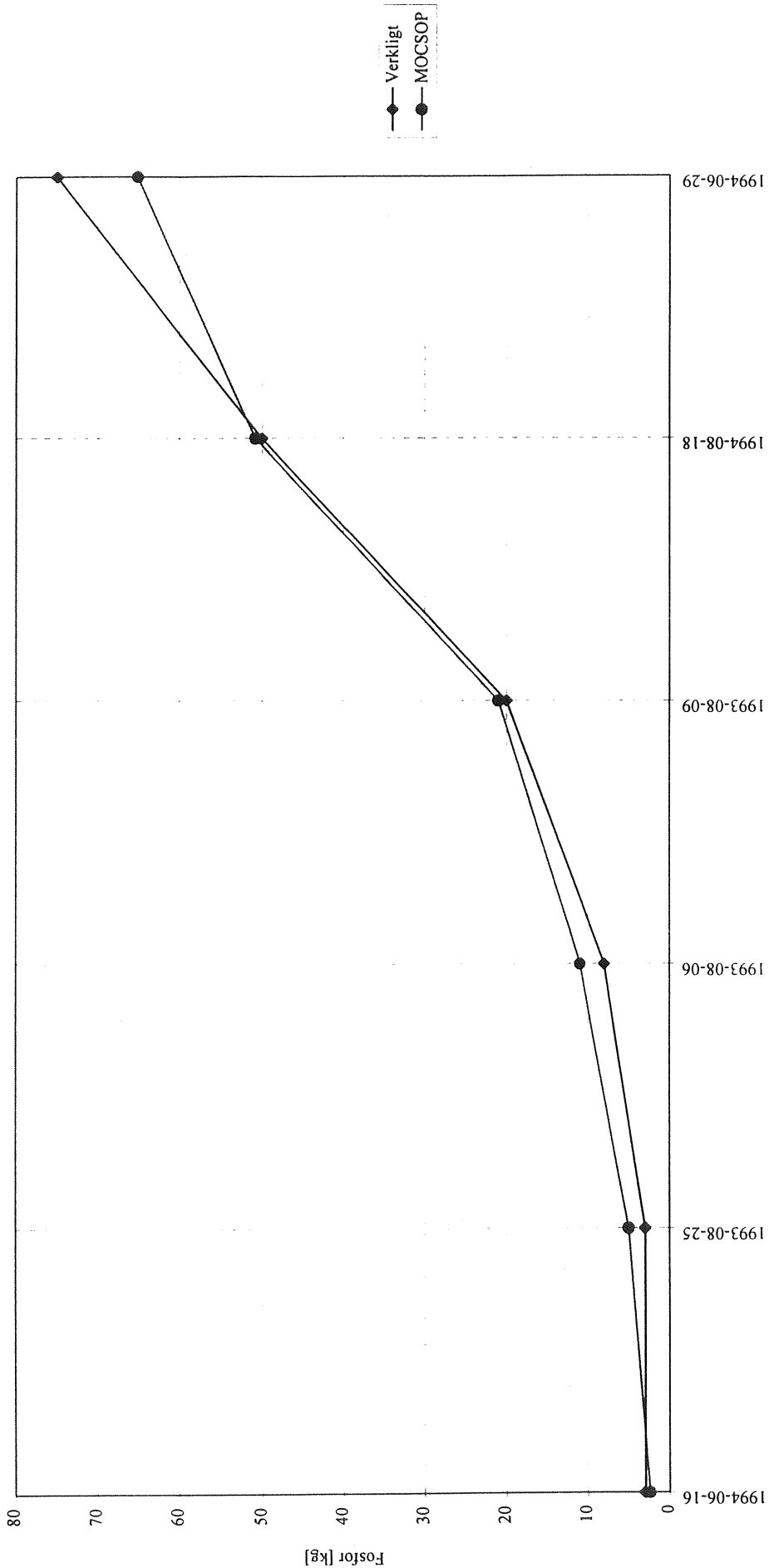
BILAGA G

(G1-G26)

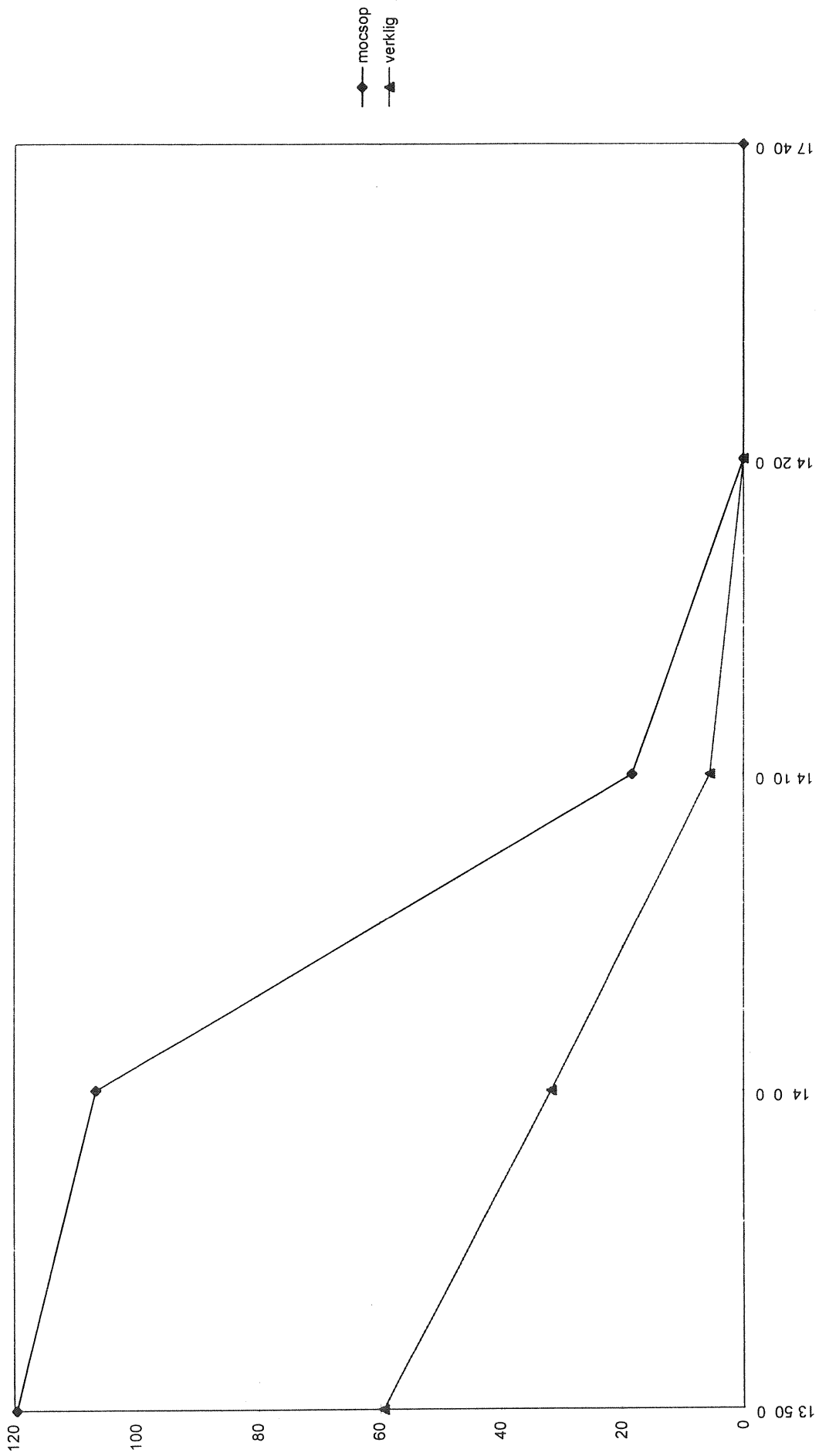
Kalibreringsgrafer från MOCSOP.

Blad1 Diagram 57

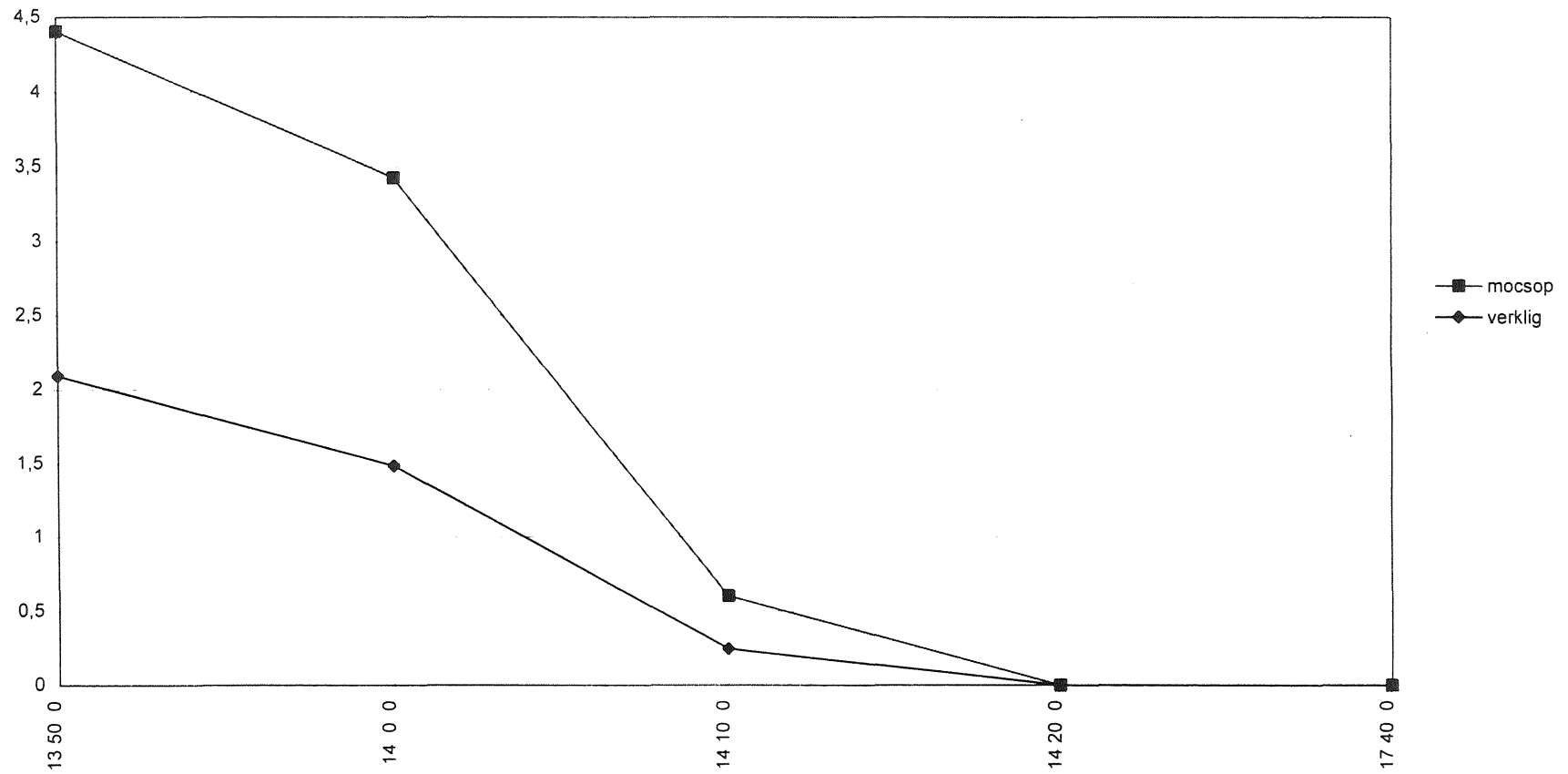
Fosfor-bräddad massa [kg] för 6 olika tillfällen



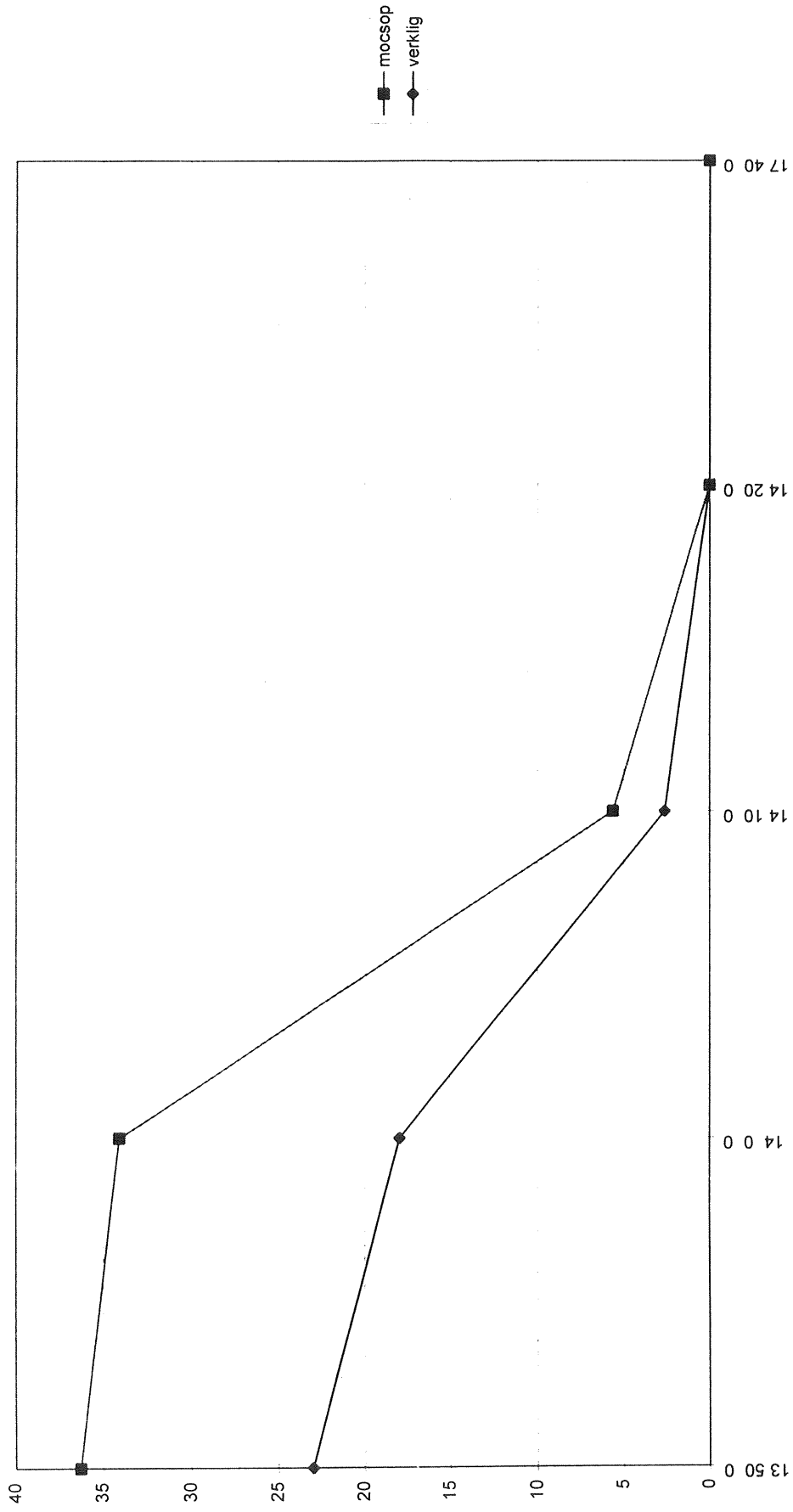
BOD (gO₂/s) bräddat; 940616



Fosfor (g/s) bräddat; 940616



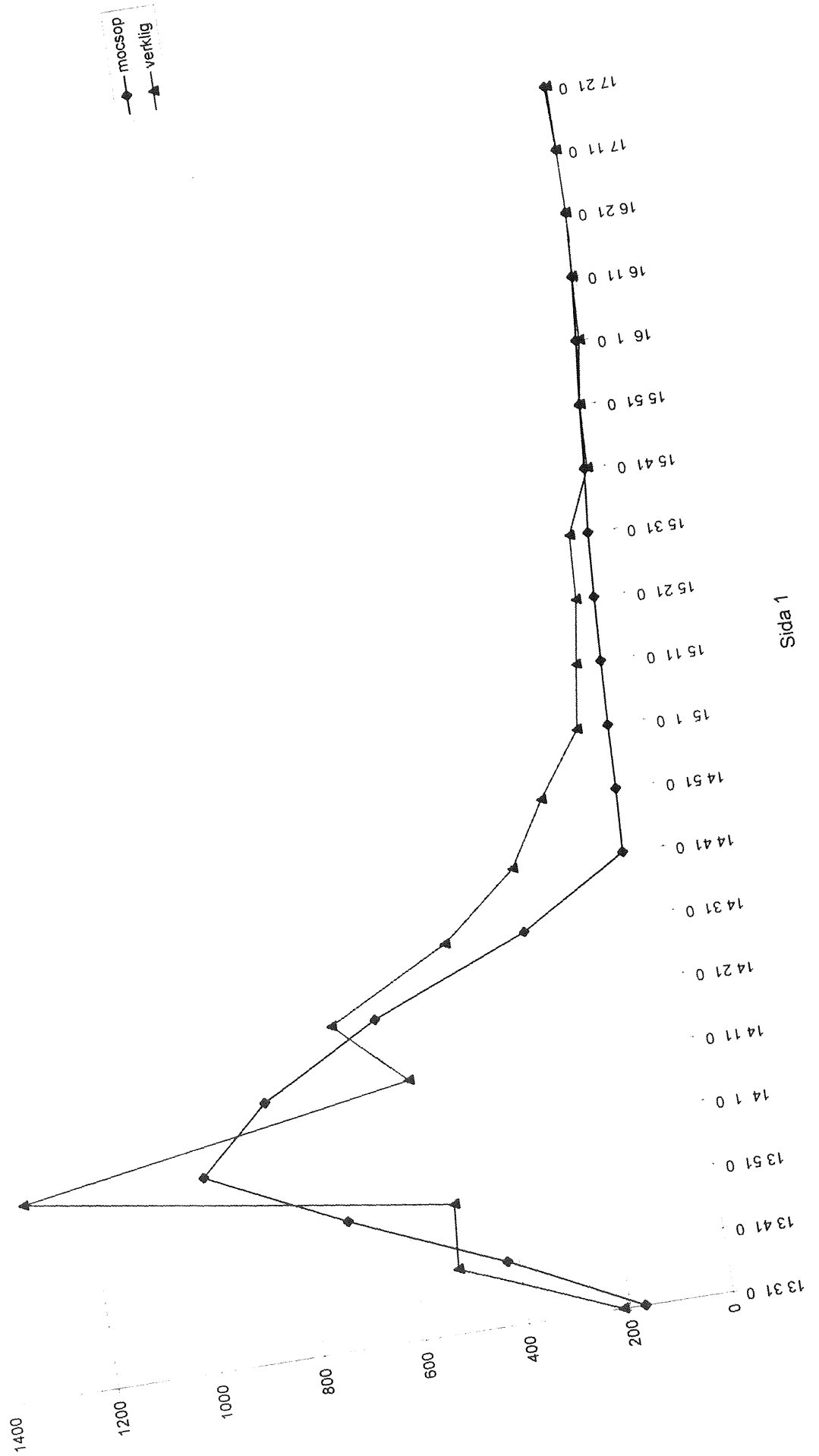
Bly (mg/s) bräddat; 940616



BILAGA G5

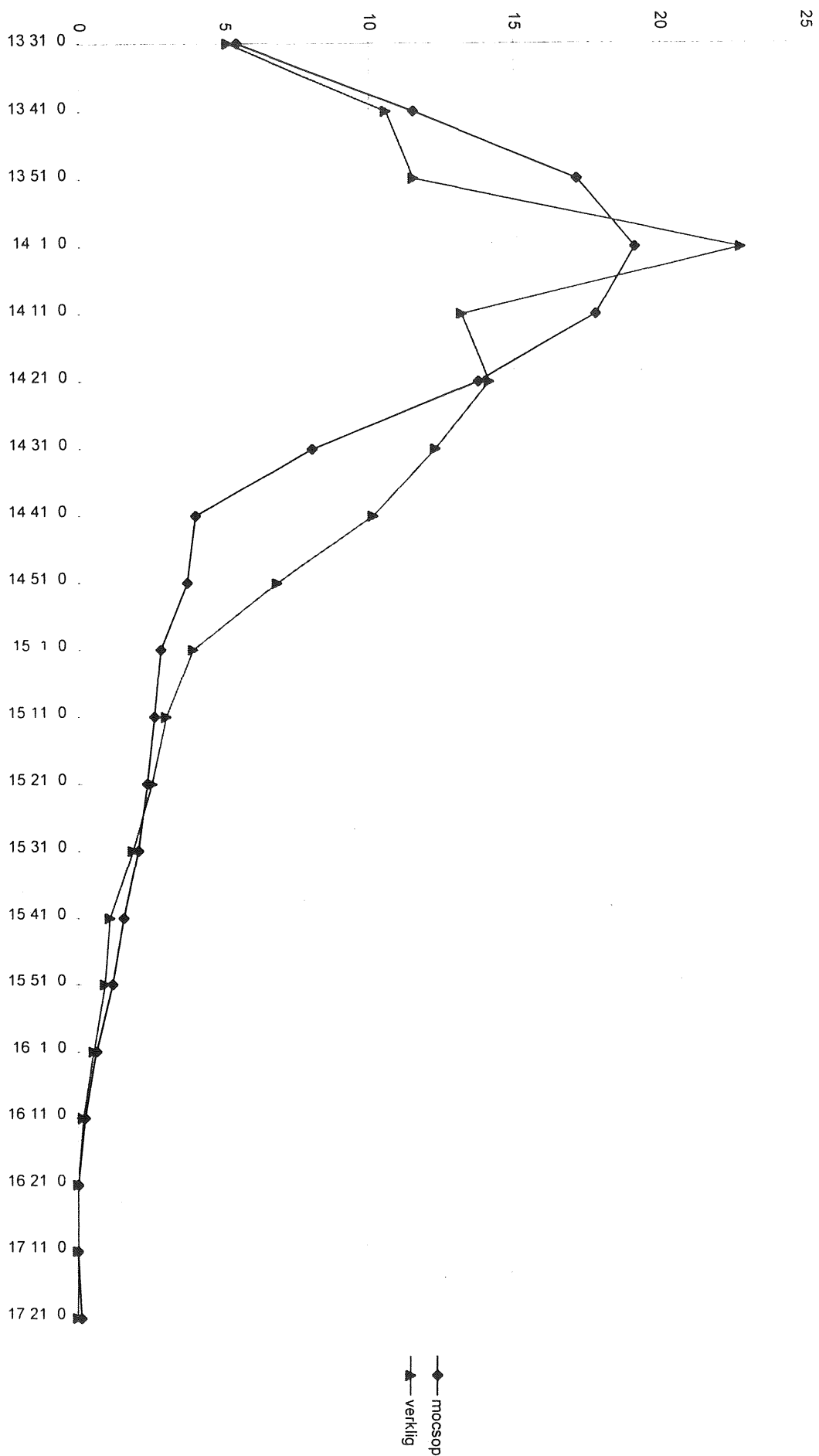
Blad1 Diagram 4

BOD (mgO₂/s) bräddat; 940629



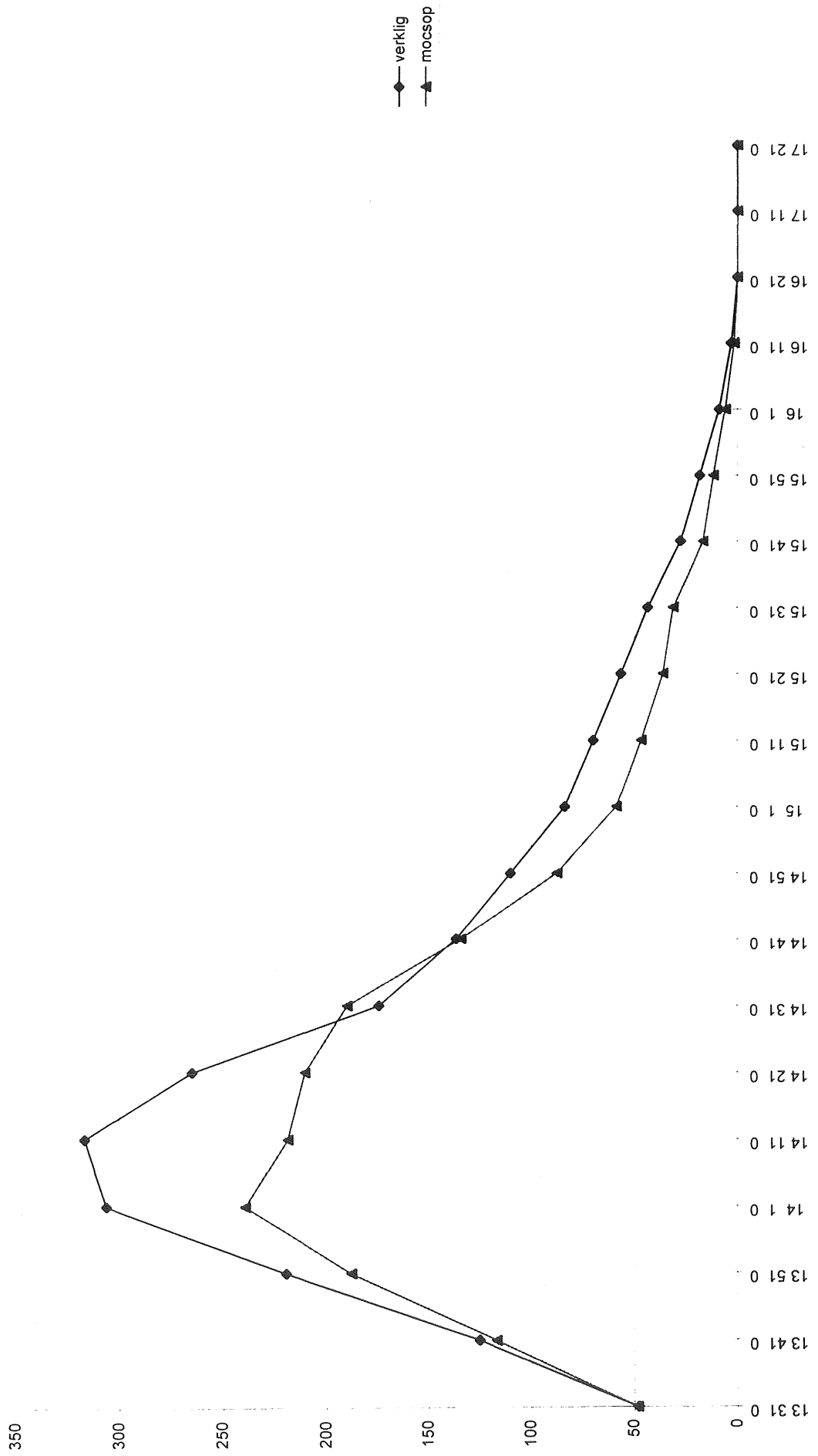
Sida 1

fosfor (g/s) bräddat; 940629

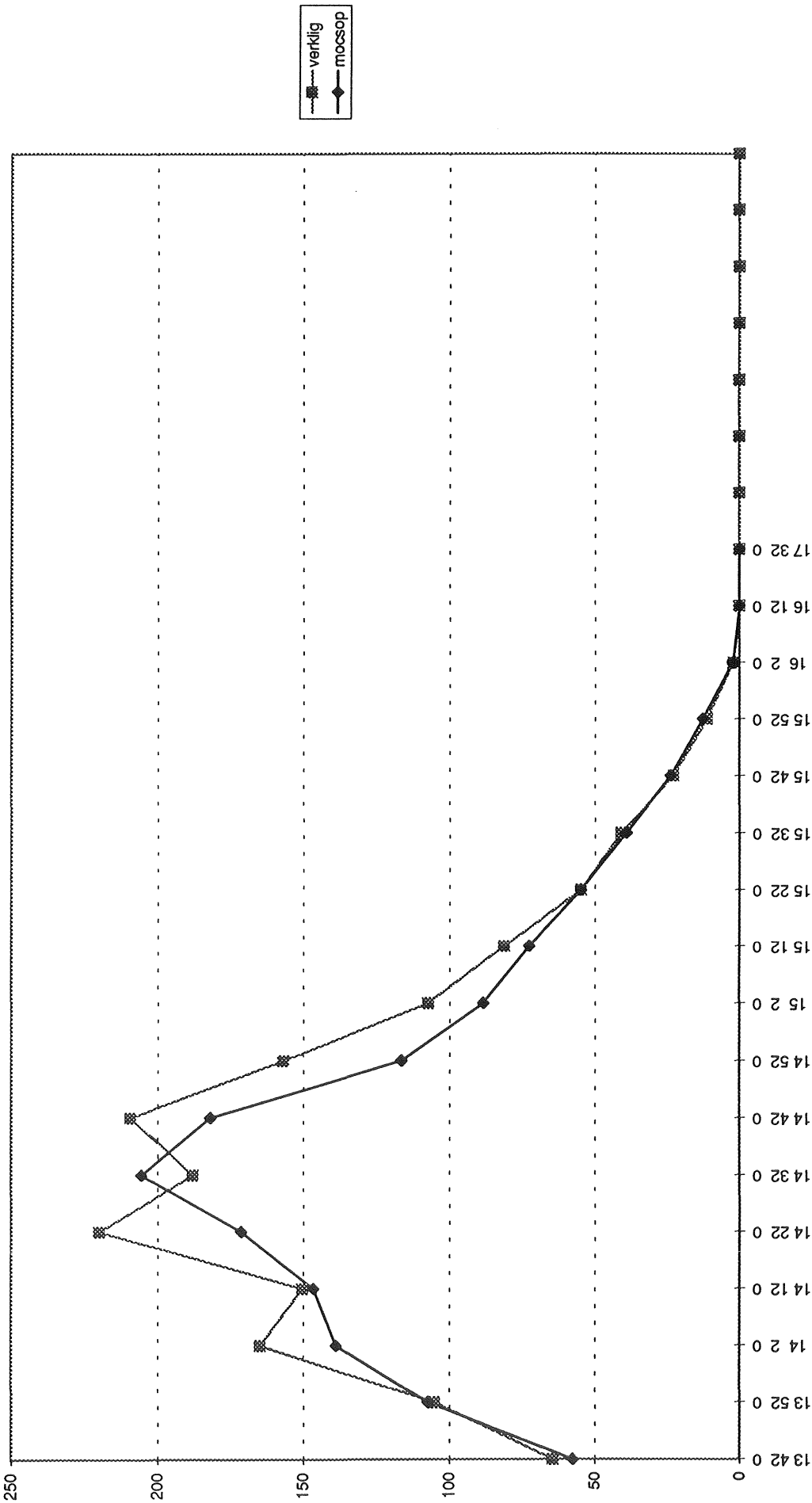


Blad1 Diagram 6

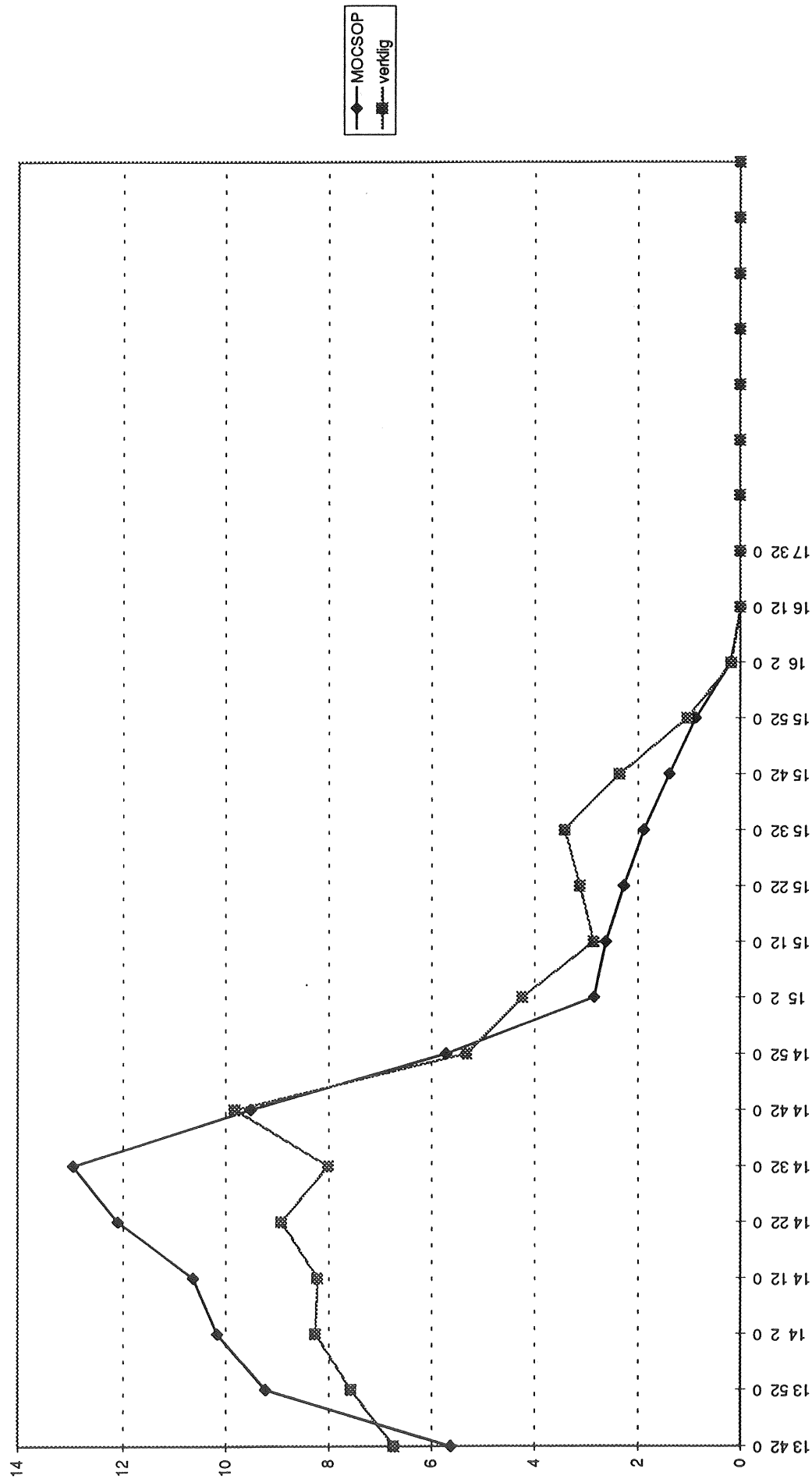
Bly (mg/s) bräddat; 940629



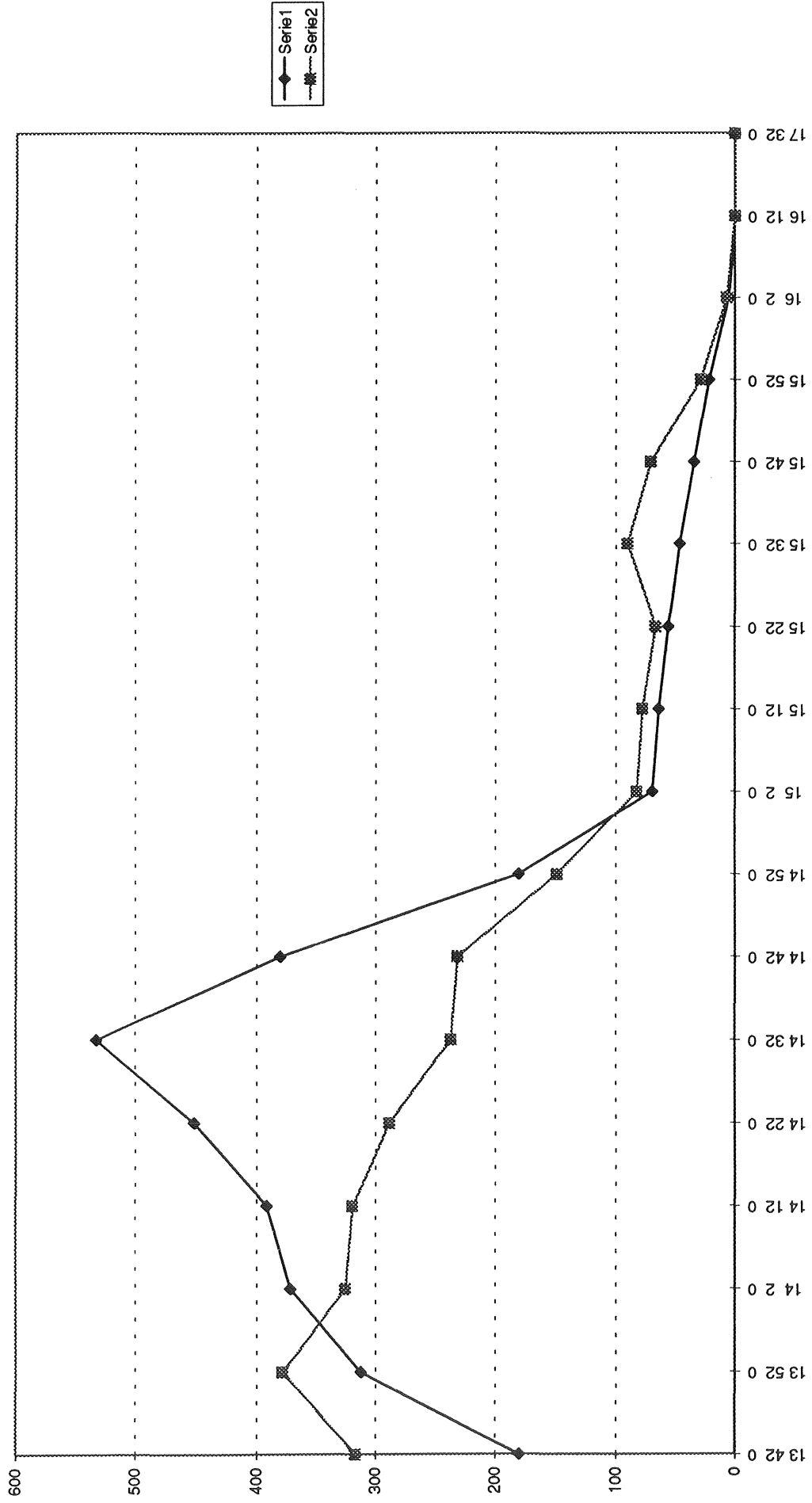
Bly (mg/s) bräddat: 940818



Fosfor (g/s) bräddat; 940818



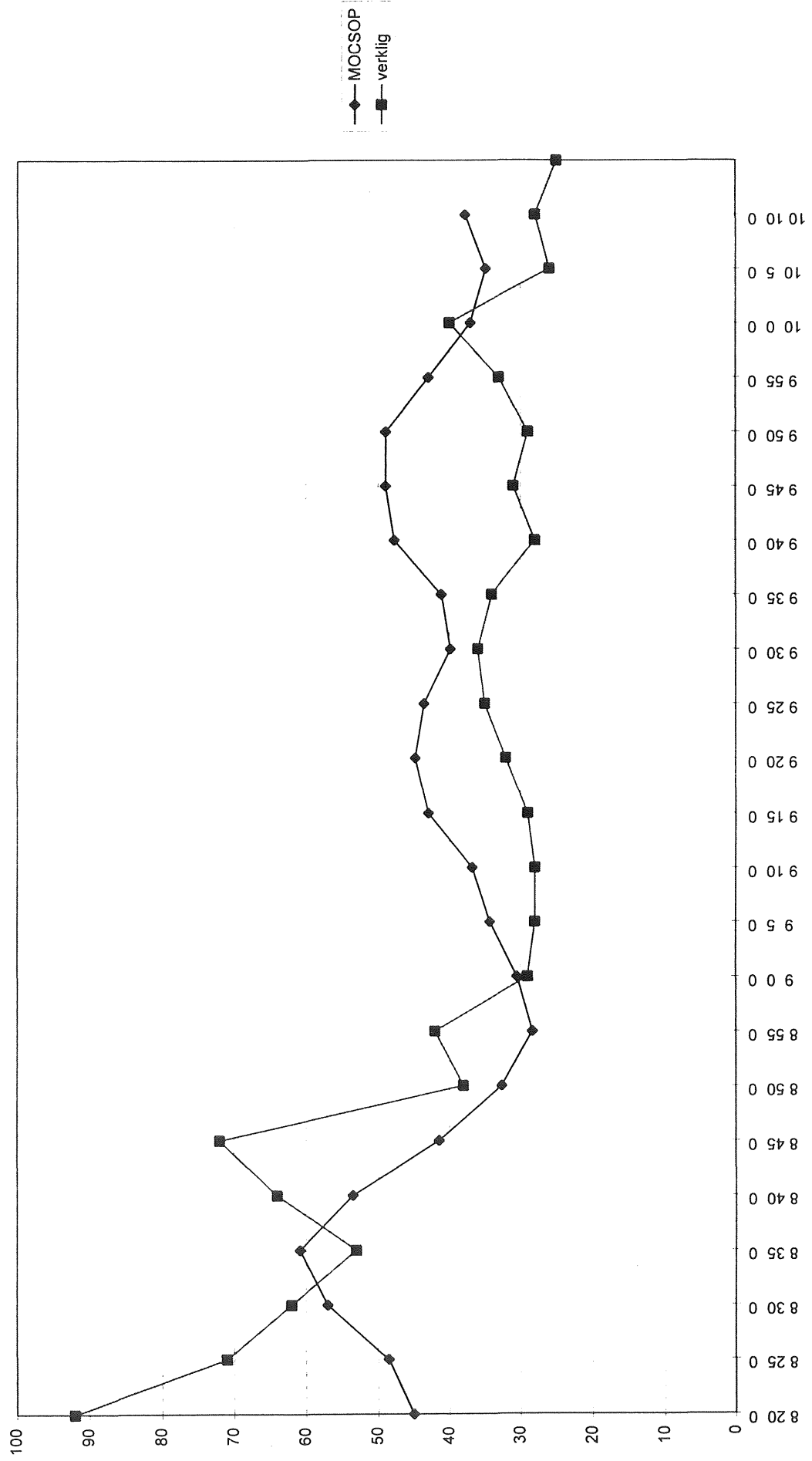
BOD (gO₂/s) bräddat; 940818



BILAGA G11

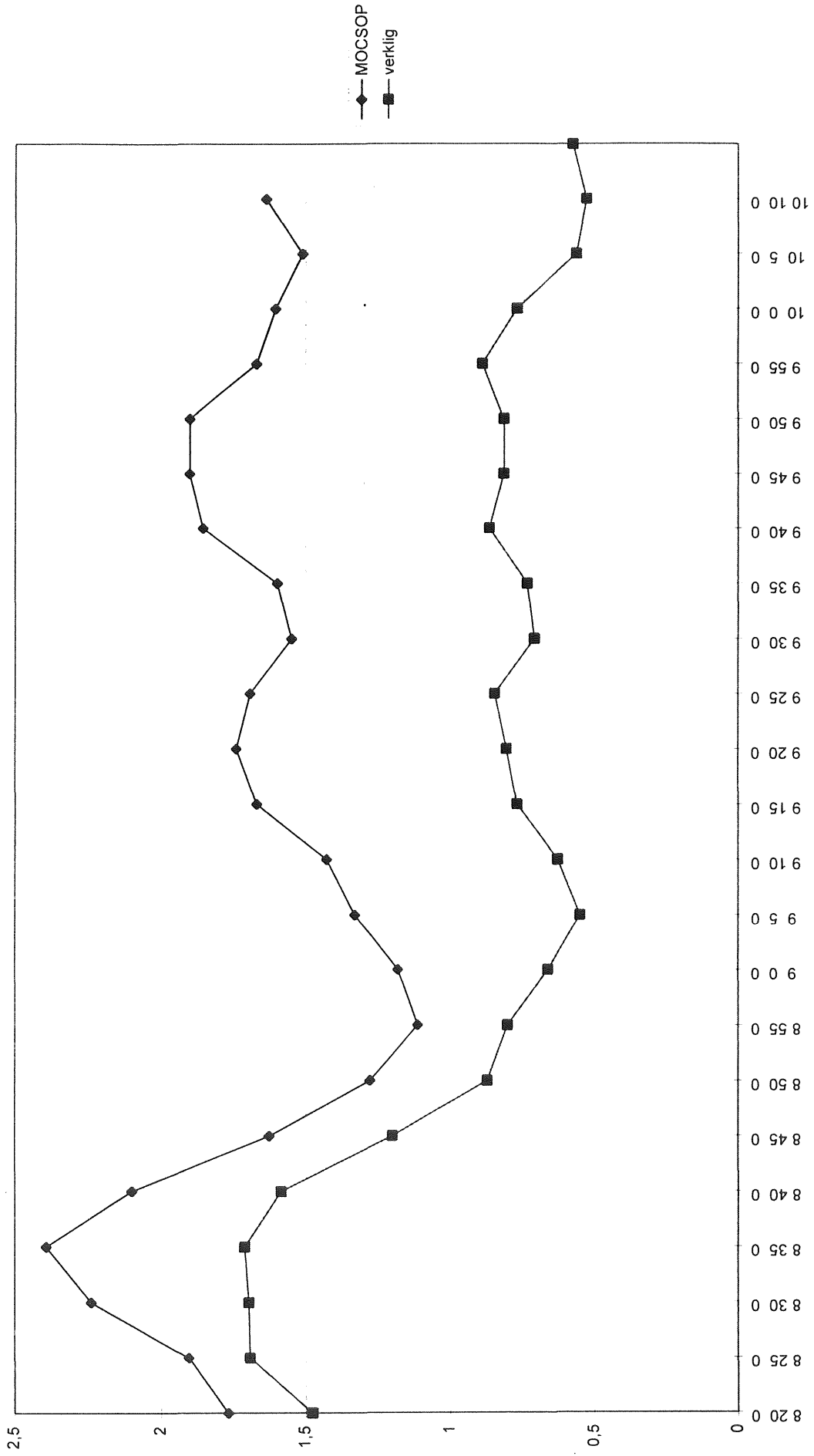
Blad1 Diagram 10

BOD (gO₂/s) bräddat; 930806

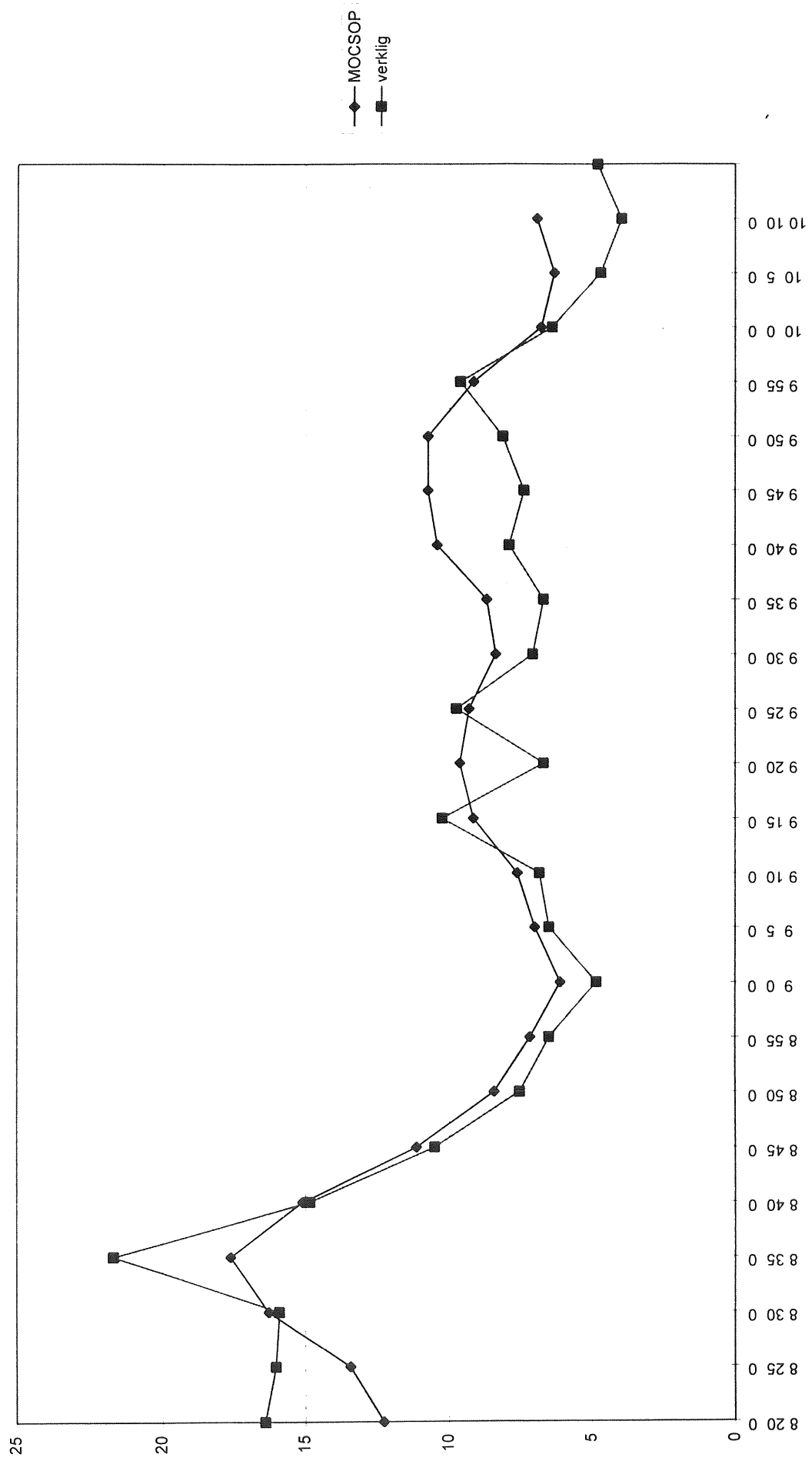


BILAGA G12

Fosfor (g/s) bräddat; 930806

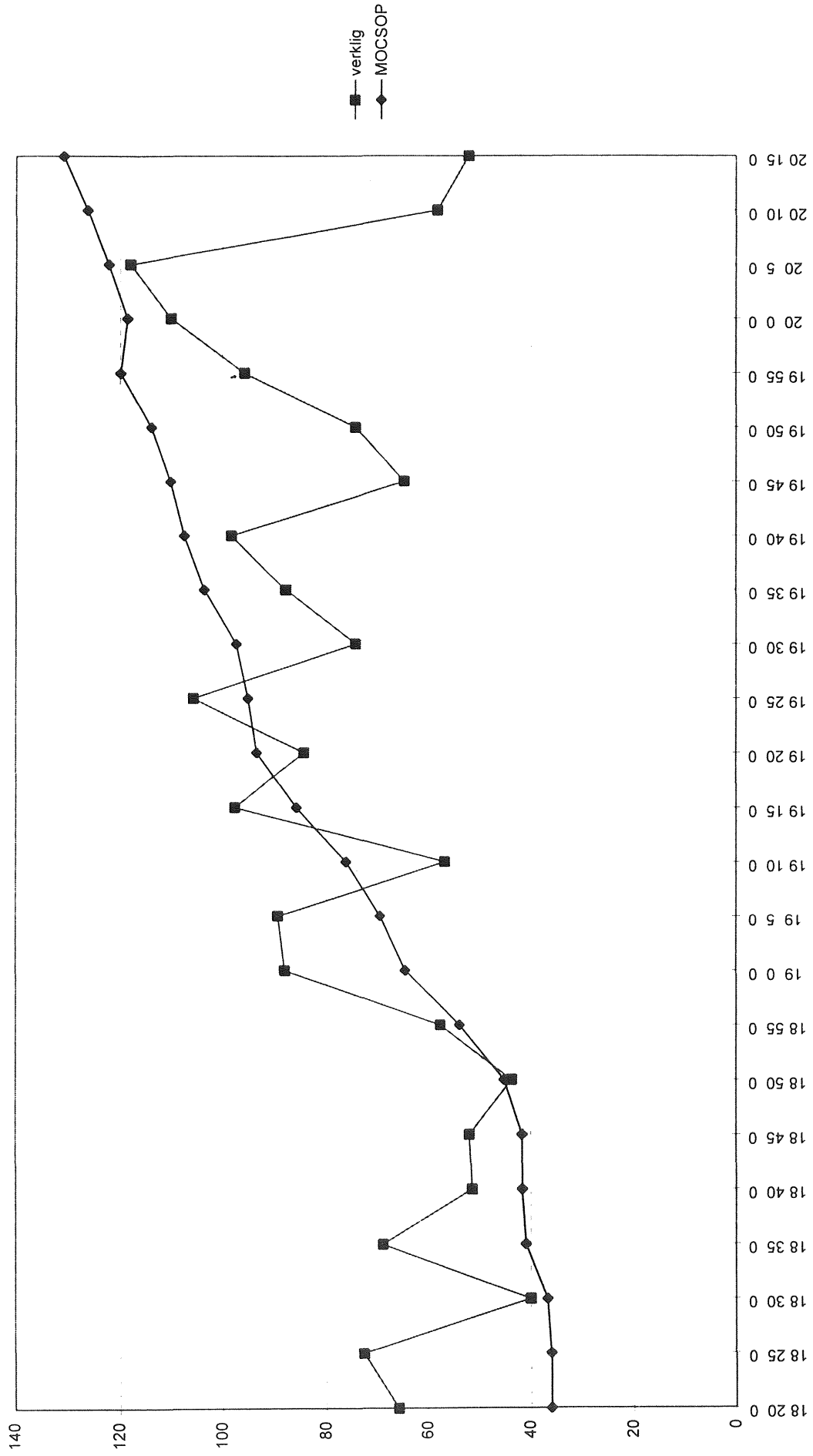


Bly (mg/s) bräddat: 930806

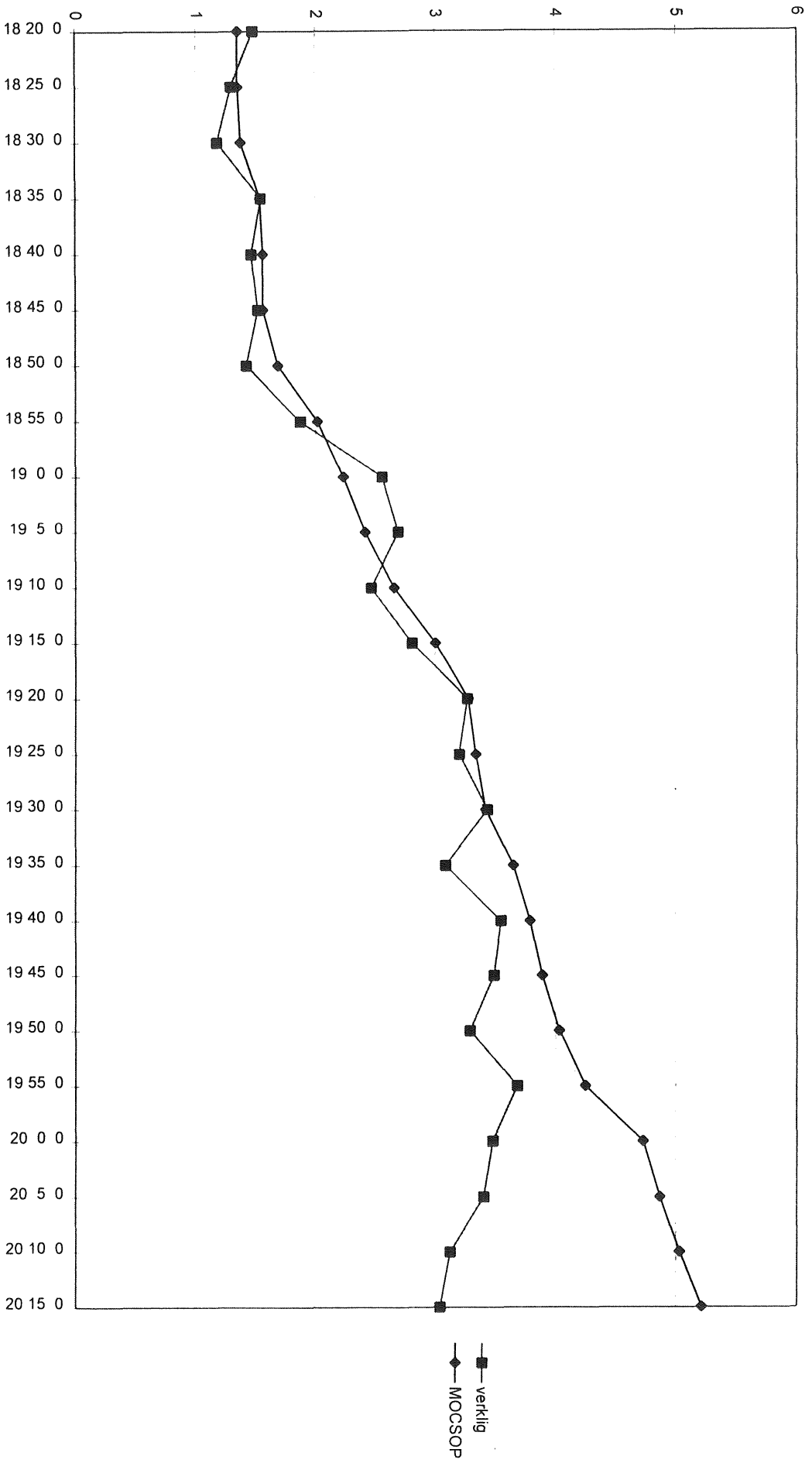


BILAGA G14

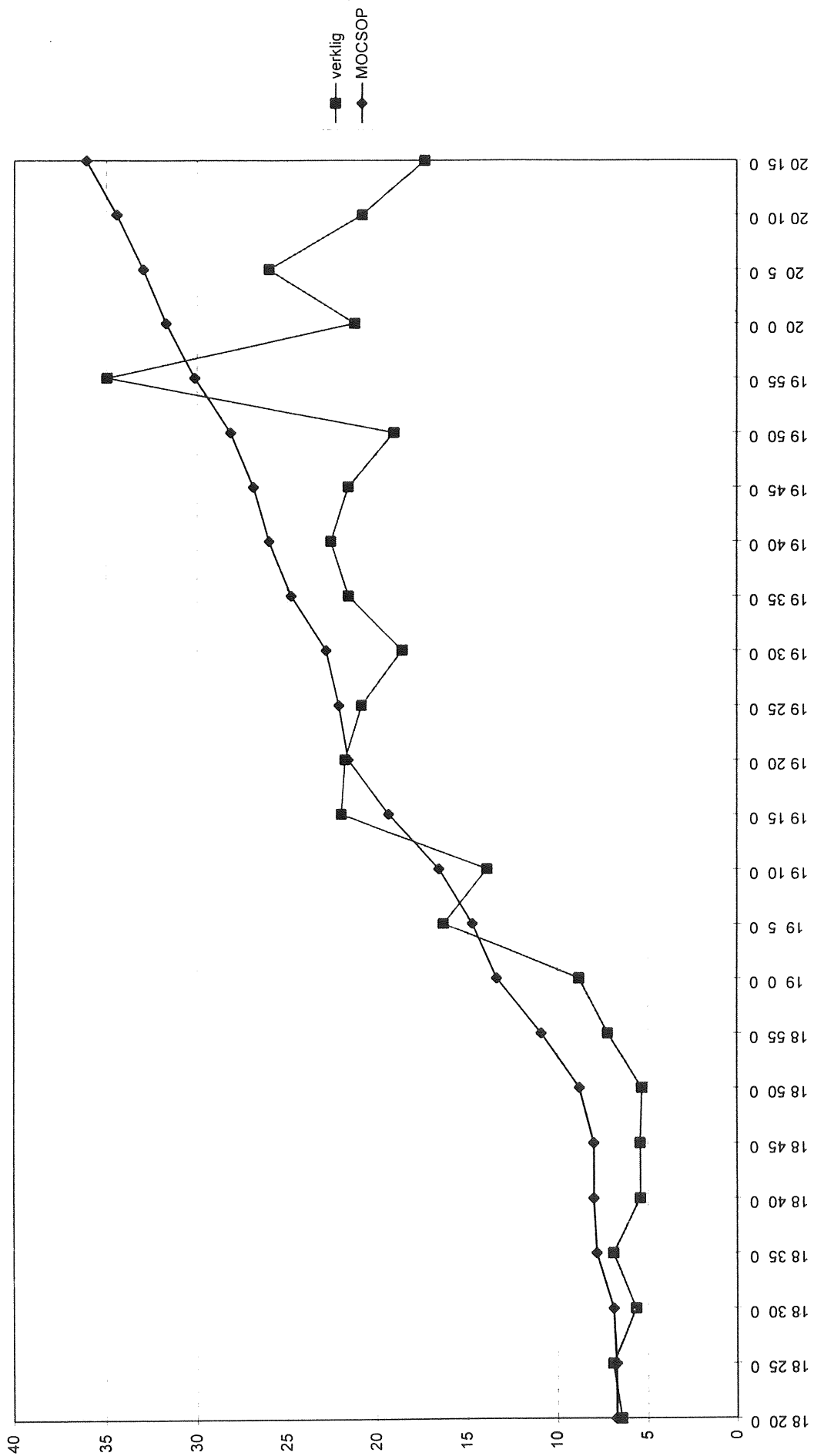
BOD (gO₂/s) bräddat; 930809



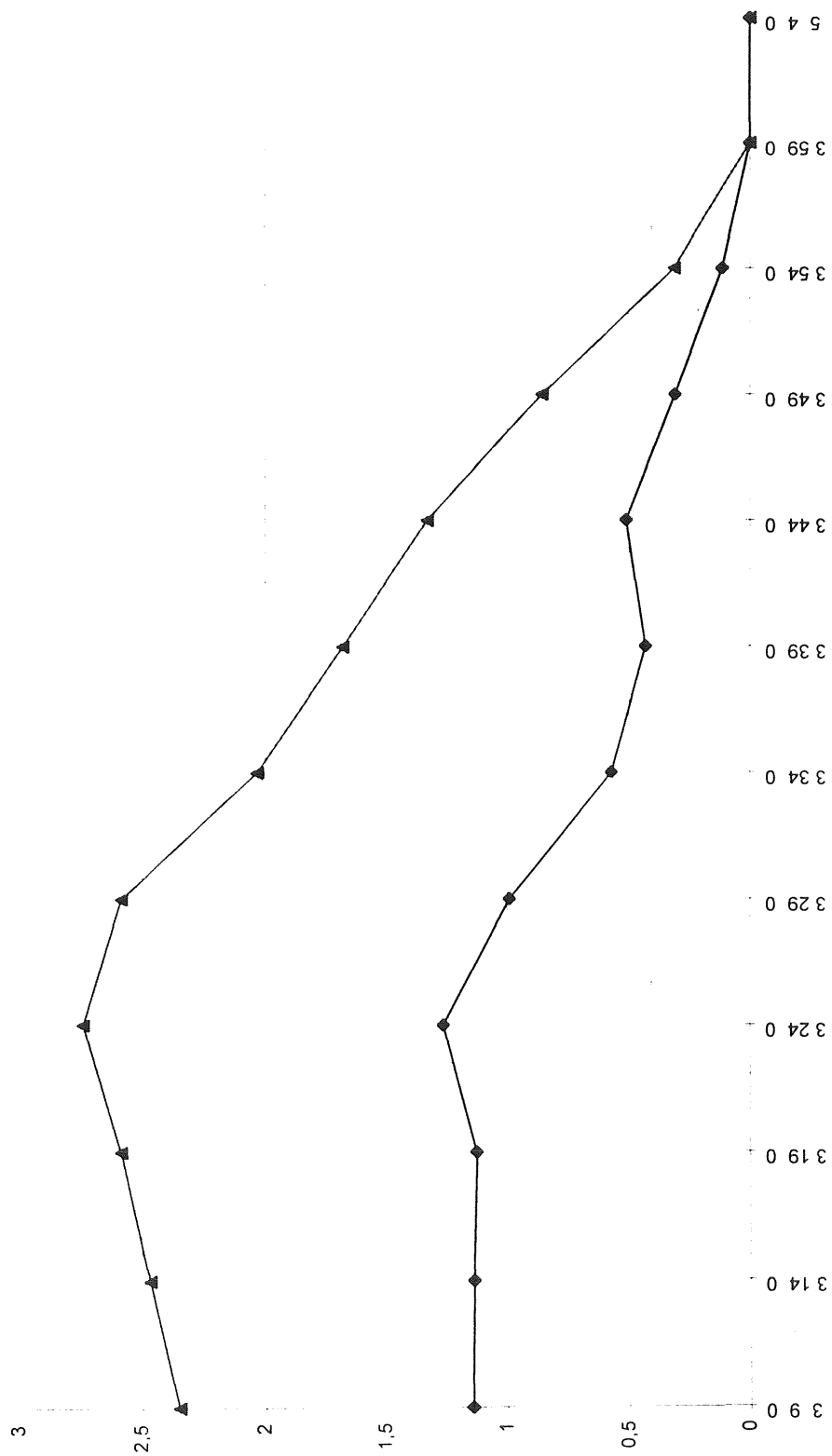
fosfor (g/s) bräddat; 930809



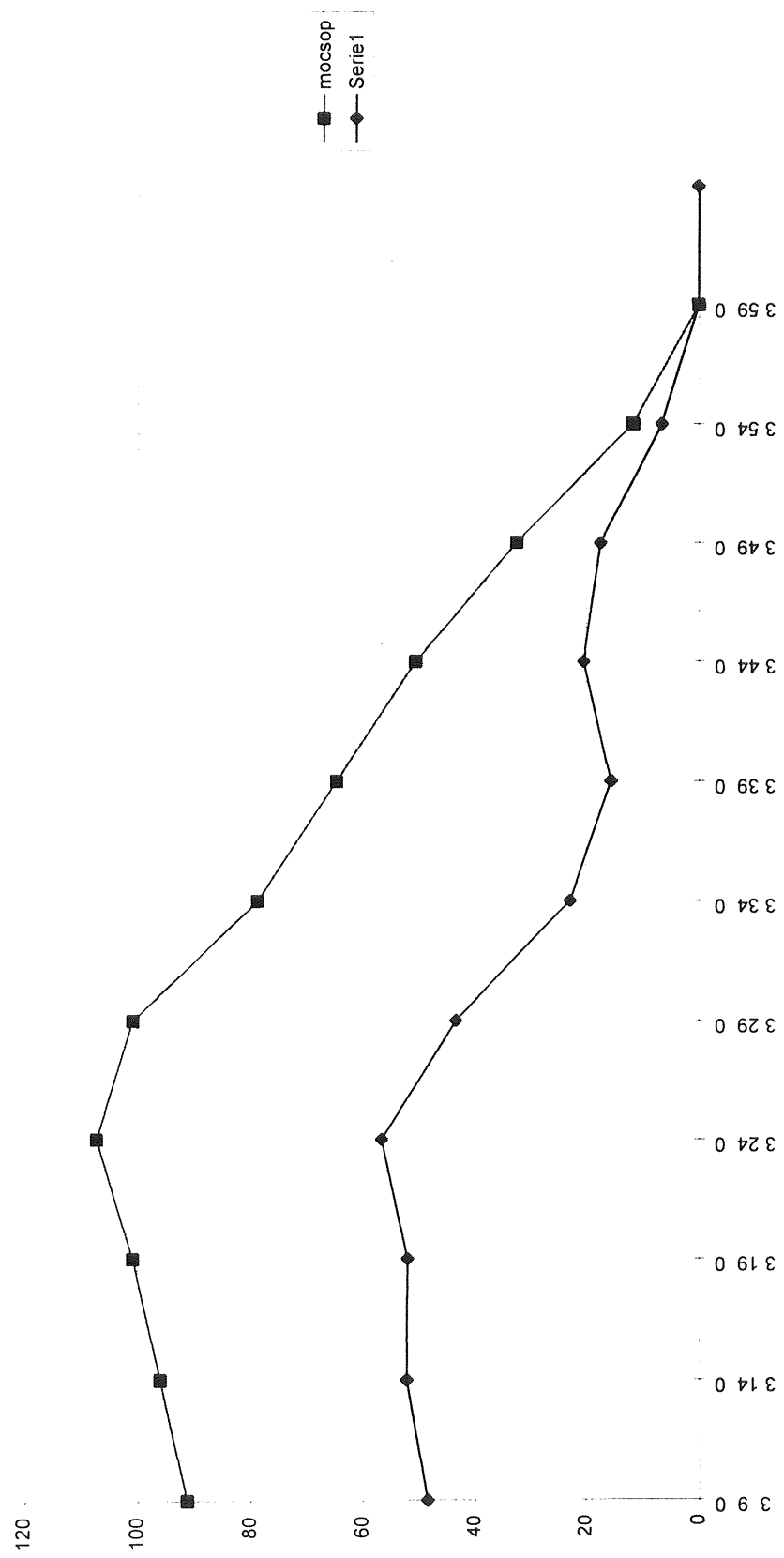
Bly (mg/s) bräddat: 930809



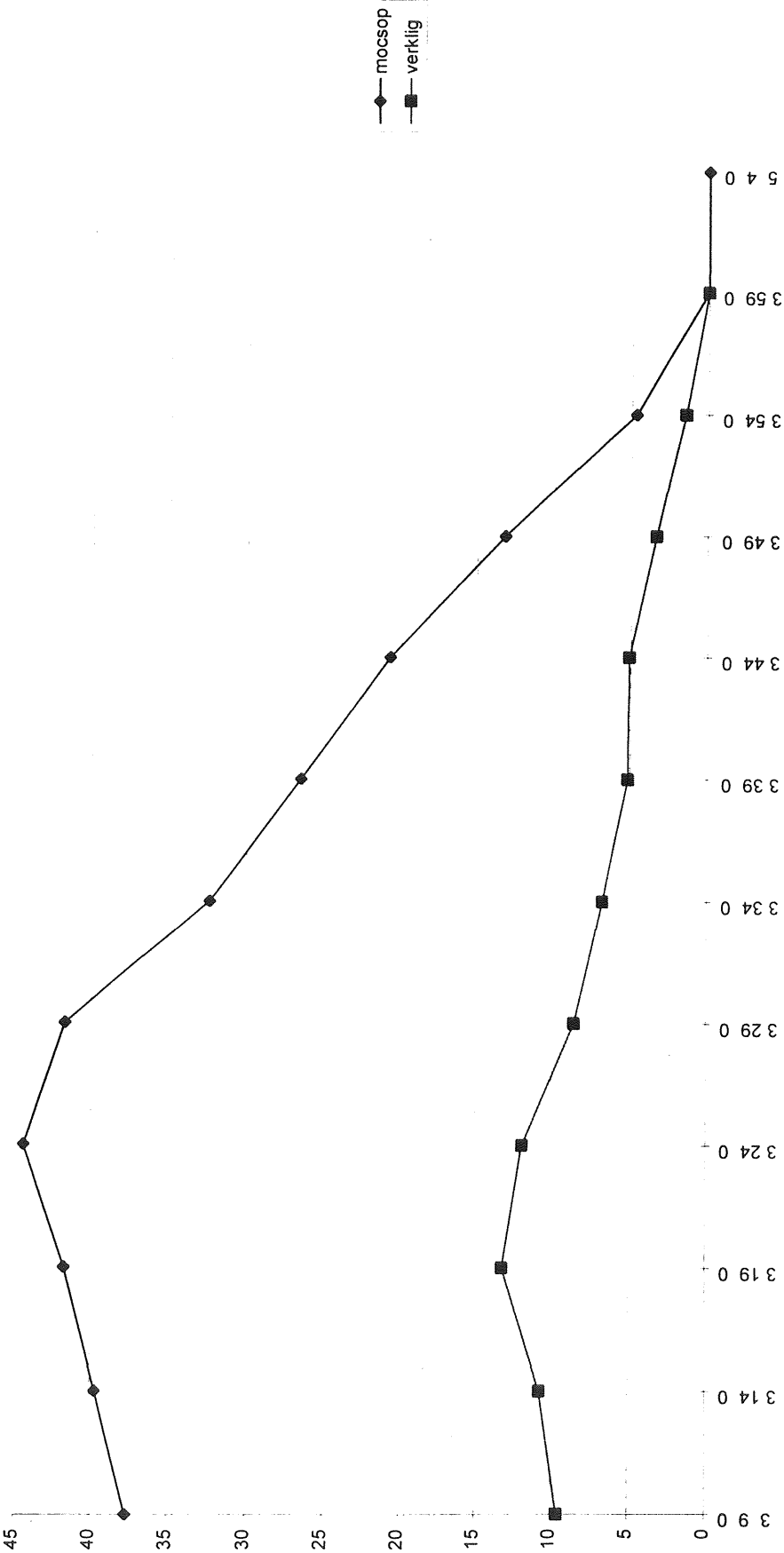
Fosfor (g/s) bräddat; 930825



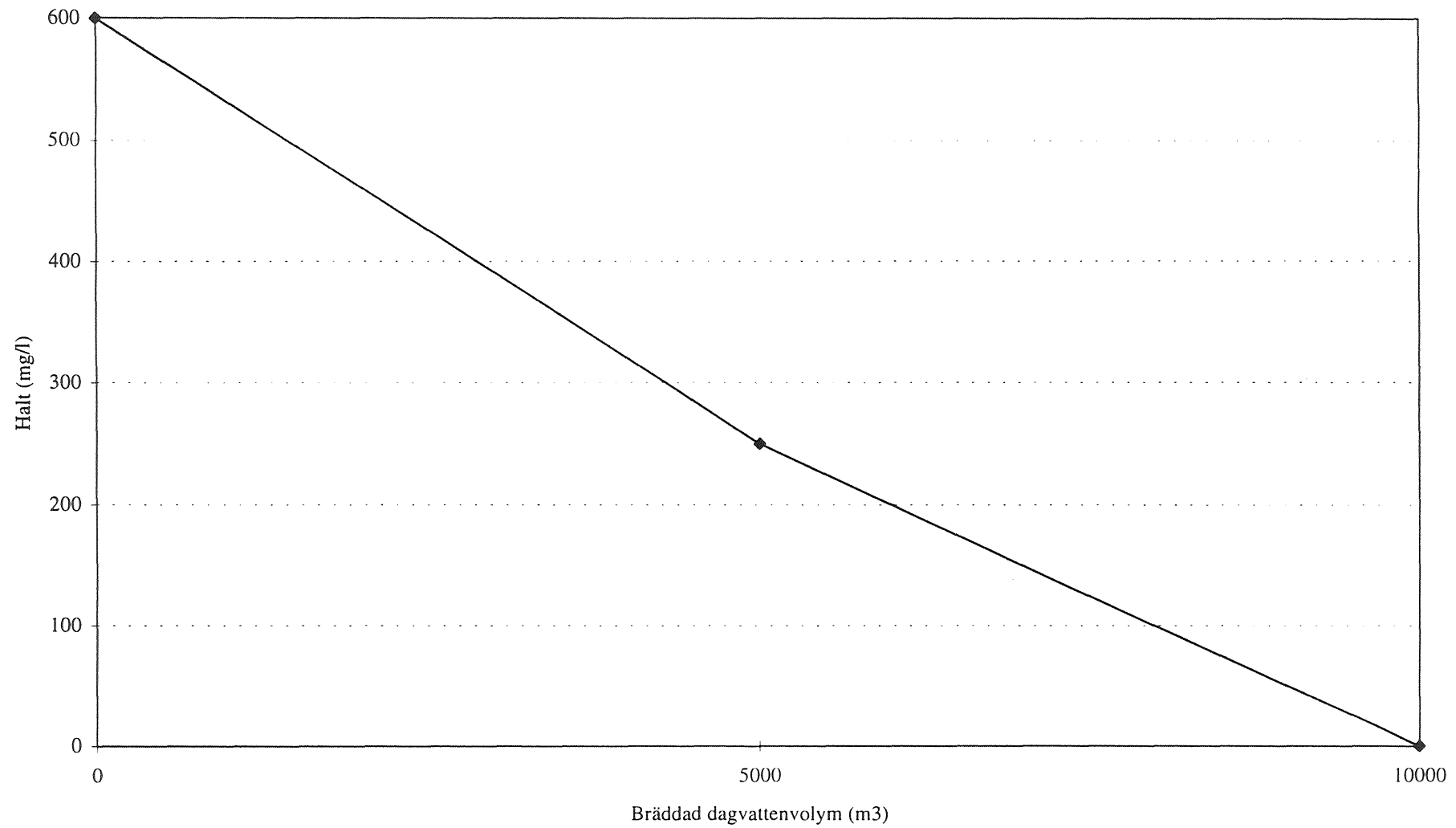
BOD (gO2/s) bräddat; 930825



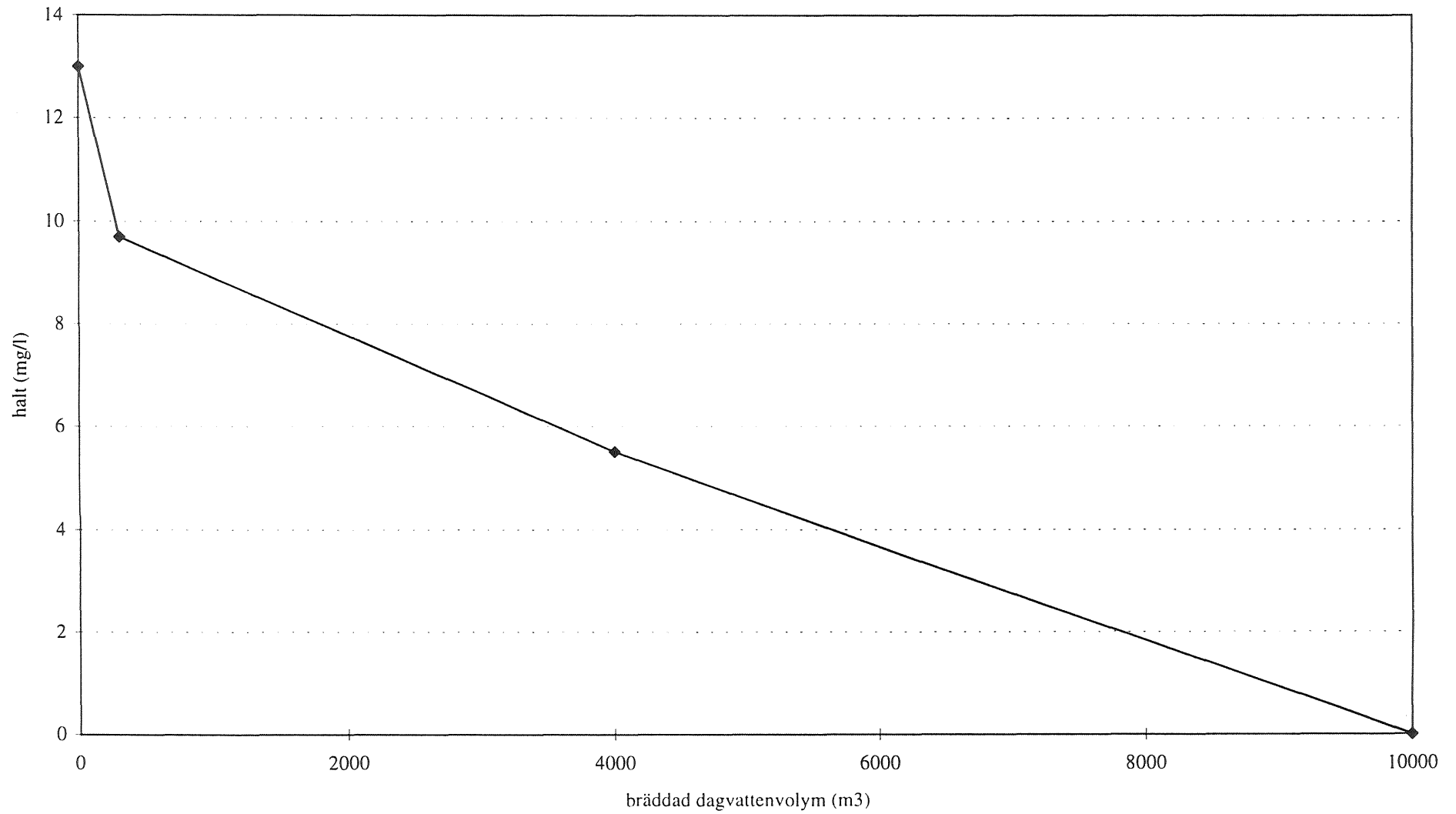
Bly (mg/s) bräddat; 930825



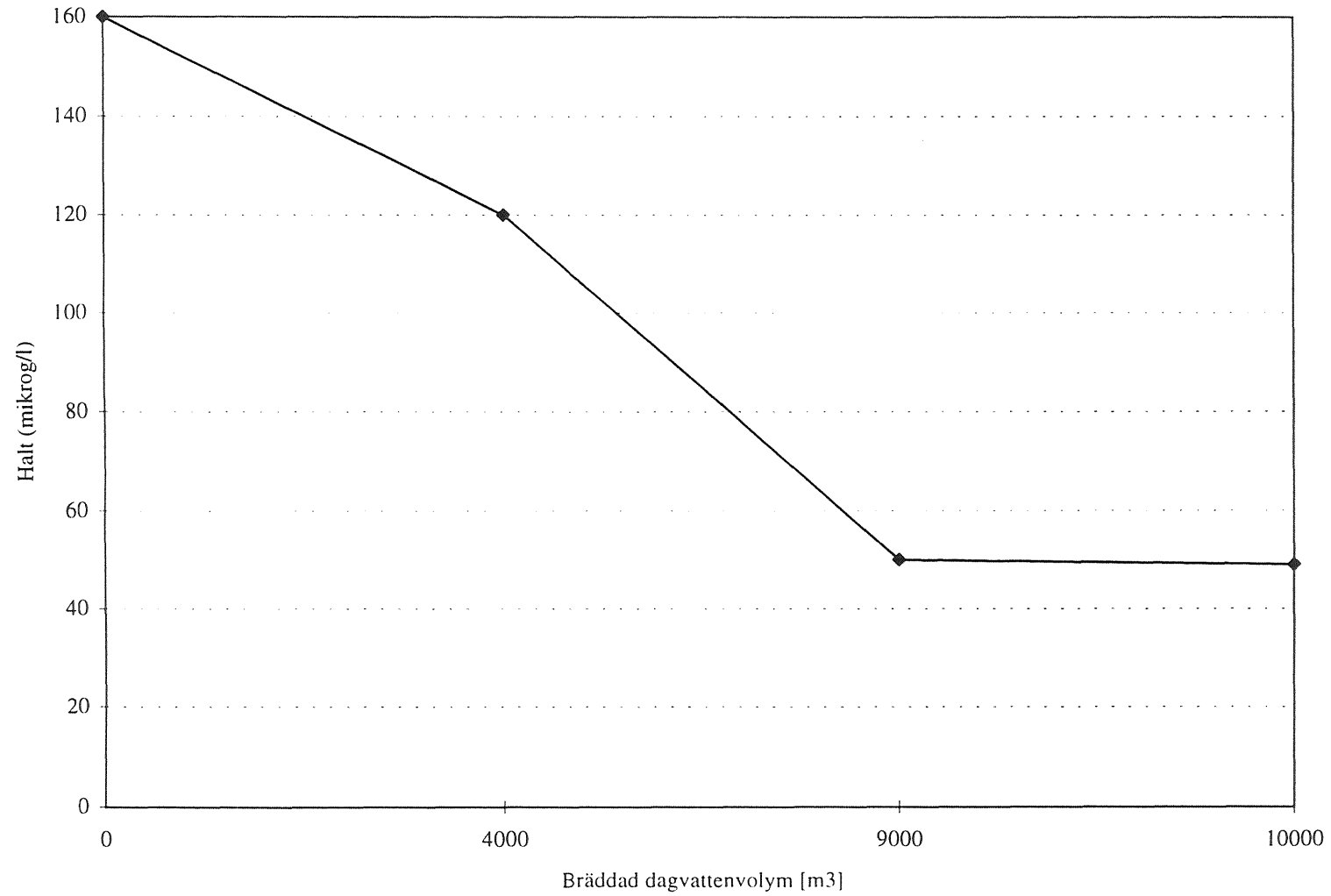
MOCSOP, meny A4, föroreningshalt som funktion av bräddad dagvattenvolym, BOD



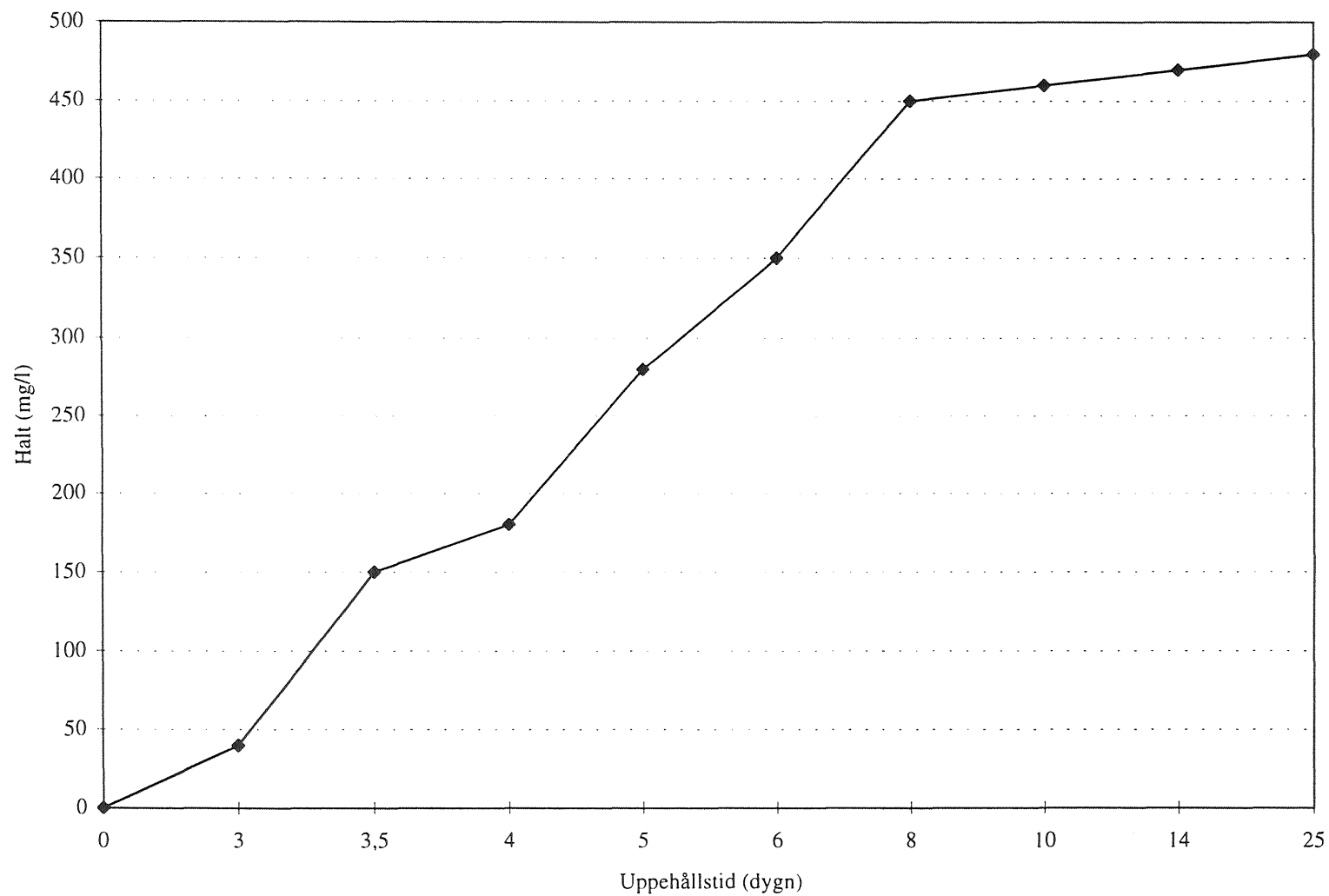
MOCSOP, meny A4, föroreningshalt som funktion av bräddad dagvattenvolym, fosfor



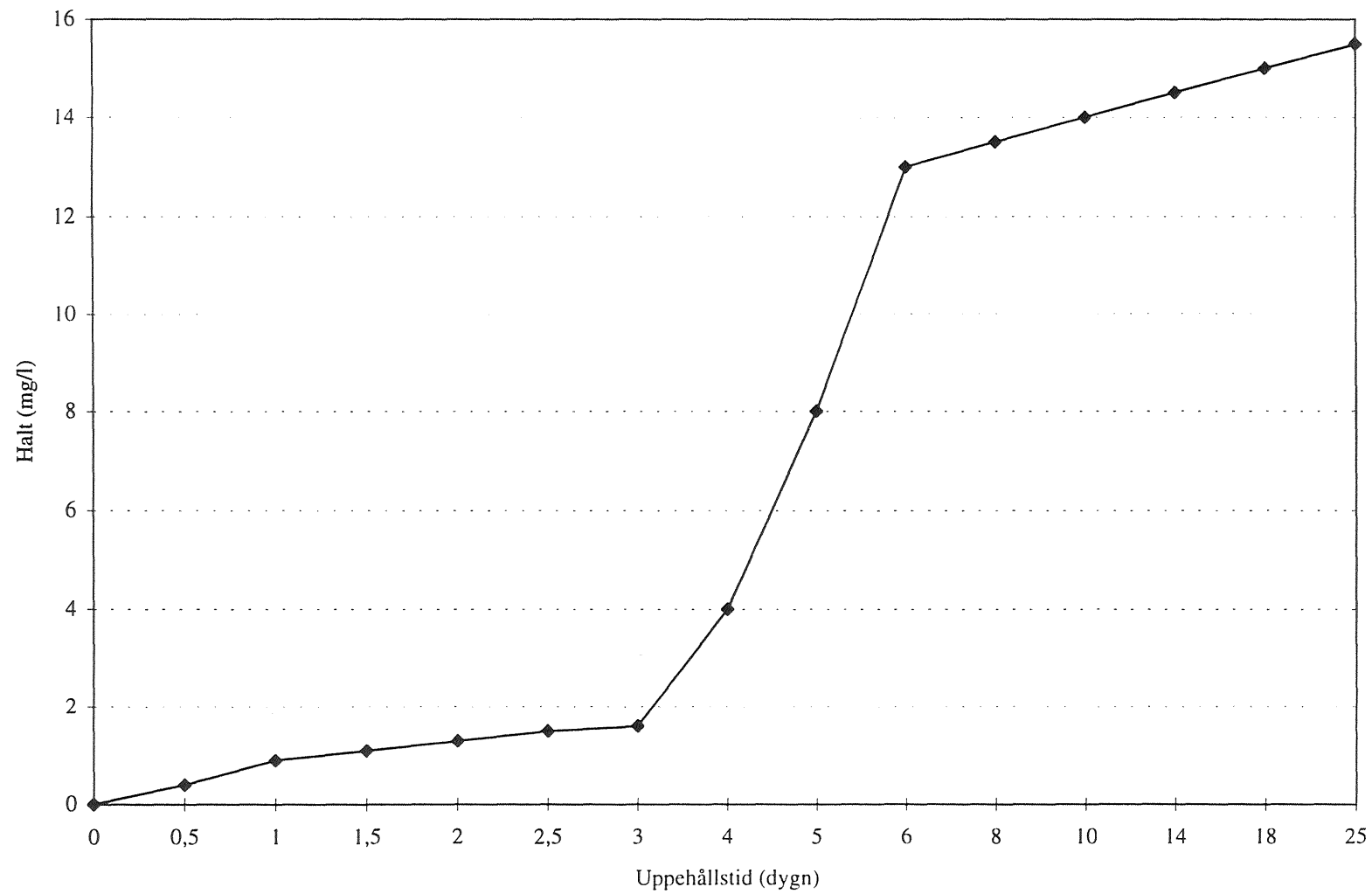
MOCSOP, meny A4, föroreningshalt som funktion av bräddad dagvattenvolym, bly



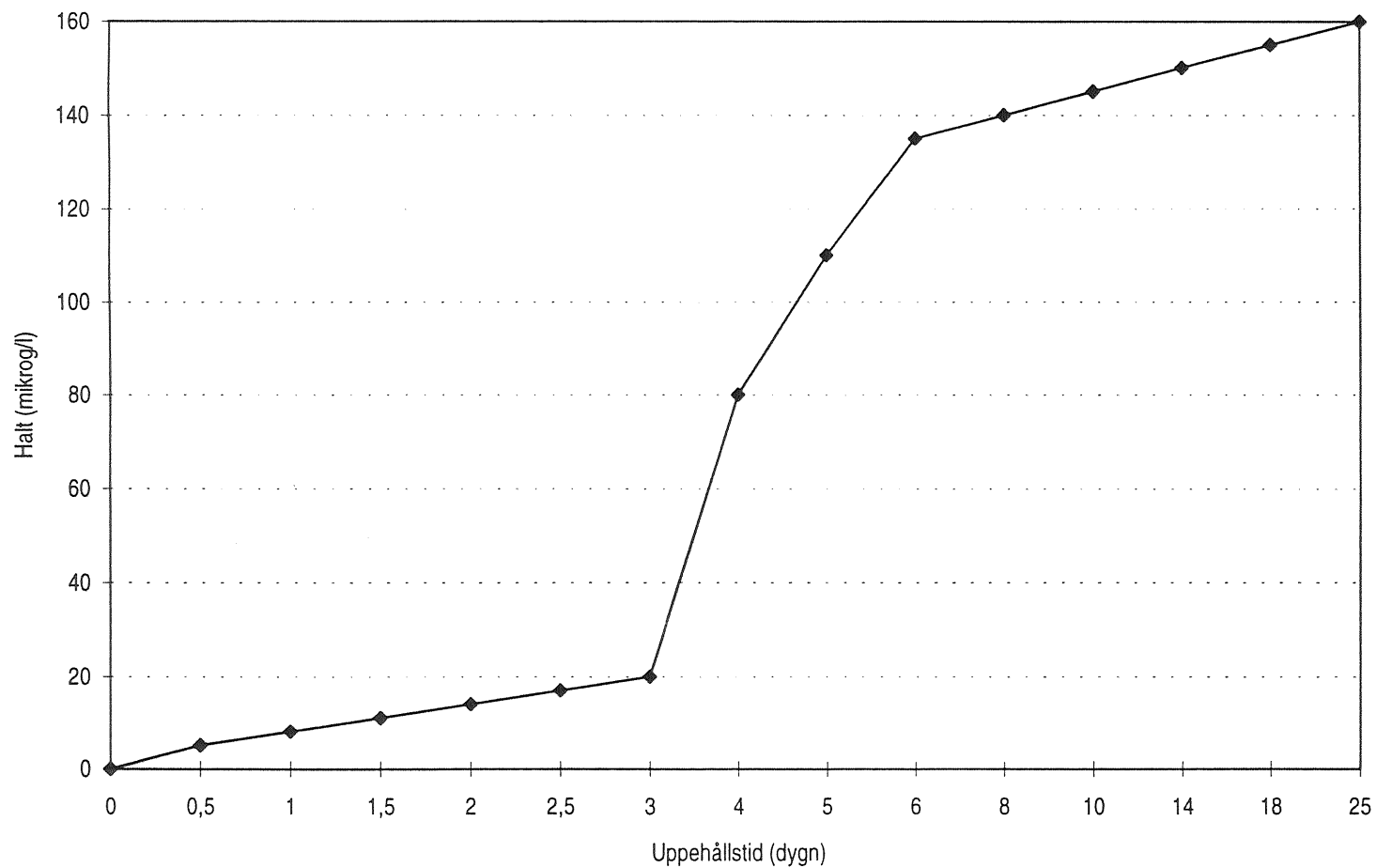
MOCSOP, meny A.5, föroreningshalt som funktion av uppehållstid, BOD

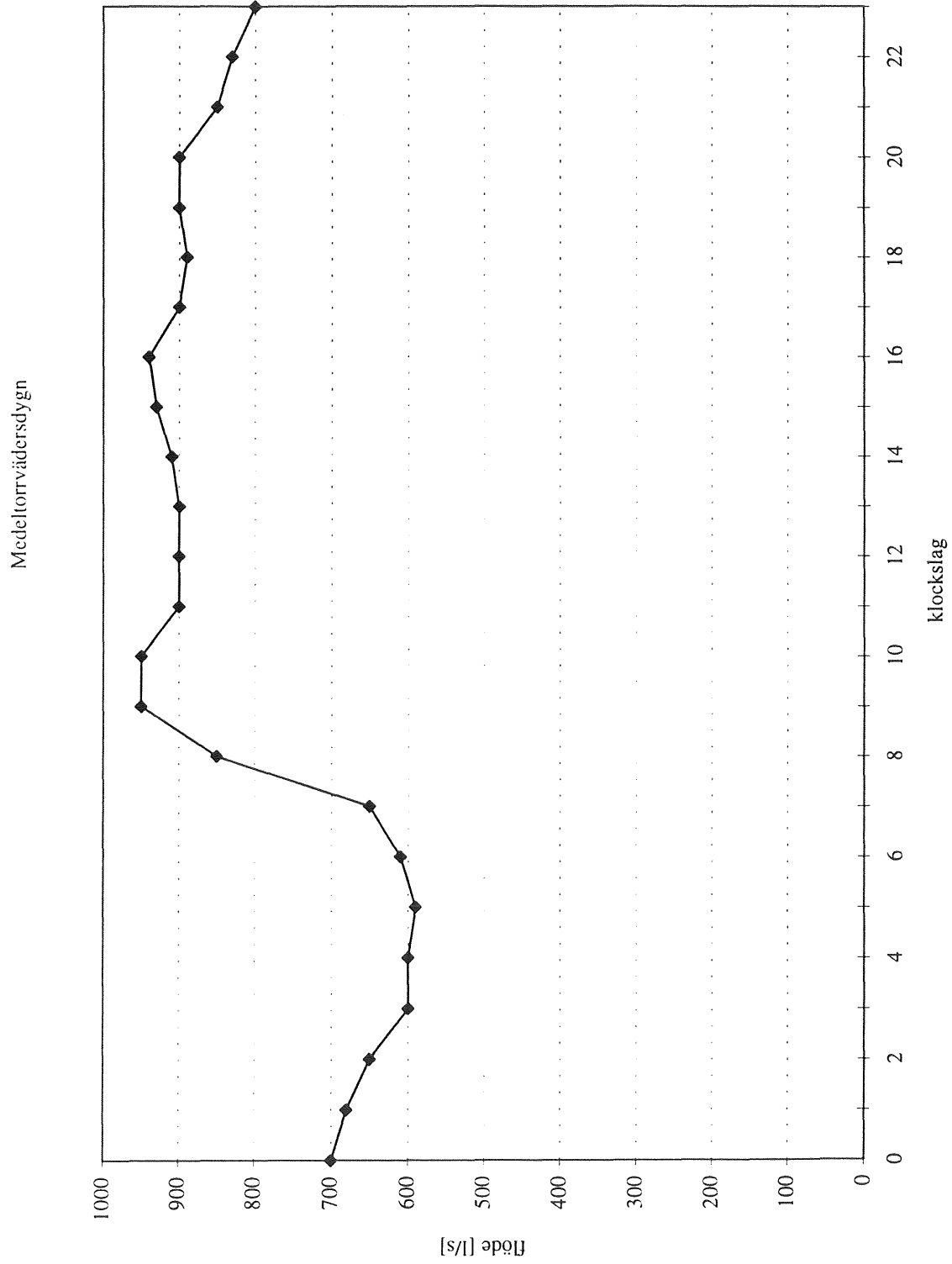


MOCSOP, meny A.5, föroreningshalt som funktion av uppehållstid, fosfor



MOC SOP, meny A.5, förorenigshalt som funktion av uppehållstid, bly



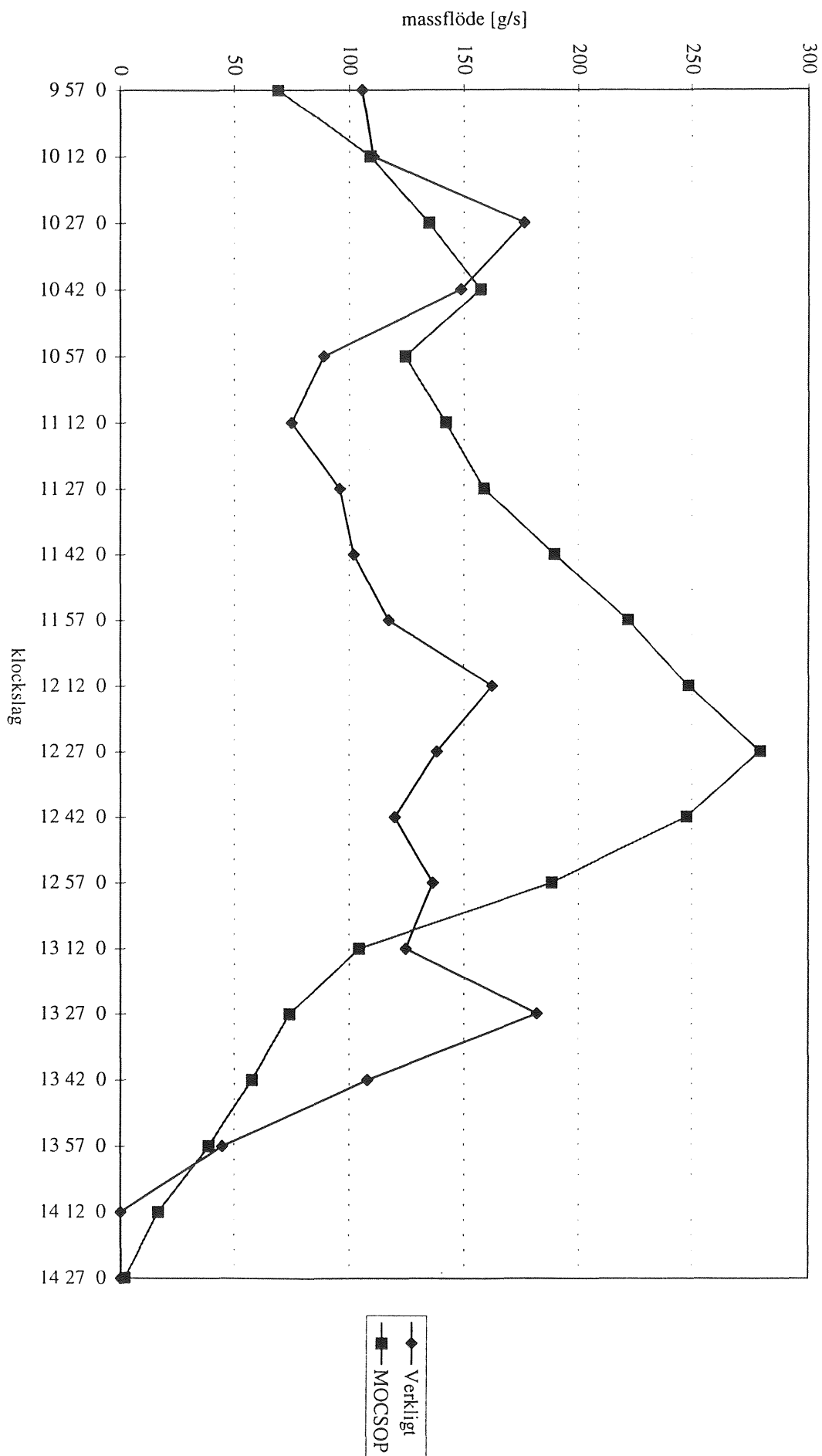


BILAGA H

(H1-H6)

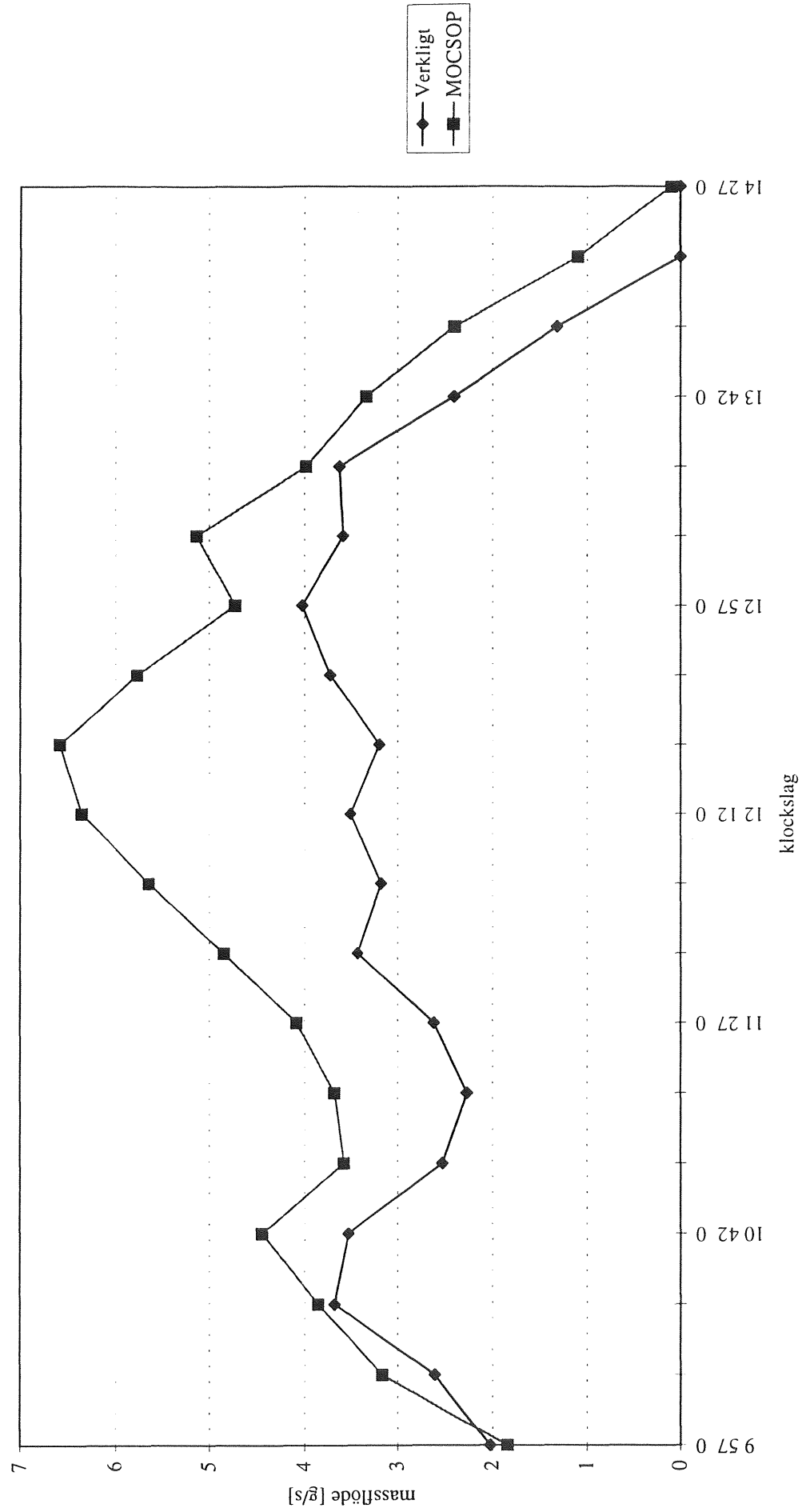
Verifieringsgrafer från MOCSOP.

BOD (g/s) bräddat: 931112



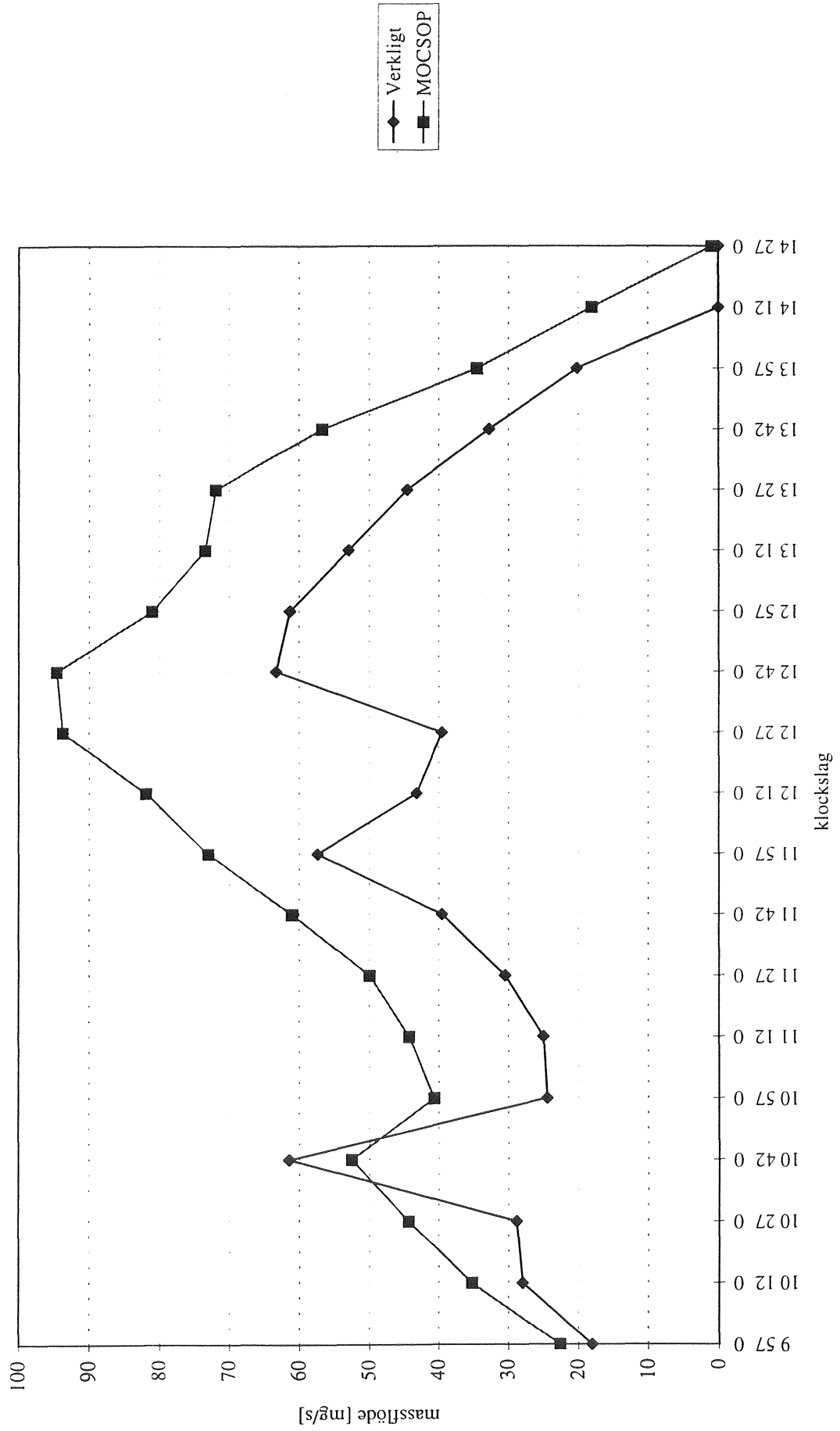
BILAGA H2

Ptot [g/s] bräddat; 931112

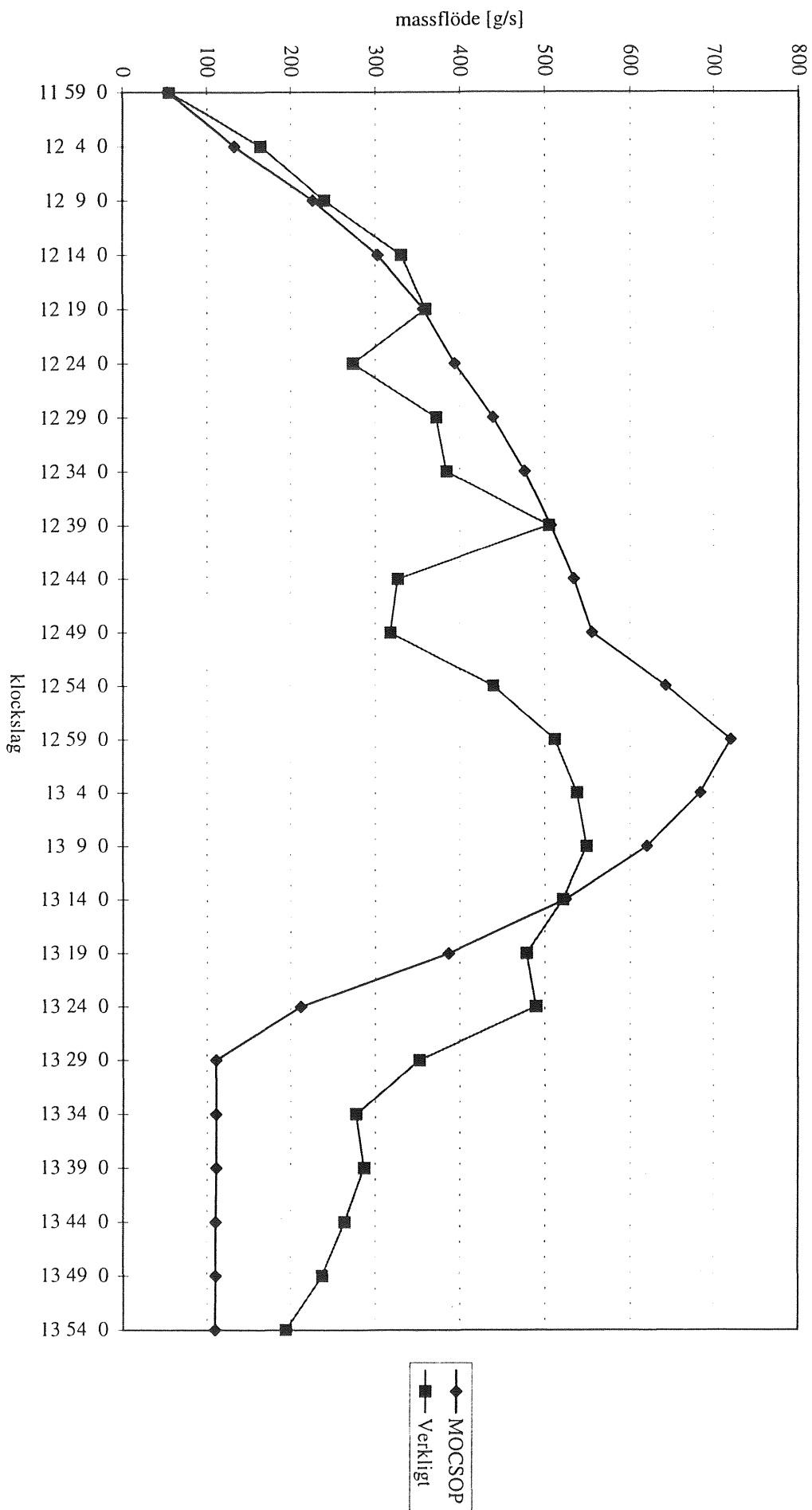


Blad1 Diagram 43

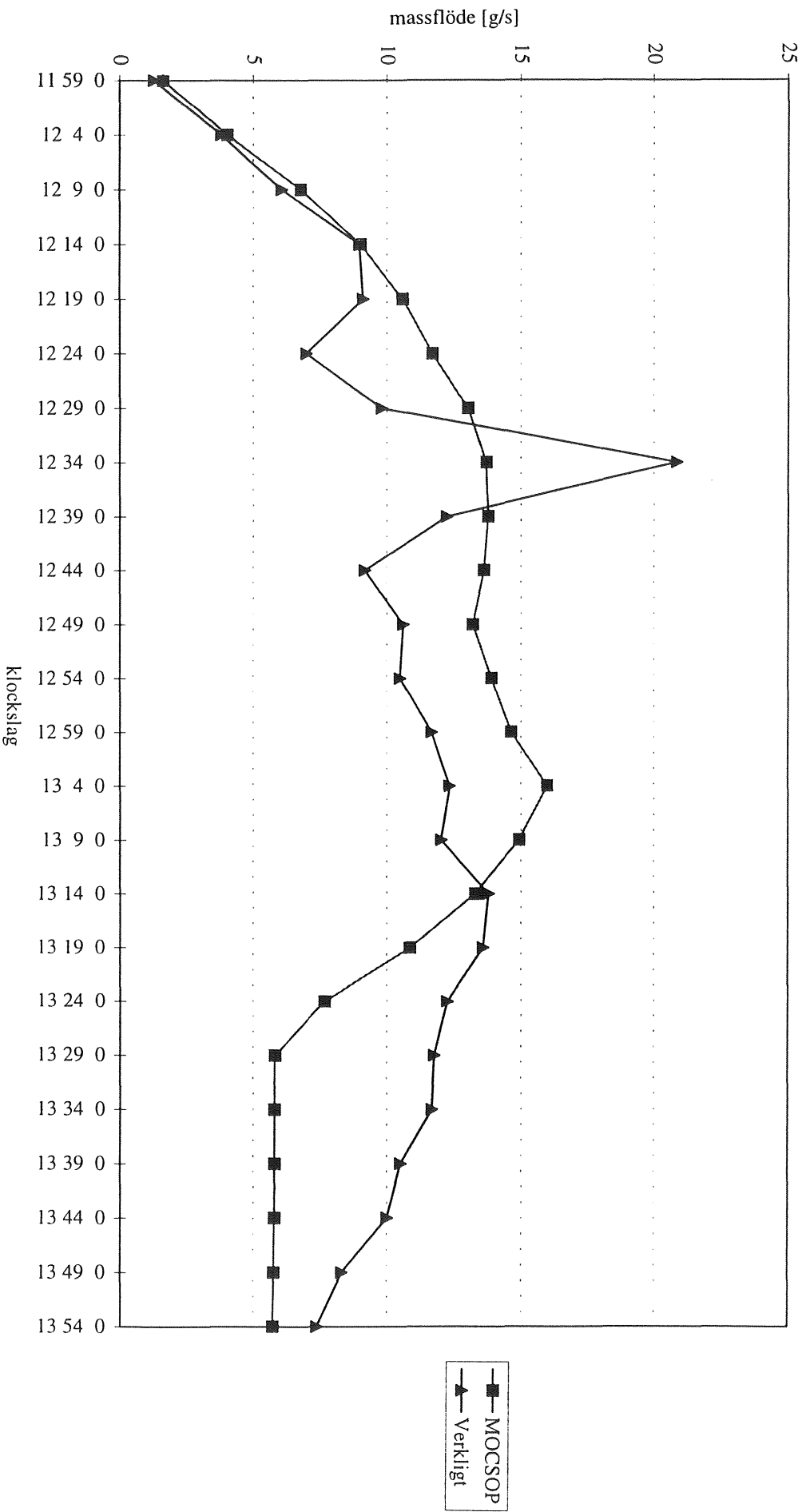
Bly (mg/s) bräddat:931112



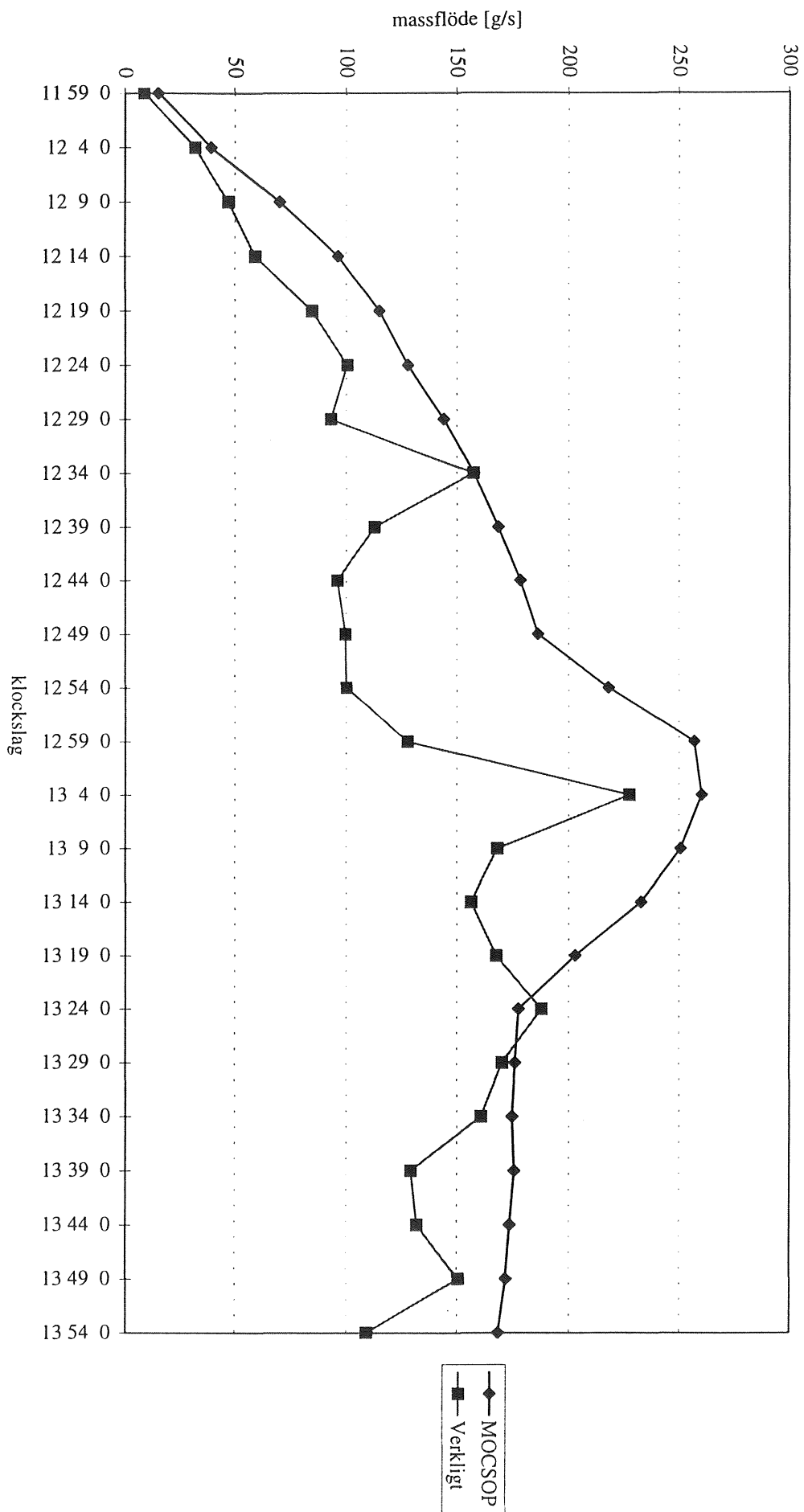
BOD (g/s) bräddat: 931009



P101 [g/s] bräddat: 931009



Bly (mg/s) bräddat; 931009



BILAGA I

(I1-I1)

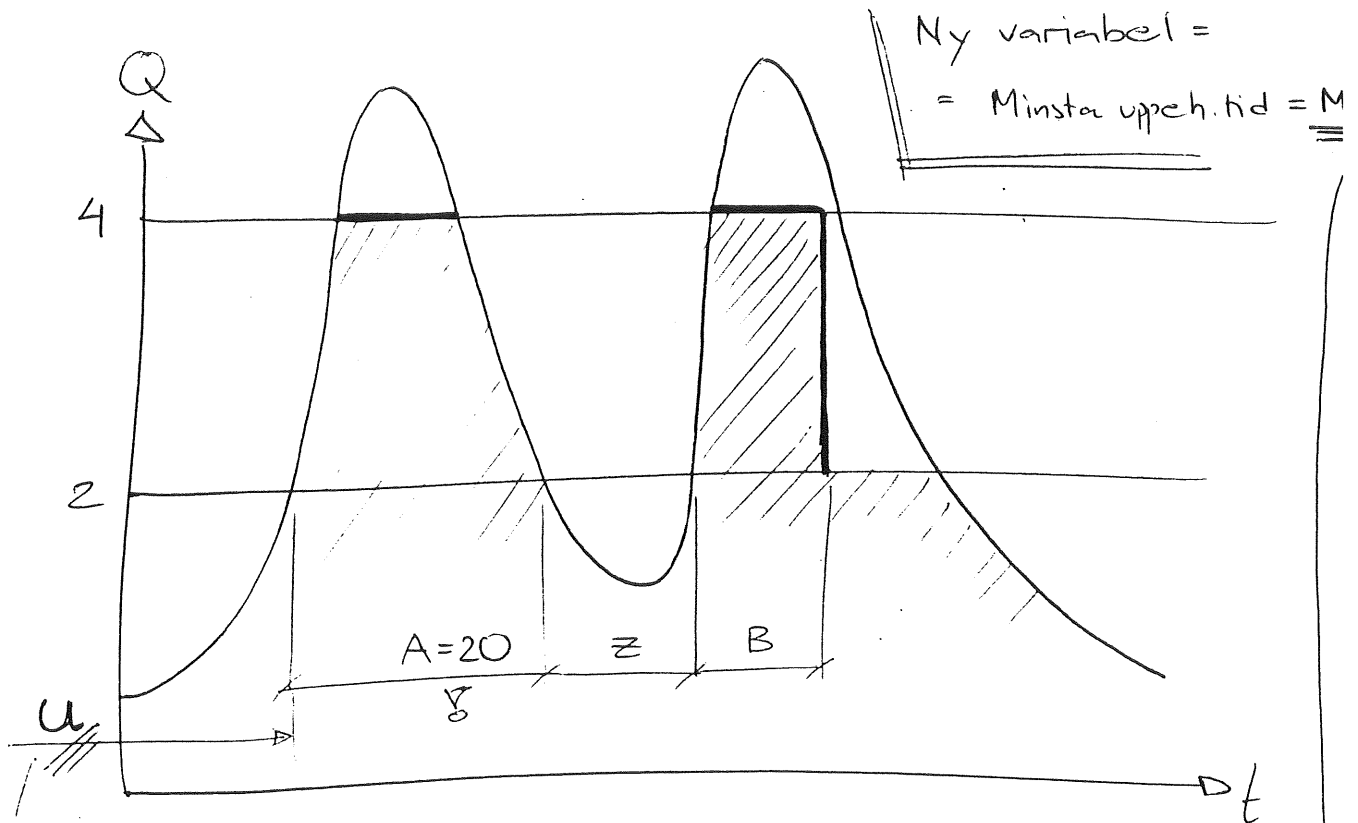
Beskrivning av minsta uppehållstiden i MOCSOP.

BILAGA 11



VBB VIAK

	Datum	Uppdragsnr	Sid
	Namn	Granskad	Bilaga nr



Q_{kup}	4000	4000	4000	4000
T_{kup}	0	0	30	30
Uppreh.tid	0	0,5	0,6	999 = u

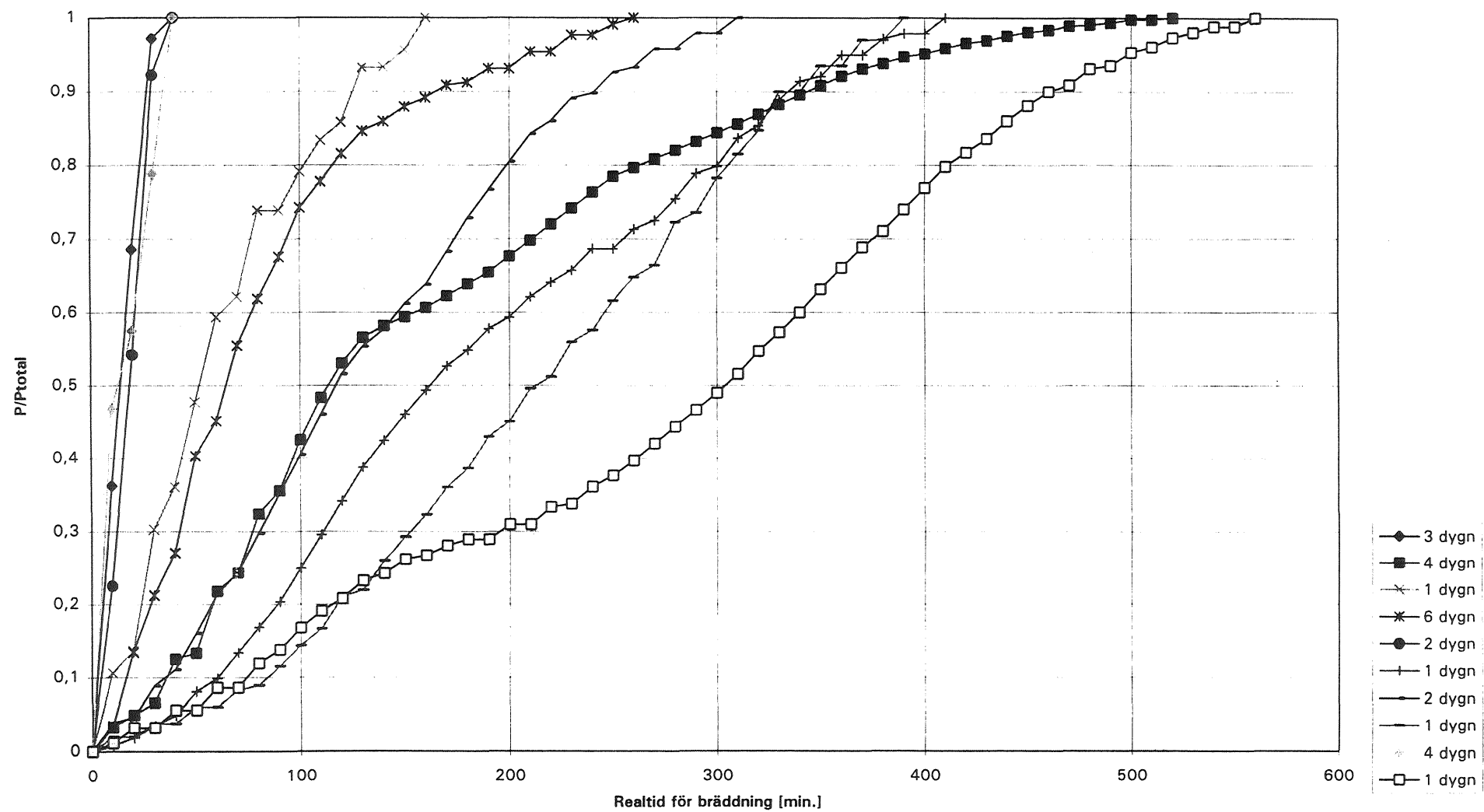
$u \geq 0,6 \rightarrow A+B = 30$ om $z \leq Mu$
 $A+B = 20+30$ om $z > Mu$
och $z \geq 0,6$
 $A+B = 20+0$ om $z > Mu$
och $z < 0,6$

BILAGA J

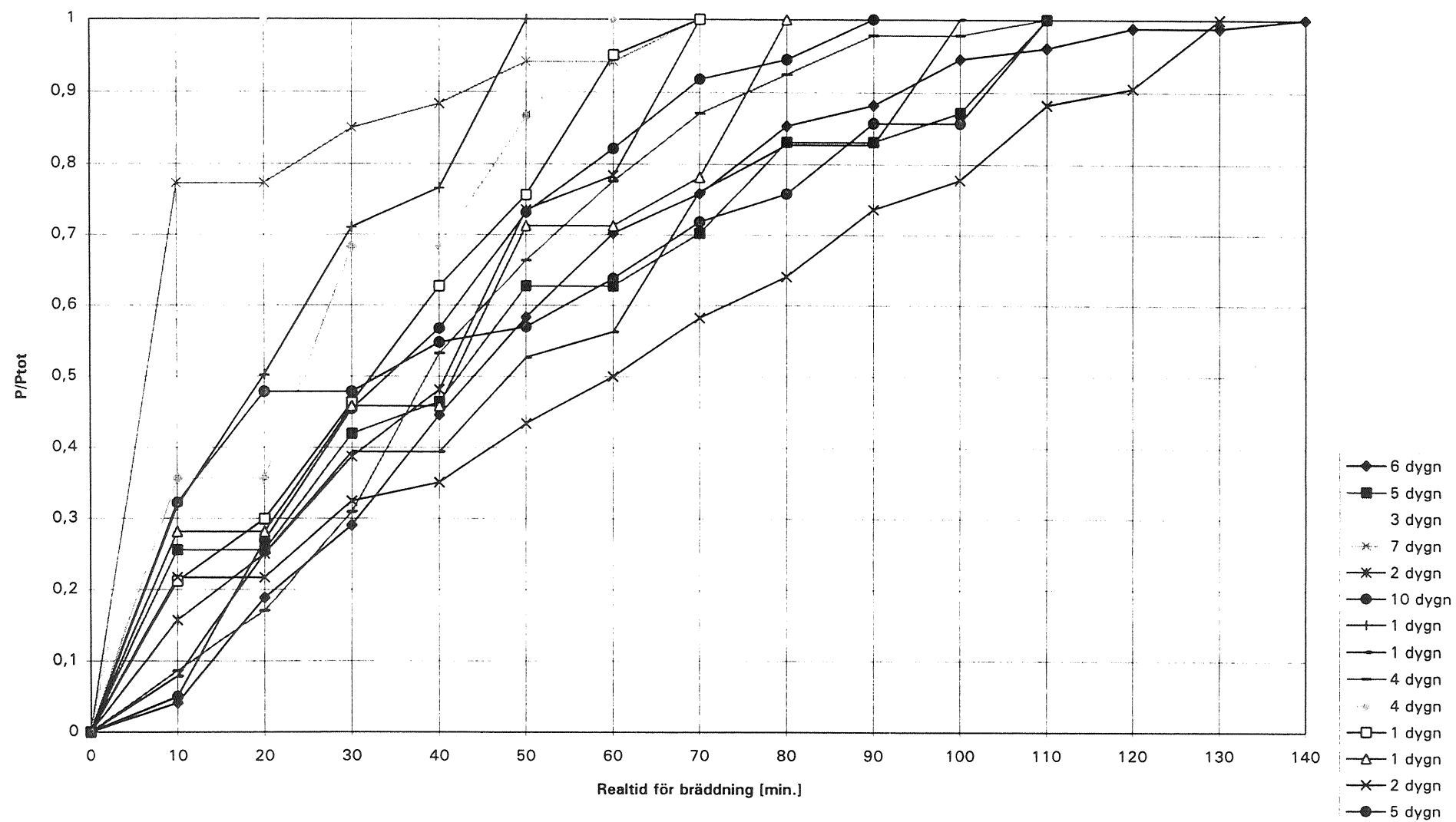
(J1-J23)

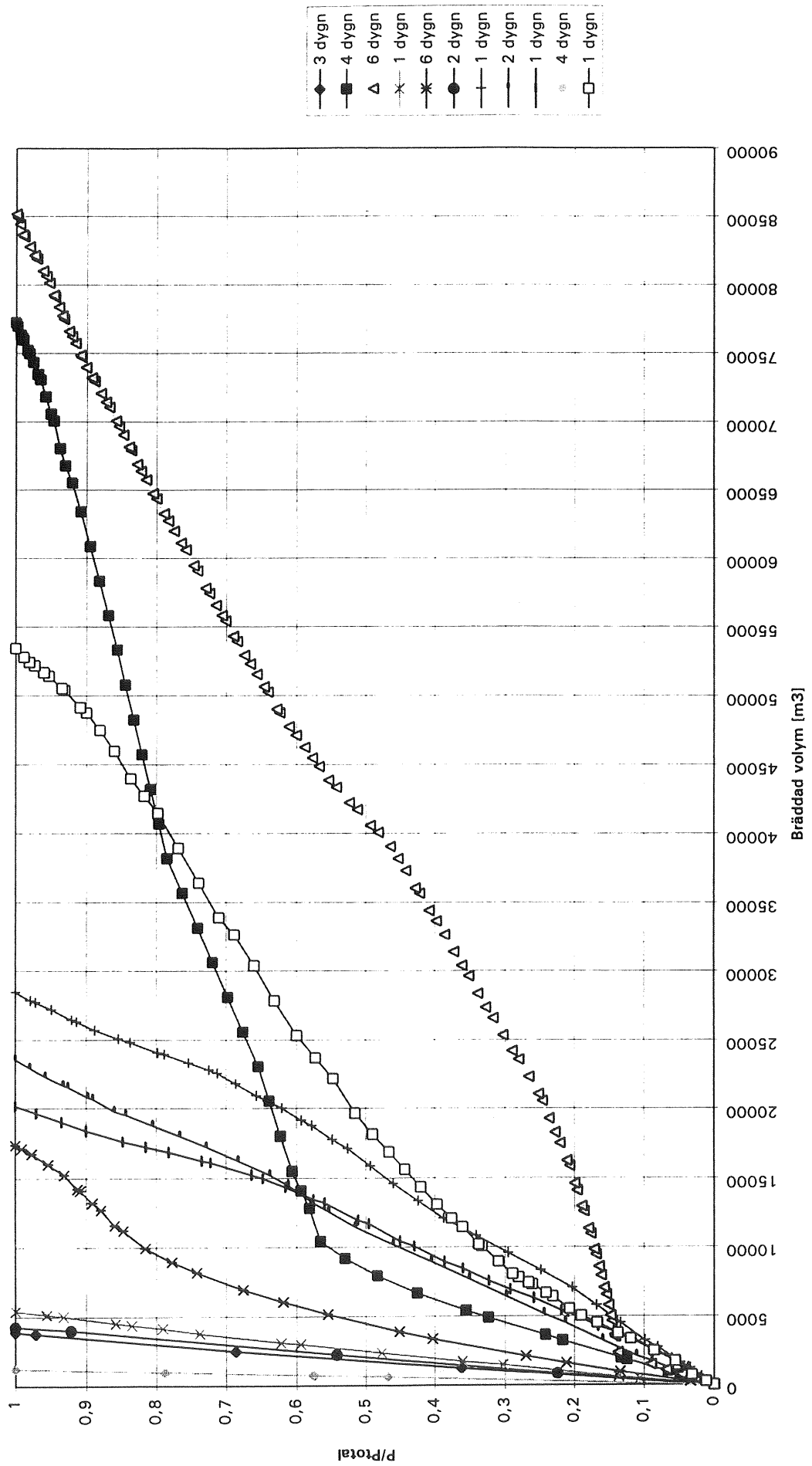
Utvärdering av föroreningstransporten mot Ryaverket.

950101-950422

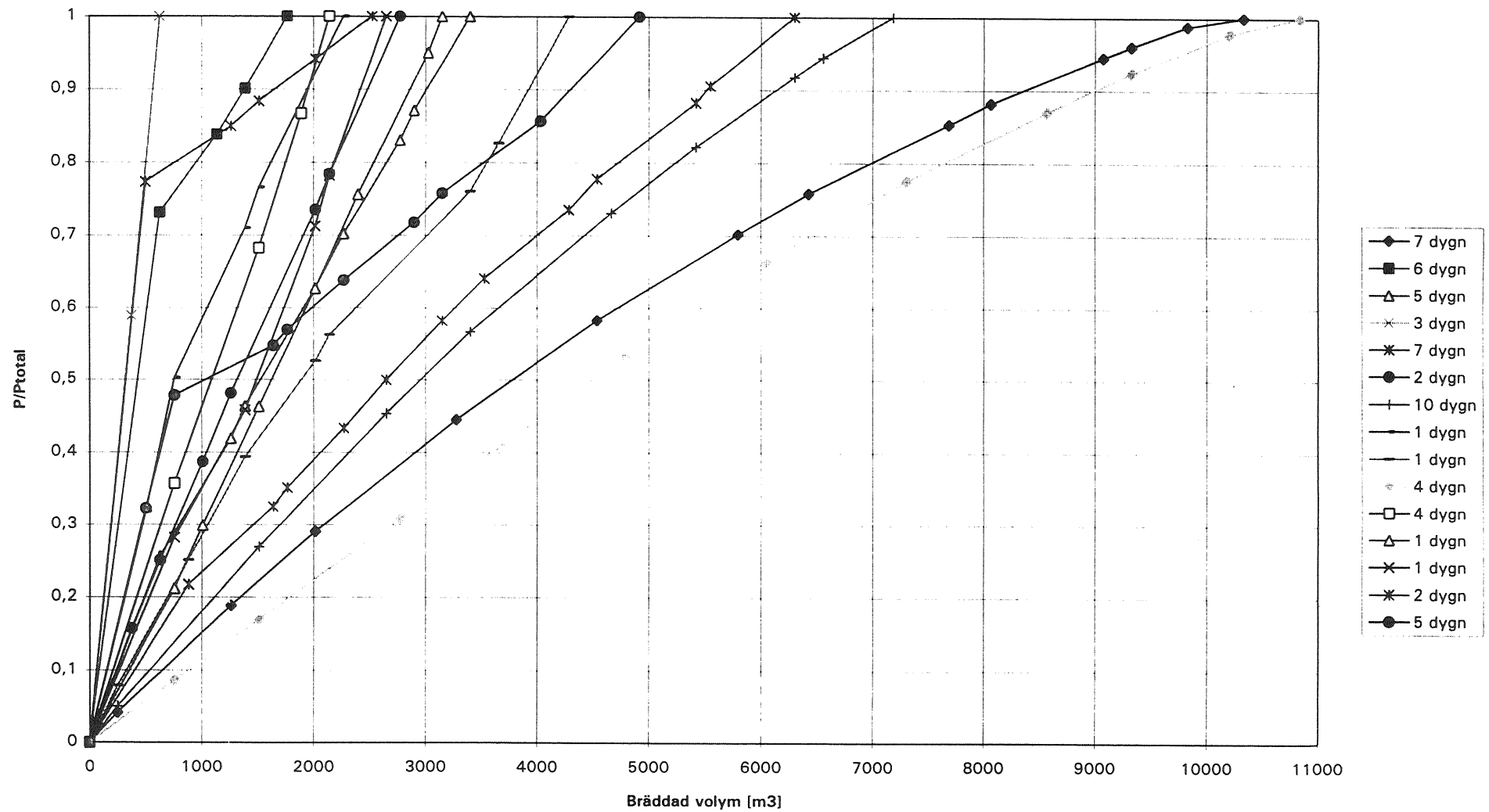


950422-950718

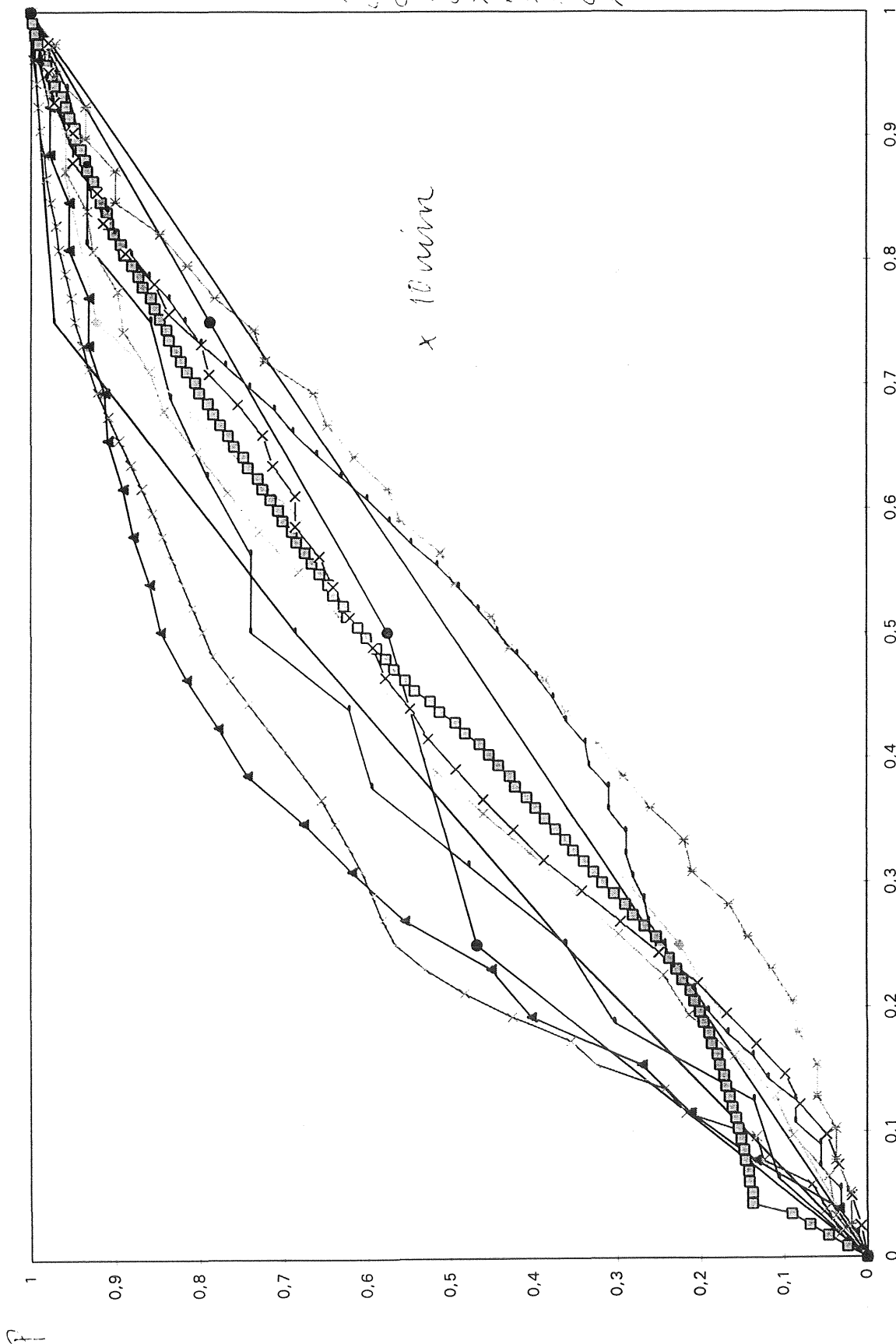


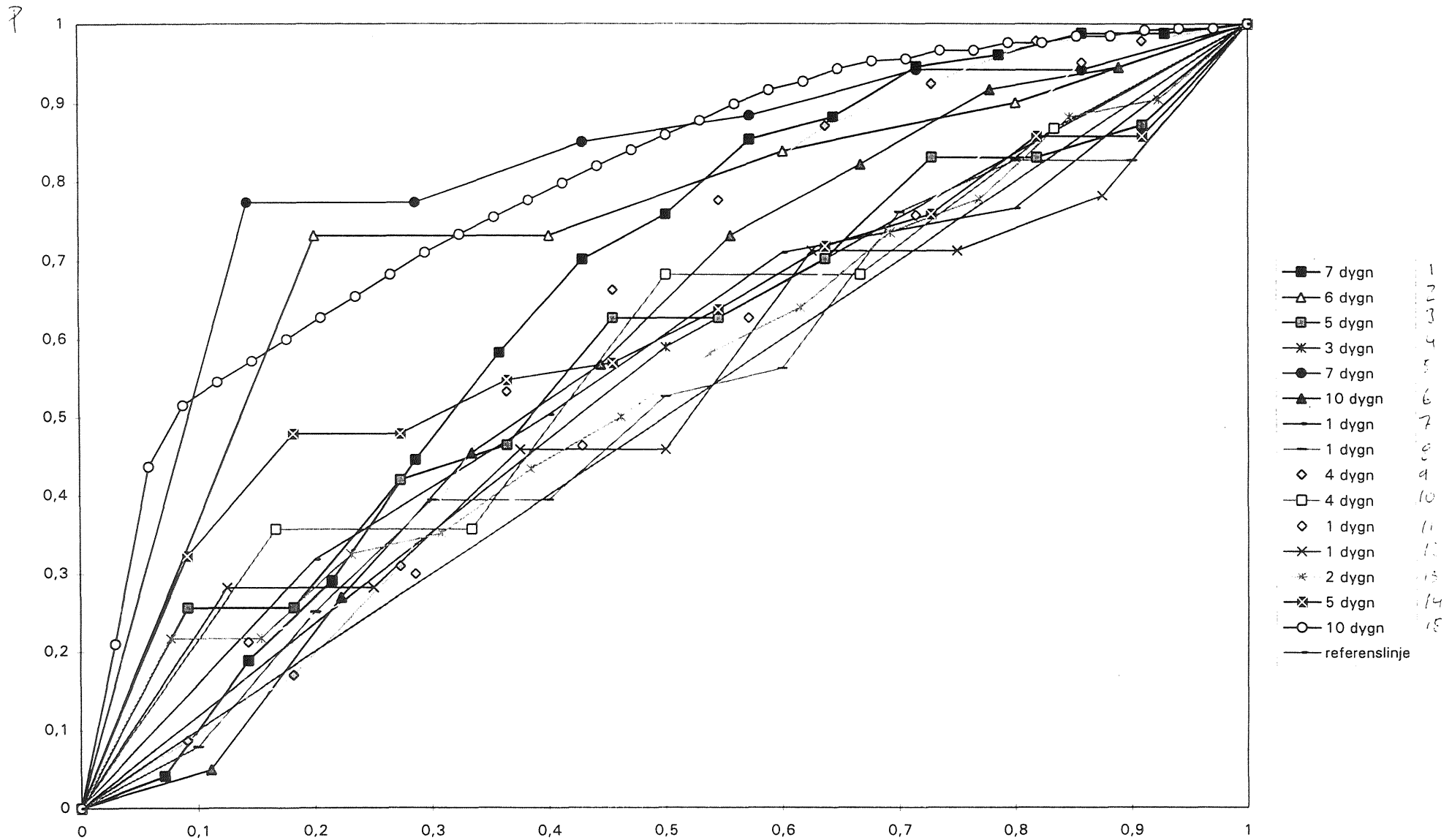


950422-950718

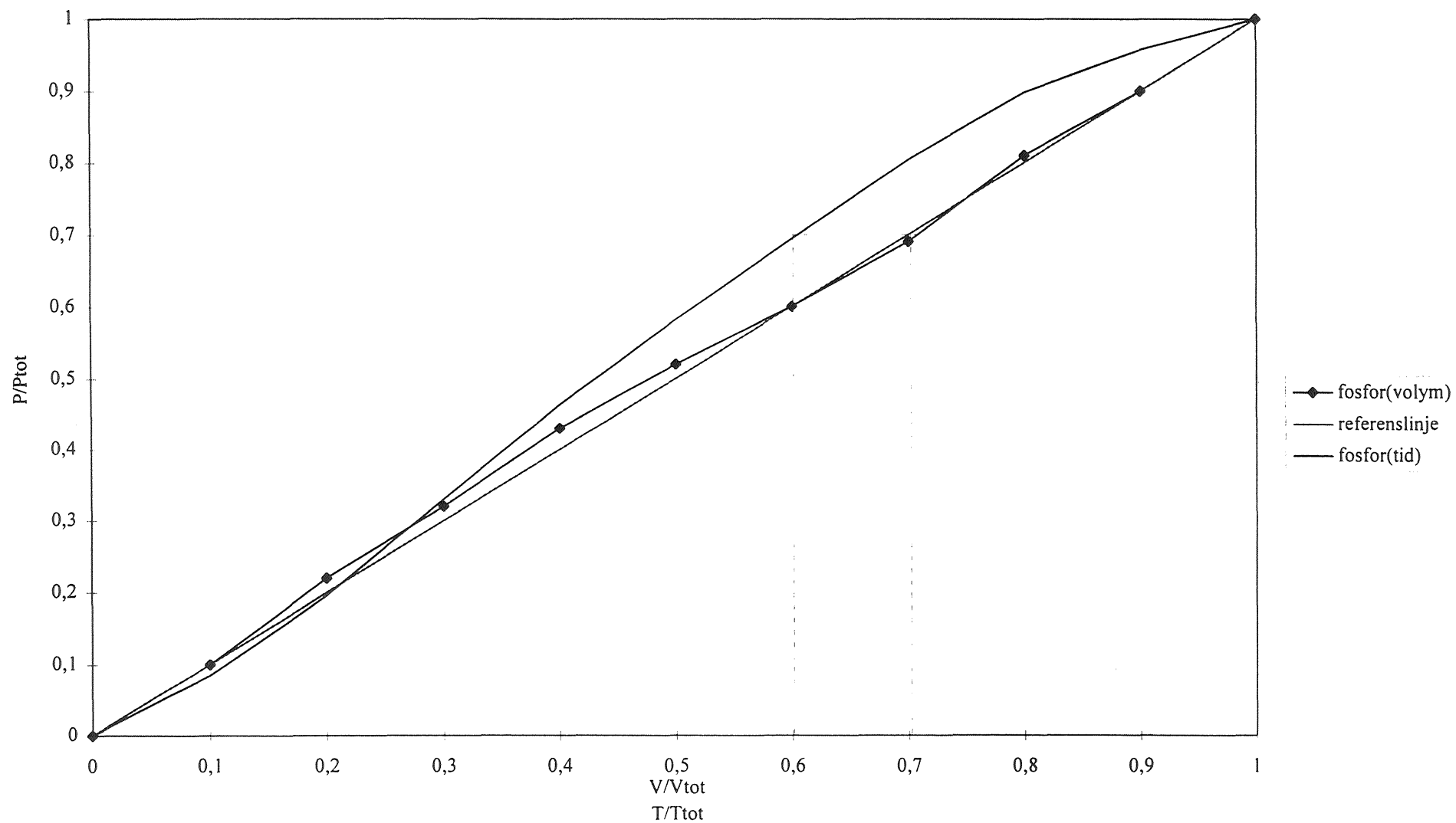


Blad1 Diagram 10 $\int Q_N \cdot W_{LN}$

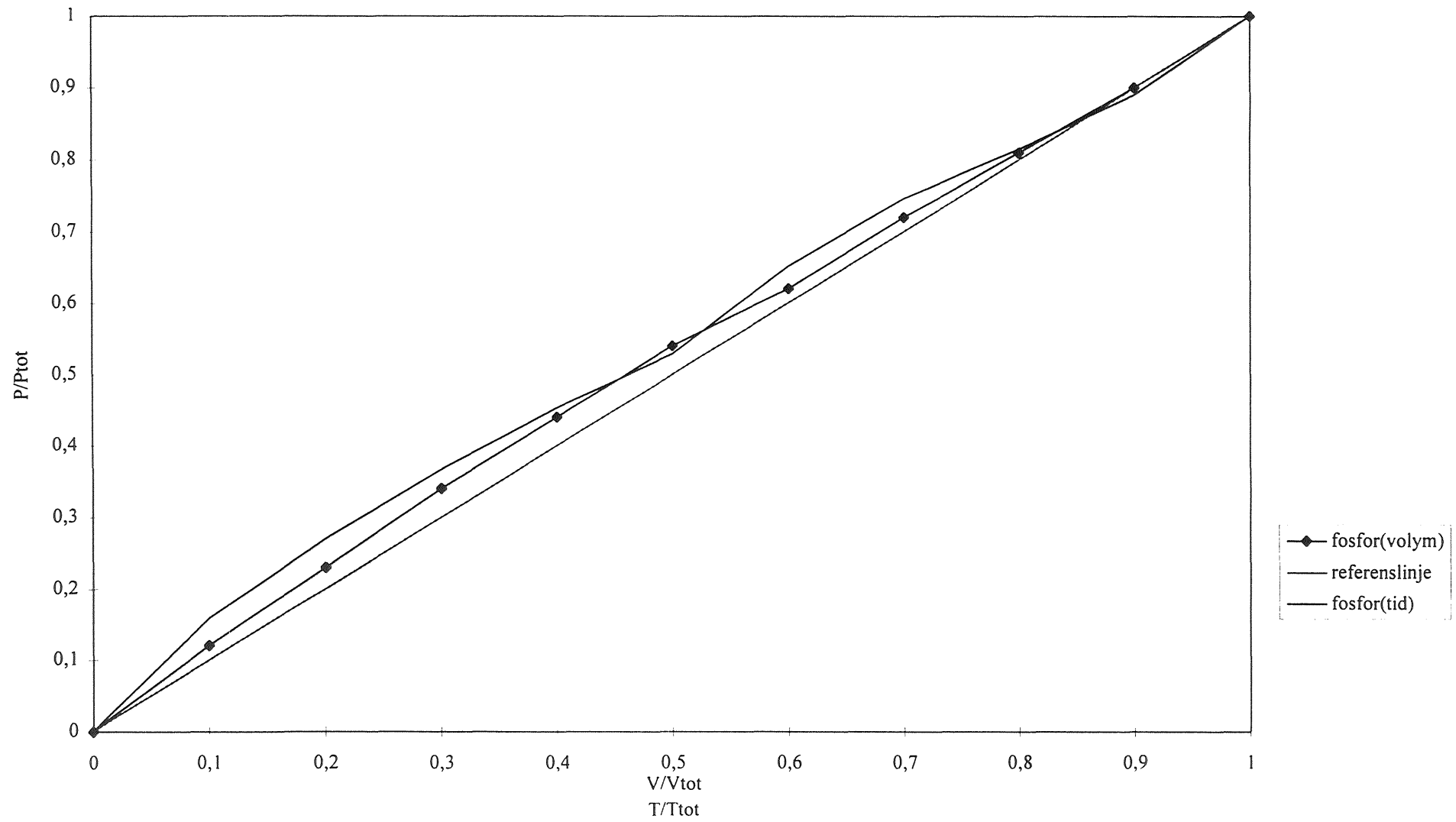




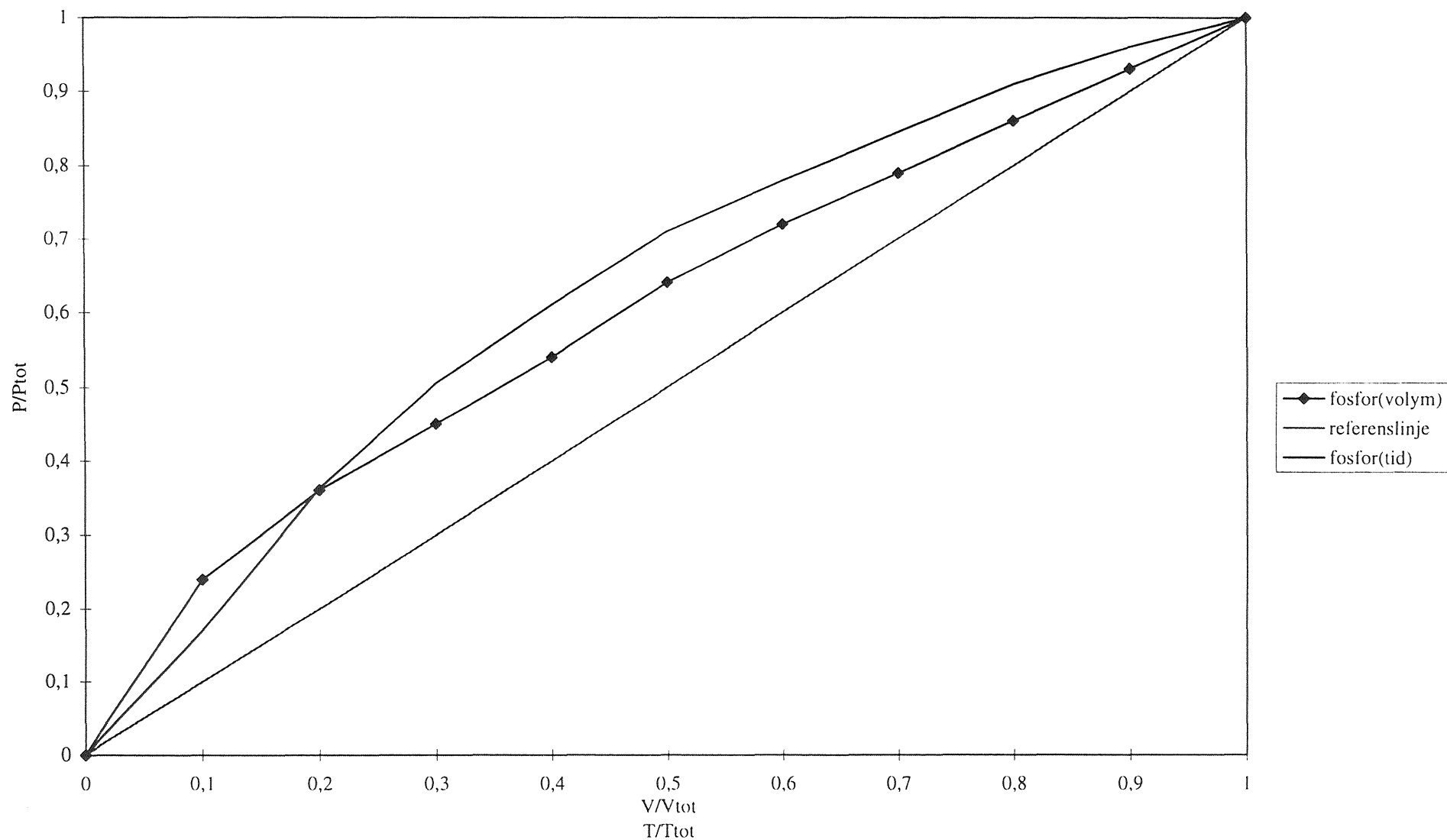
medelkurvor 1-3 dygns uppehållstid, vinter



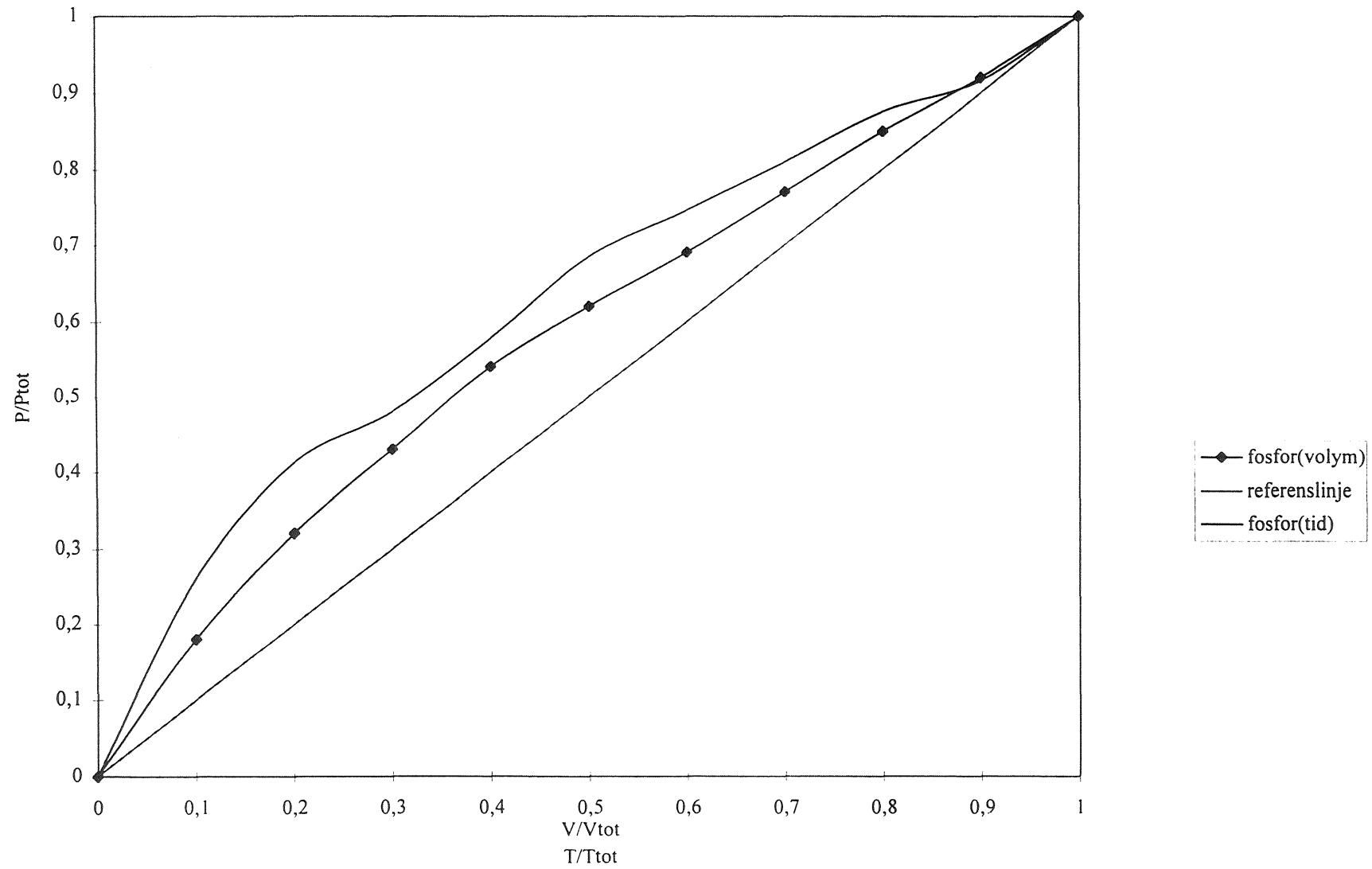
medelkurvor 1-3 dygns uppehållstid, sommar

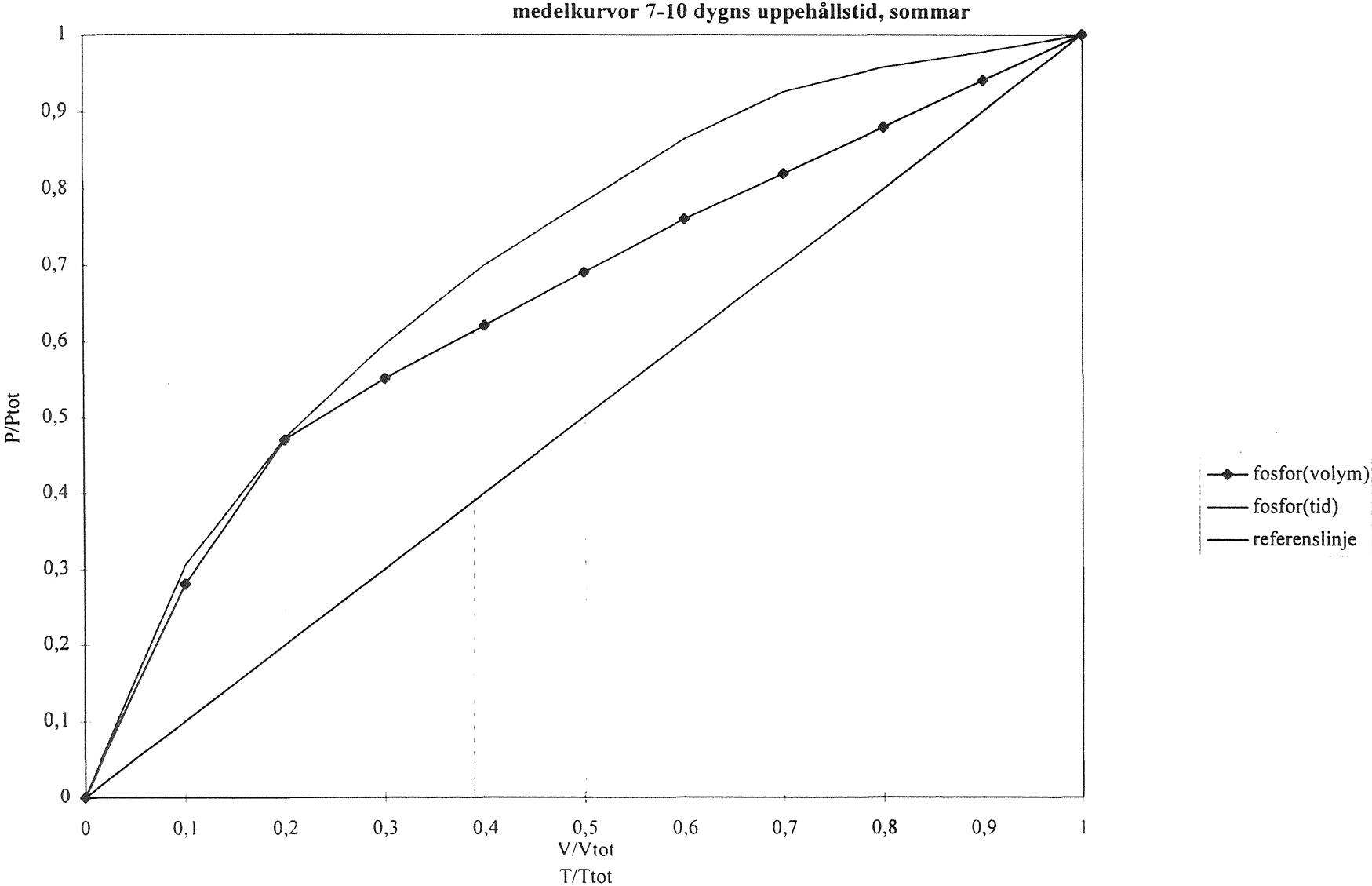


medelkurvor 4-6 dygns uppehållstid, vinter

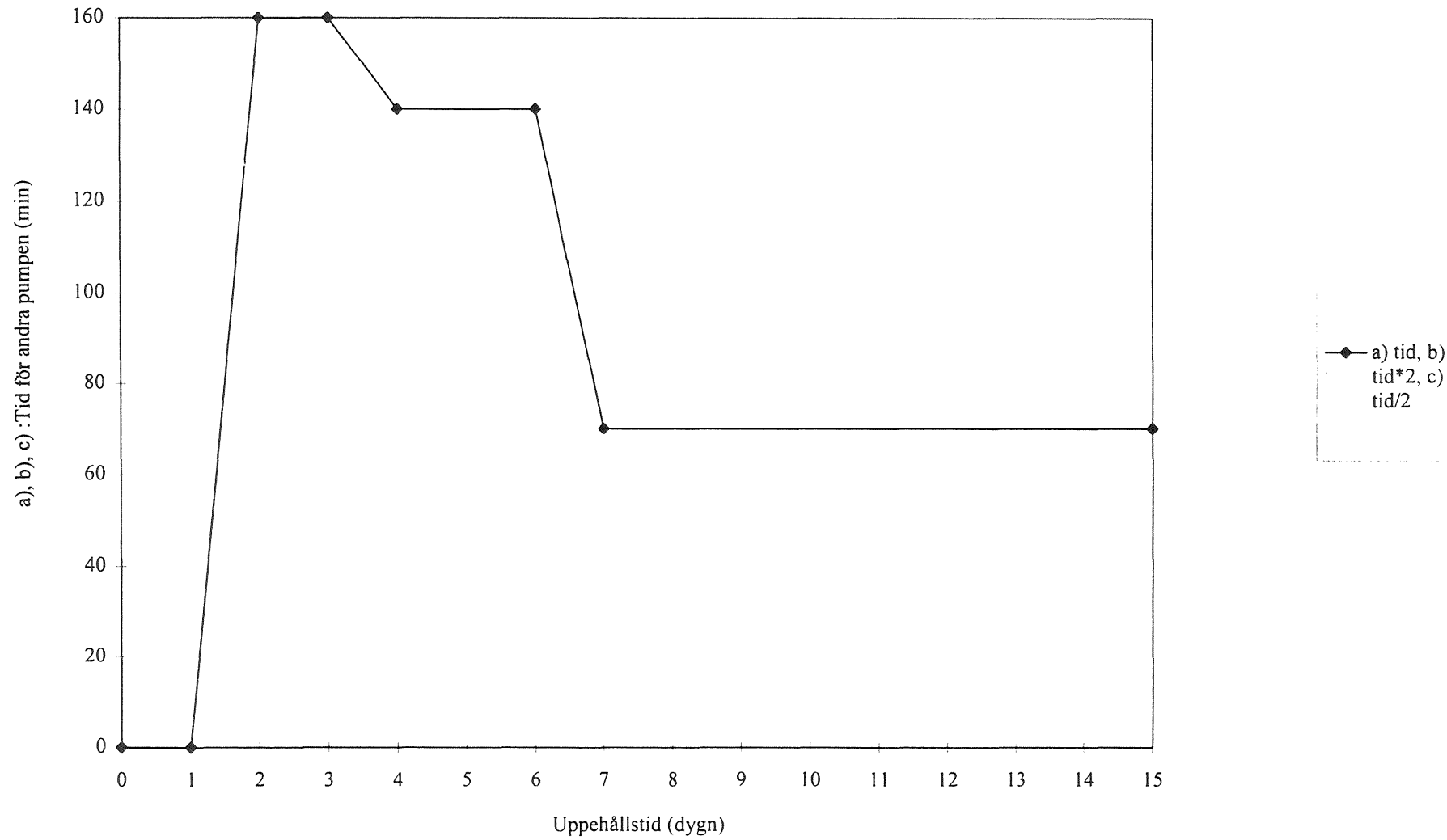


medelkurva 4-6 dygns uppehållstid sommar

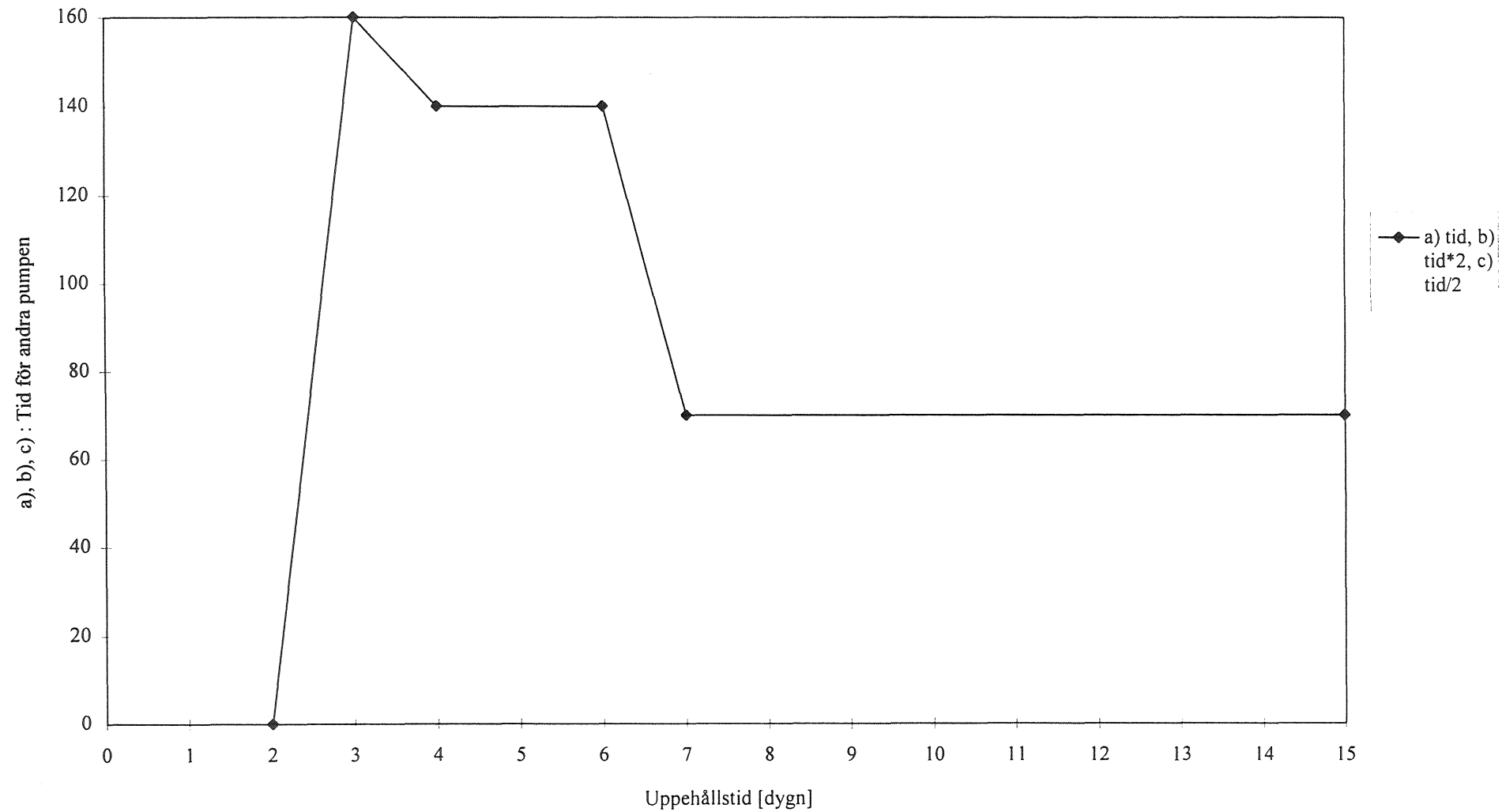


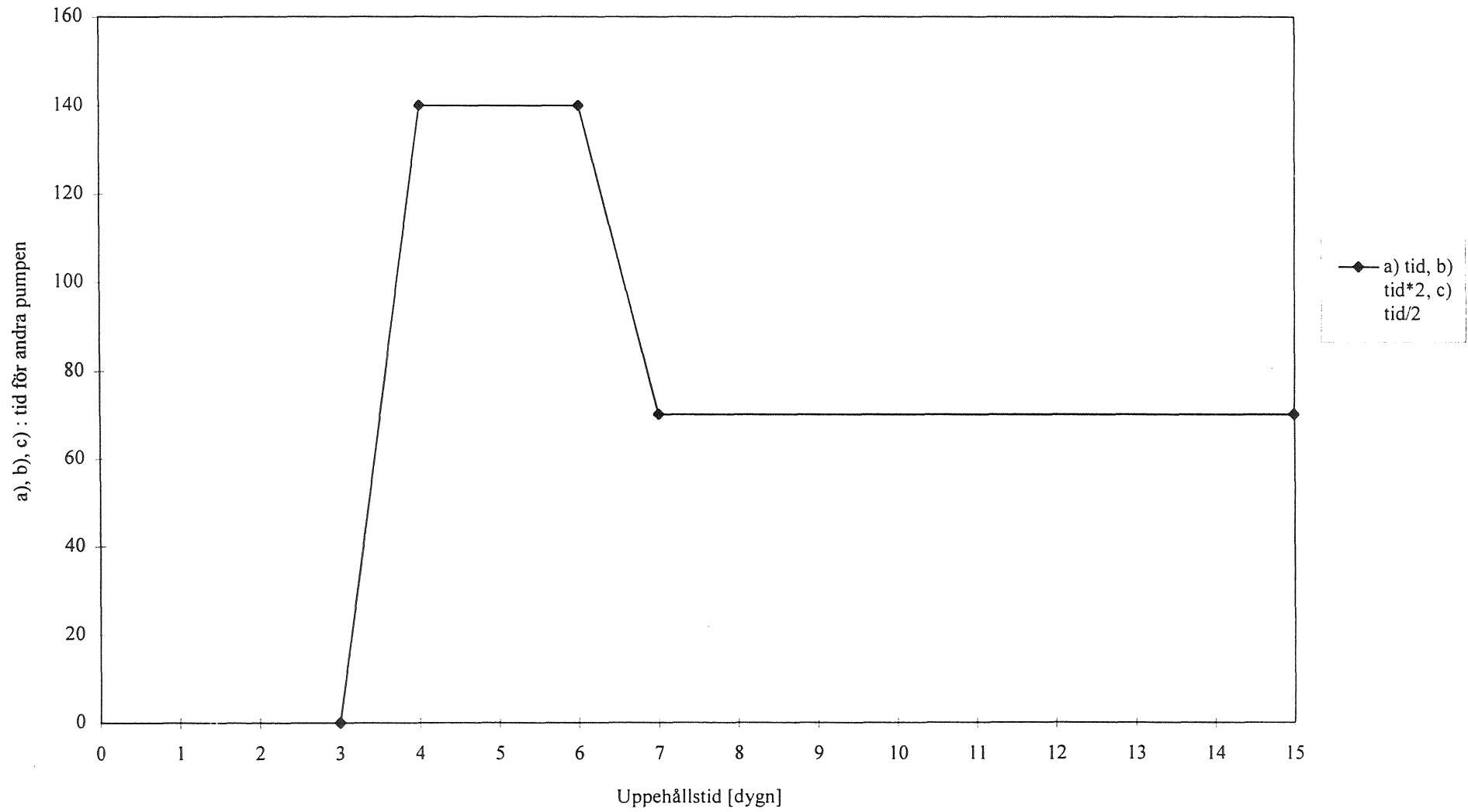


**Styrmodeller
1; a, b och c**

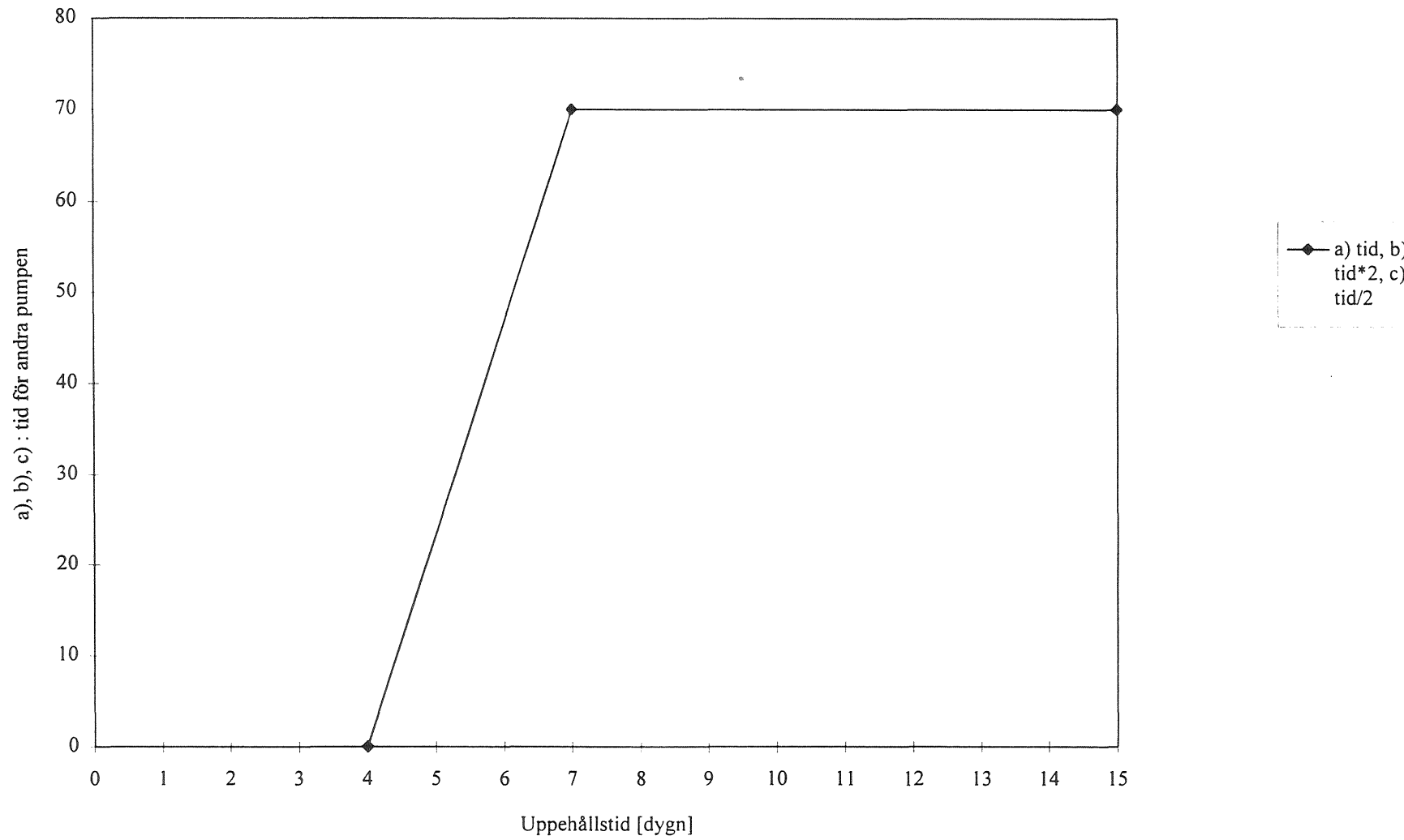


Styrmodeller 2; a, b och c

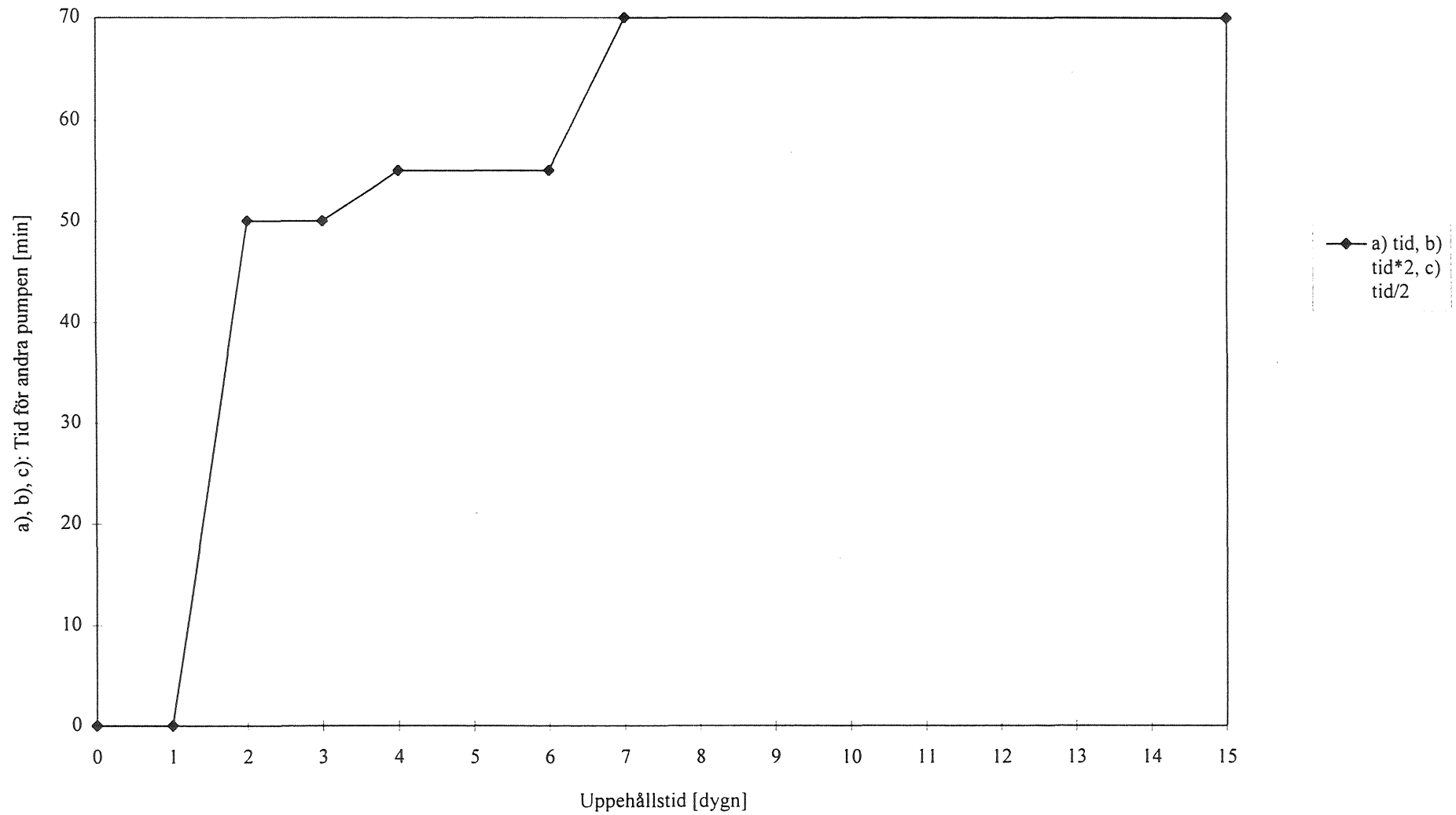


**Styrmodeller
3; a, b och c**

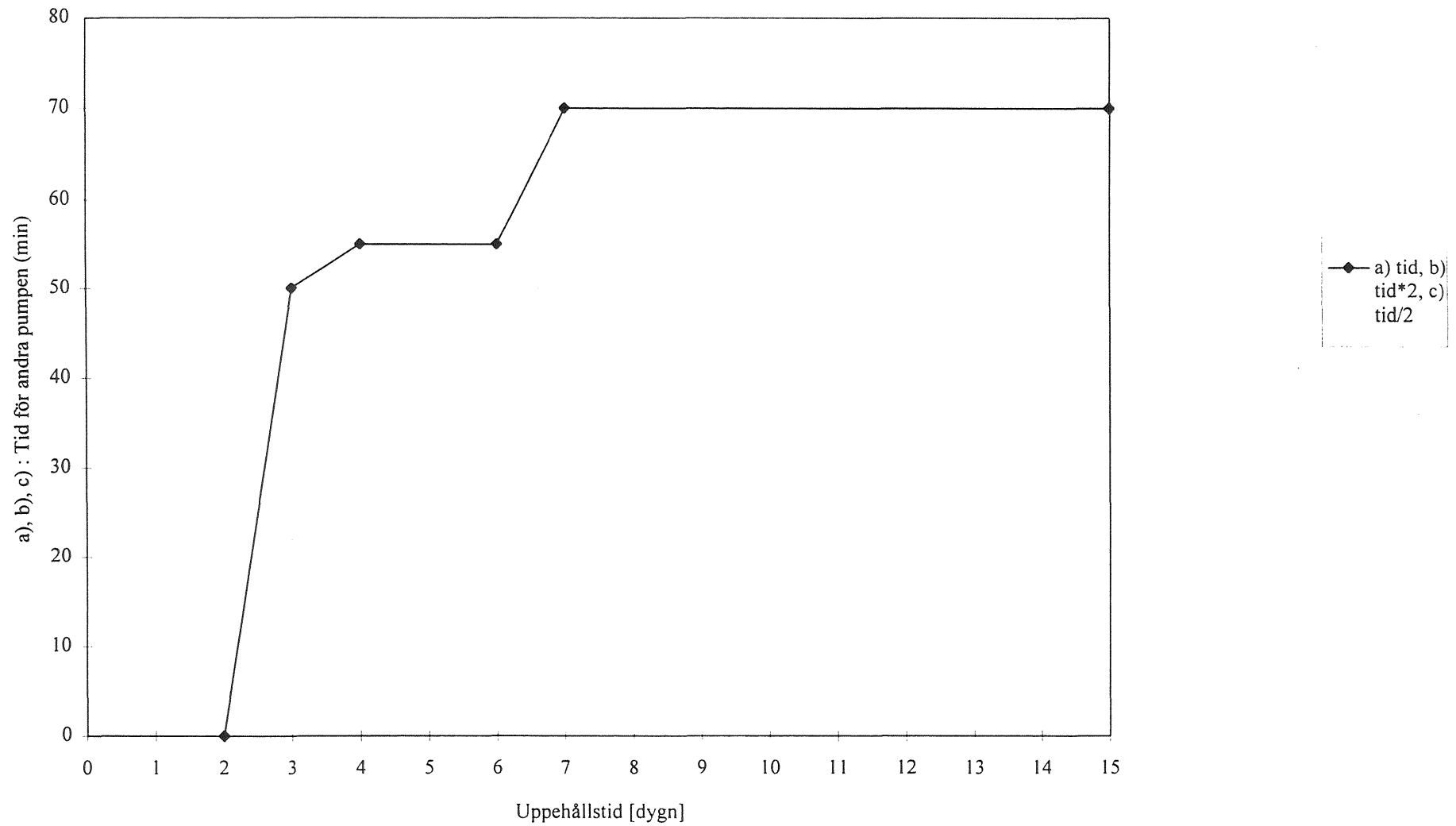
Styrmodeller
4; a, b och c



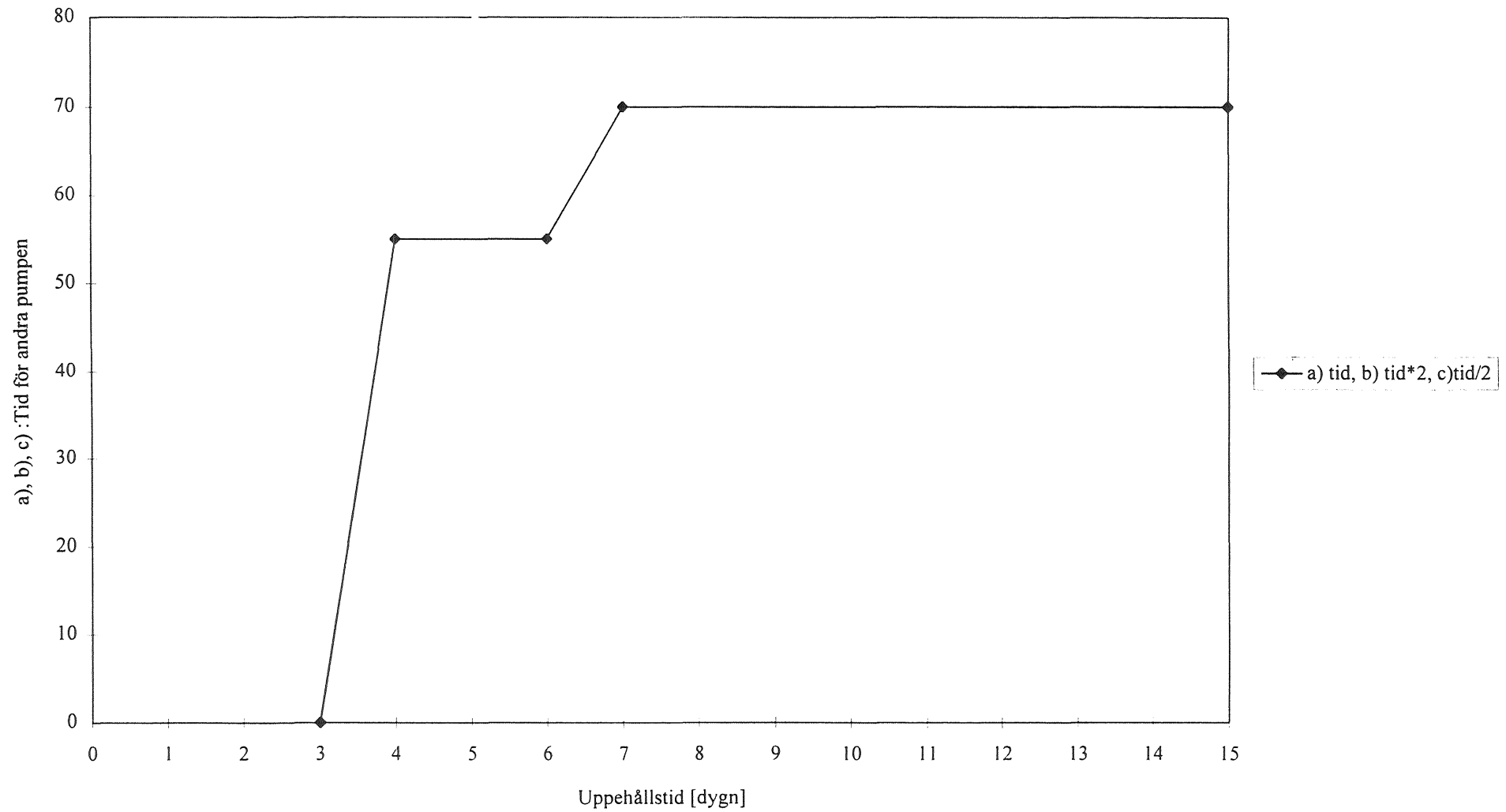
Styrmodeller
5; a, b och c



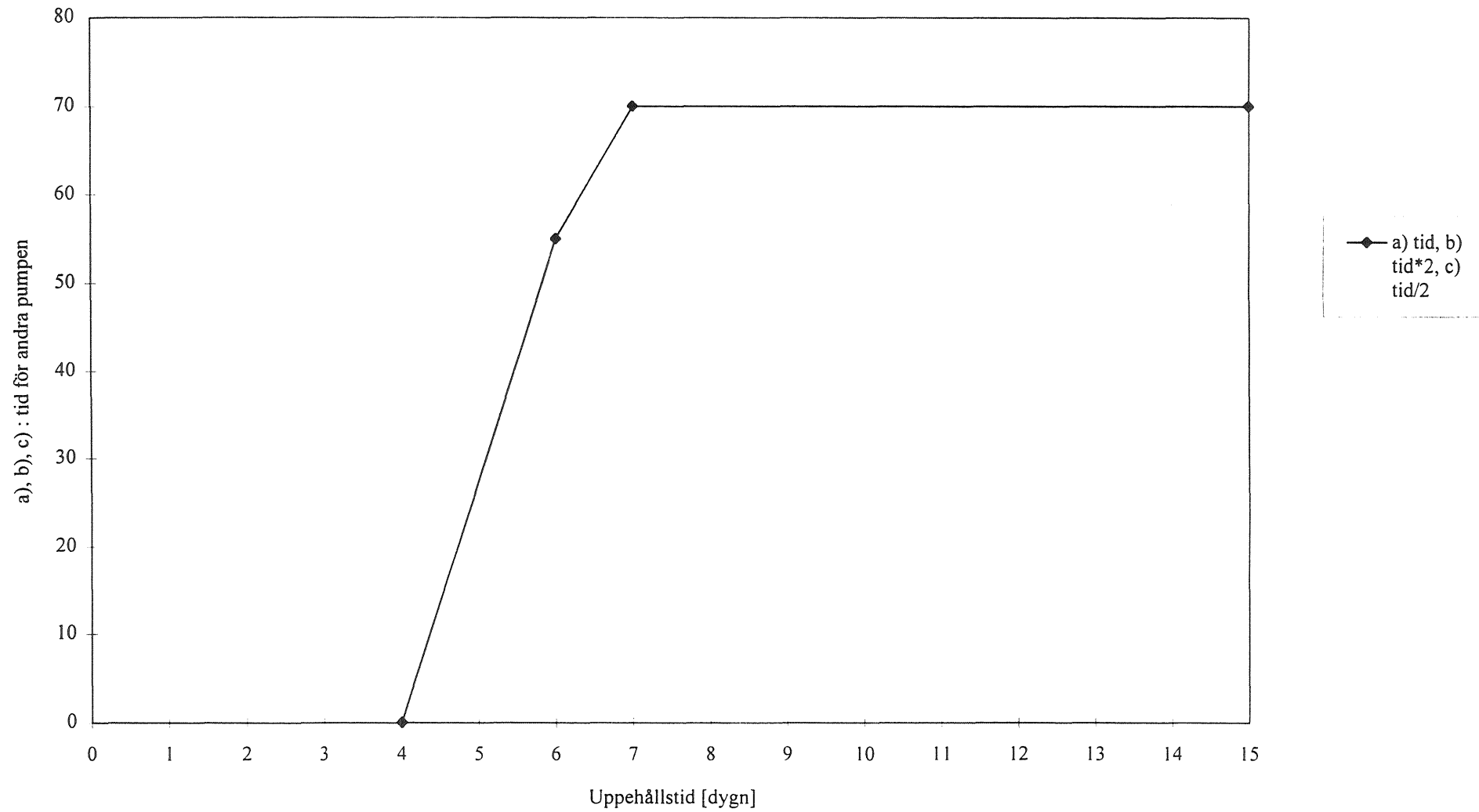
Styrmodeller
6; a, b och c



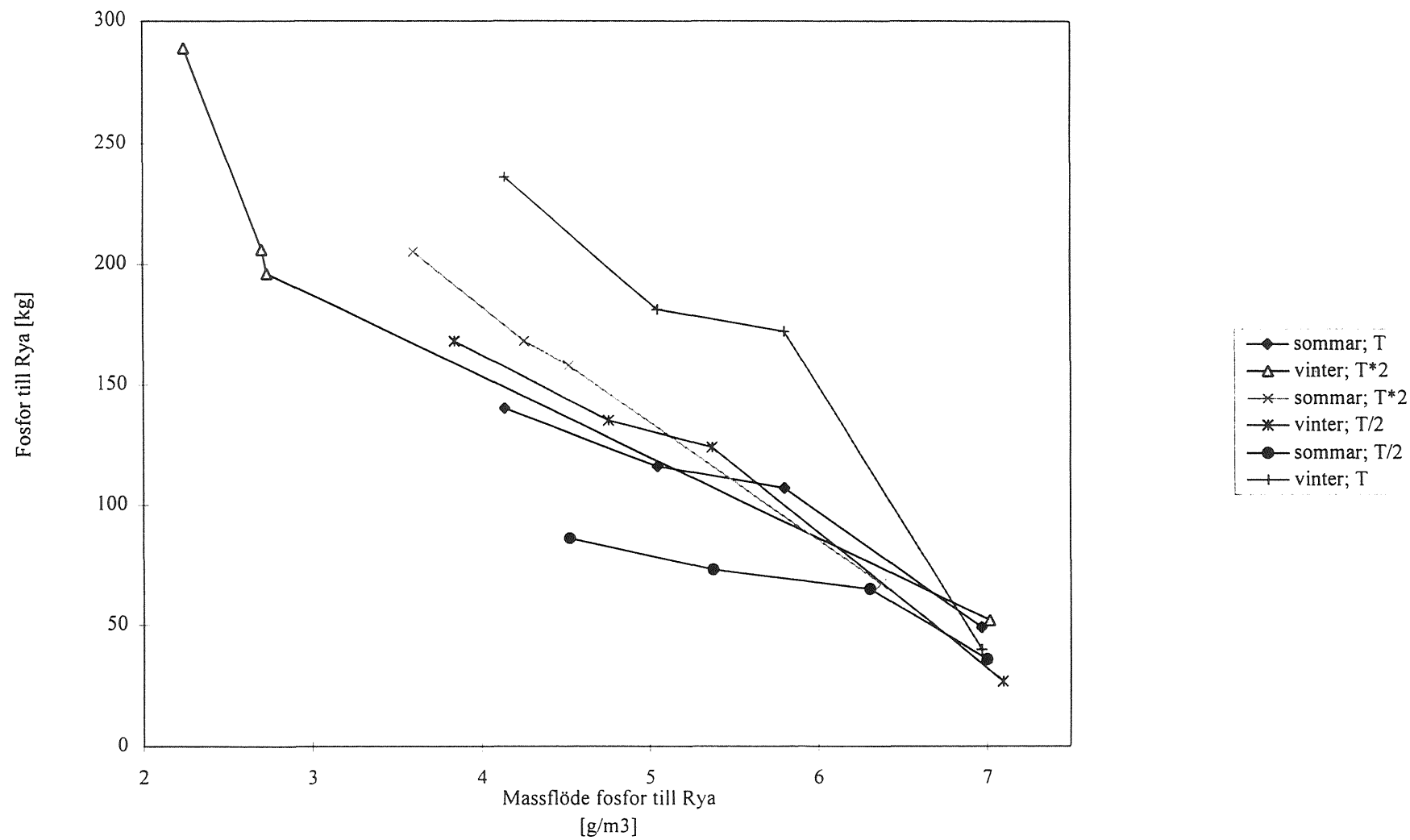
Styrmodeller 7; a, b, c



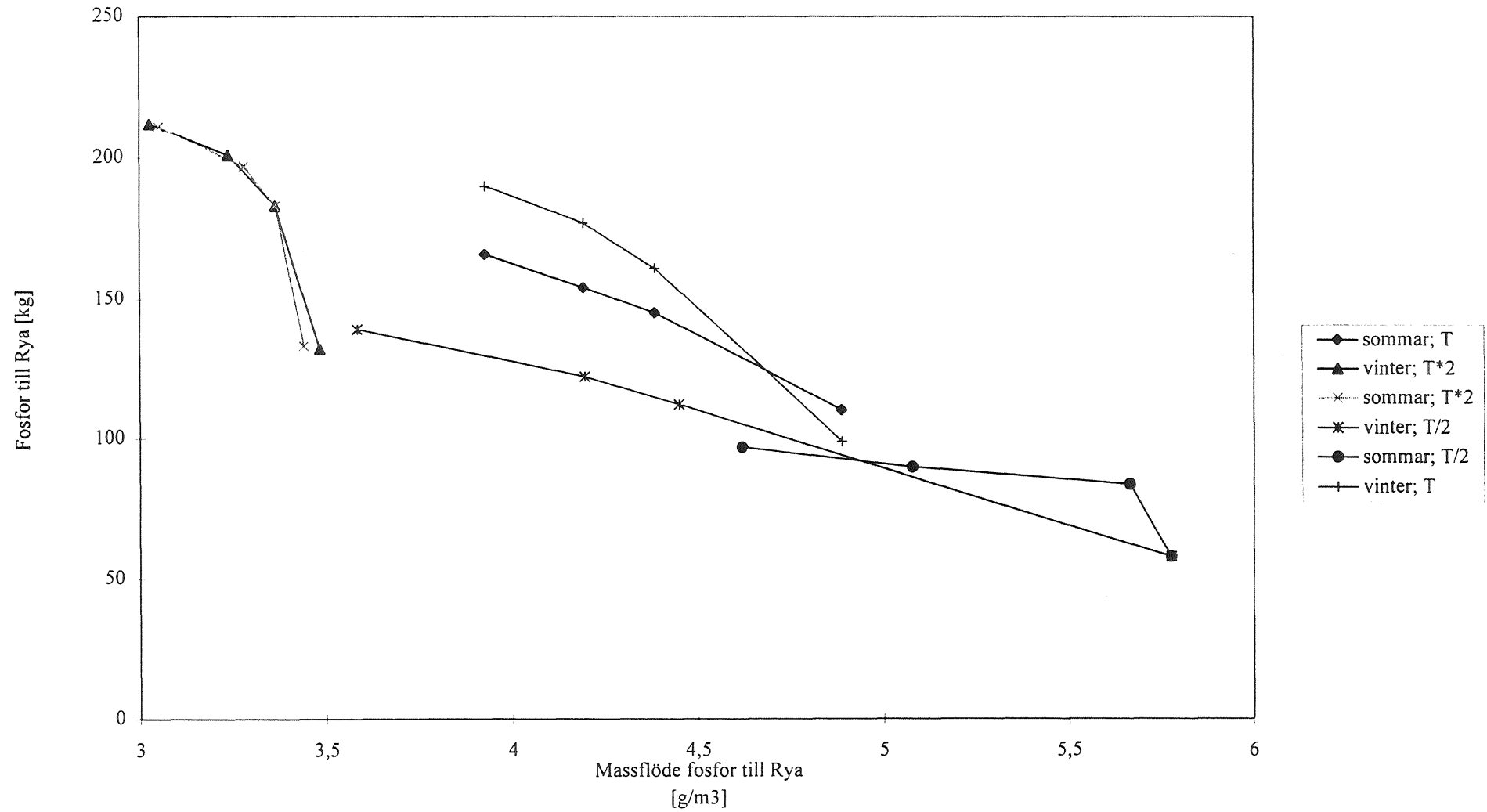
Styrmodeller
8; a, b och c



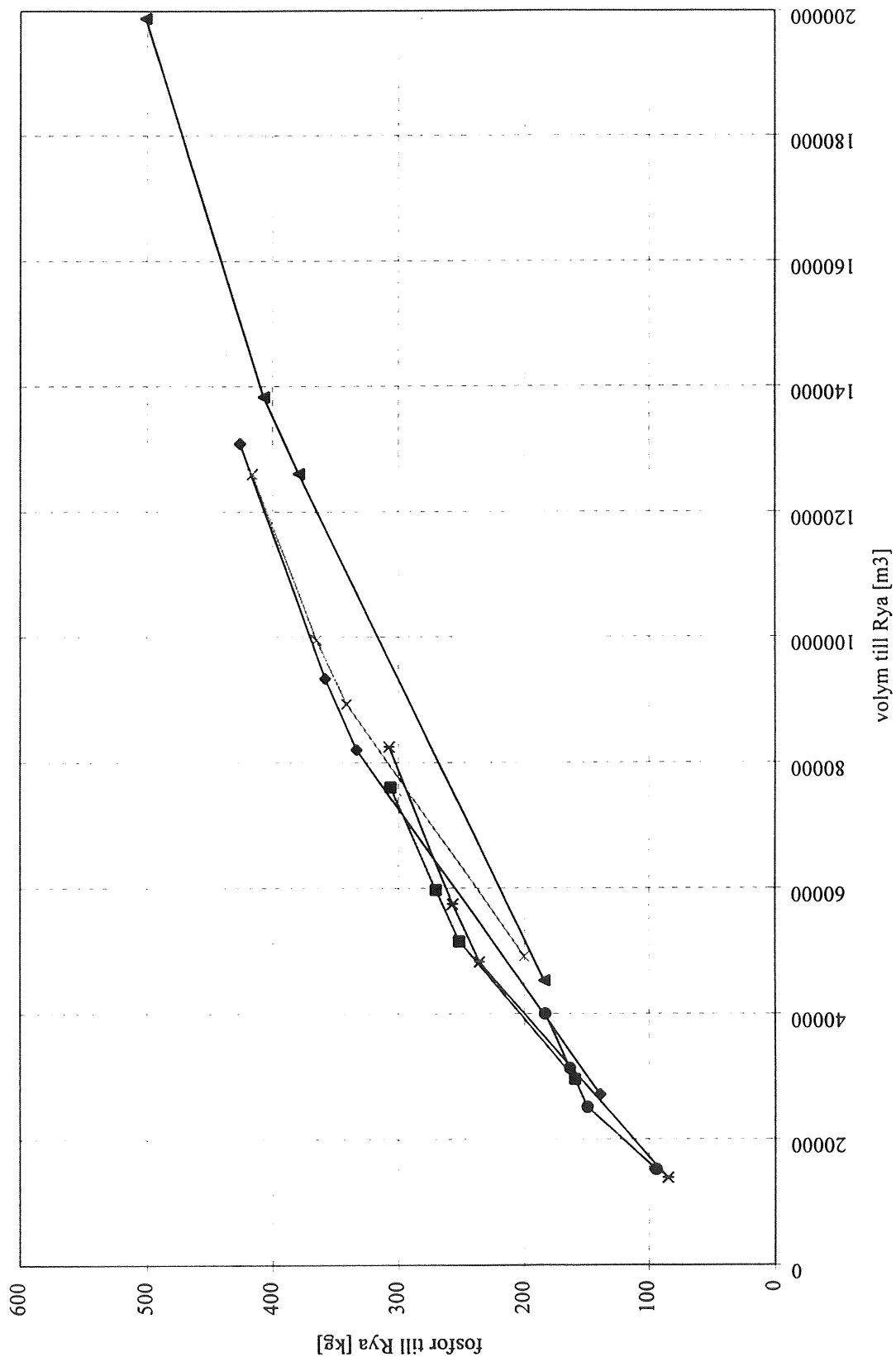
950101-950422



950422-950718



950101-950718



950101-950718

