



CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Institutionen för vattenbyggnad

SPÅRÄMNESFÖRSÖK  
I  
ASKIMSVIKEN

av

Ulf Eriksson      Staffan Gustavsson

Examensarbete i vattenbyggnad 1973:8

Göteborg

Program för examensarbetet:

Spårämnesförsök i Askimsviken

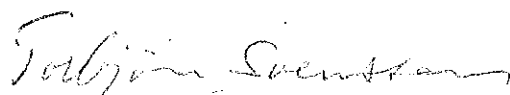
Askimsviken i Göteborgs södra skärgård utgör en recipient för avloppsvatten från Näsets avloppsreningsverk men är samtidigt ett omtyckt bad- och rekreationsområde. Utsläppet skall emellertid överföras till Göta Älv och i samband härmed planeras restaureringsåtgärder för Askimsviken. Marinbiologiska undersökningar, speciellt vad avser bottenförhållandena, skall utföras för att undersöka hur viken "tillfrisknar" och som stöd för dessa krävs kännedom om spridning och utspädning av nuvarande avloppsutsläpp.

Examensarbetet syftar till att bestämma avloppsvattnets spridning i Askimsviken genom att märka detsamma med ett spårämne, Rodamin B, vars koncentrationsfördelning sedan inmätas med en sk fluorimeter vid successiva tidpunkter. Dosering av spårämnet görs såväl momentan som kontinuerligt under några dygn. Koncentrationsfördelningen mätes kontinuerligt längs mätlinjen på några meters djup samt i några vertikalprofiler. För mätningarna ställs vattenbyggnadsinstitutionens specialutrustade mätbåt, ALBIN 25, till förfogande.

De erhållna spridningsbilderna relateras till påverkande parametrar, främst vind, vattenståndsvariationer, täthetsskiktning och vattenföring i Stora ån vilka bestäms enligt följande; vattenstånd med en registrerande pegel, täthet genom att bestämma salthalt och temperatur med en salinometer, vind genom uppgifter från Torslanda flygplats och vattenföring med flygel eller utspädningsmetod. Försöken bör utföras vid olika typiska situationer; stabil västlig vind, nordlig vind etc, för att bedömning av olika typer av påverkan på området skall kunna göras.



Klas Cederwall/



Torbjörn Svensson

Föreliggande examensarbete avser att klargöra vilka parametrar som i huvudsak styr vattenomsättningen i Askimsviken och därmed hur avloppsvattnet från Näsets reningsverk sprids och utspäds. Denna recipienthydrologiska undersökning syftar vidare till att ge underlag för tolkning av de fysikalisk-kemiska och biologiska undersökningar som samtidigt utförs av Göteborgs VA-verk genom Marinbotaniska institutionen vid Göteborgs universitet.

För värdefull hjälp tackar vi vår handledare civ. ing. Torbjörn Svensson, Institutionen för vattenbyggnad CTH och de personer som i övrigt hjälpt oss under examensarbetet. Ett speciellt tack riktar vi till ing. Göte Andersson Göteborgs VA-verk och personalen vid Näsets reningsverk, främst maskinmästare Andrén. För hjälp med utskrift av examensarbetet tackar vi Ann-Marie Holmdahl och Göta Bengtsson.

Göteborg i juni 1974

Ulf Eriksson

Staffan Gustafsson

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. INLEDNING
  - 1.1 Askimsviken
  - 1.2 Föroreningsbelastningen
  - 1.3 Recipienthydrologiska frågeställningar - målsättning
  - 1.4 Övriga undersökningar i Askimsviken
2. SPÅRÄMNESFÖRSÖK
  - 2.1 Allmänt
  - 2.2 Rodamin B 200
  - 2.3 Doseringsutrustning
  - 2.4 Mätutrustning
  - 2.5 Försöksmetodik
3. AVLOPPSVATTNETS SPRIDNING - TEORI
  - 3.1 Inledning
  - 3.2 Diffusions-advektionsekvationen
  - 3.3 Diffusionsekvationen i en dimension
  - 3.4 Bestämning av diffusionskoefficienter m h a spårämnesförsök
  - 3.5 Olika faktorerers inverkan på vattencirkulationen
4. REDOVISNING AV MÄTDATA MED KOMMENTARER OCH BERÄKNINGAR
  - 4.1 Redovisningsmetoder
  - 4.2 Momentan dosering 1
  - 4.3 Momentan dosering 2
  - 4.4 Momentan dosering 3
  - 4.5 Kontinuerlig dosering
  - 4.6 Sammanfattning och diskussion av beräkningsresultat
  - 4.7 Diffusionsmodellens tillämpbarhet
  - 4.8 Felanalys
5. SLUTSATSER
6. LITTERATURFÖRTECKNING
7. BILAGOR
  - 1 Luftrycksvariationer under juni-juli -73
  - 2-8 Vinduppgifter
  - 9-10 Kalibreringskurvor fluorometer
  - 11-60 Spridningskartor och djupprofiler

## 1. INLEDNING

### 1.1 Askimsviken

Askimsviken är ett av göteborgsregionens mest attraktiva områden för fritidsaktiviteter. Här finns livligt frekventerade badplatser, campingplatser och småbåtshamnar. Samtidigt är viken mottagare för avloppsvattnet från Näsets reningsverk och diverse andra små, helt orenade, utsläpp. Askimsviken, som ligger på gränsen mellan Göteborgs och Askims gamla kommun, är en ca 3 km lång och 1 km bred vik (se fig 1). Den har centralt ett djup av sju till nio meter och står i direkt kontakt med havet. Inga trösklar finns men i vikens mynning finns ett mindre grundområde. Längst i norr övergår Askimsviken i en smal och grund del - Välen, där Stora ån mynnar. Välen som är drygt 1 km lång och 150 m bred har ett djup vid medelvattenstånd av ca en halv meter.

På grund av Askimsvikens ringa djup befinner sig dess vattenmassa oftast över havets språngskikt. Detta innebär att salthalten sommartid är relativt konstant, omkring 20 ‰, över hela djupet. Språngskiktet kan emellertid variera kraftigt från sitt normala läge. Detta visar sig dels som långperiodiga svängningar orsakade av vindsystem och lufttrycksvariationer och dels kortperiodiskt som interna vågor i språngskiktet. Tidigare mätningar har visat salthalter på över 32 ‰ långt inne i Askimsviken vid enstaka tillfällen. En inströmning av salt havsvatten medför mycket snabb vattenomsättning i viken. Hur stor inverkan dessa oregelbundet återkommande vattenutbyten har på föroreningsituationen kan endast bedömas utgående från kontinuerliga långtidsregistreringar av salthalts- eller språngskiktsnivå.

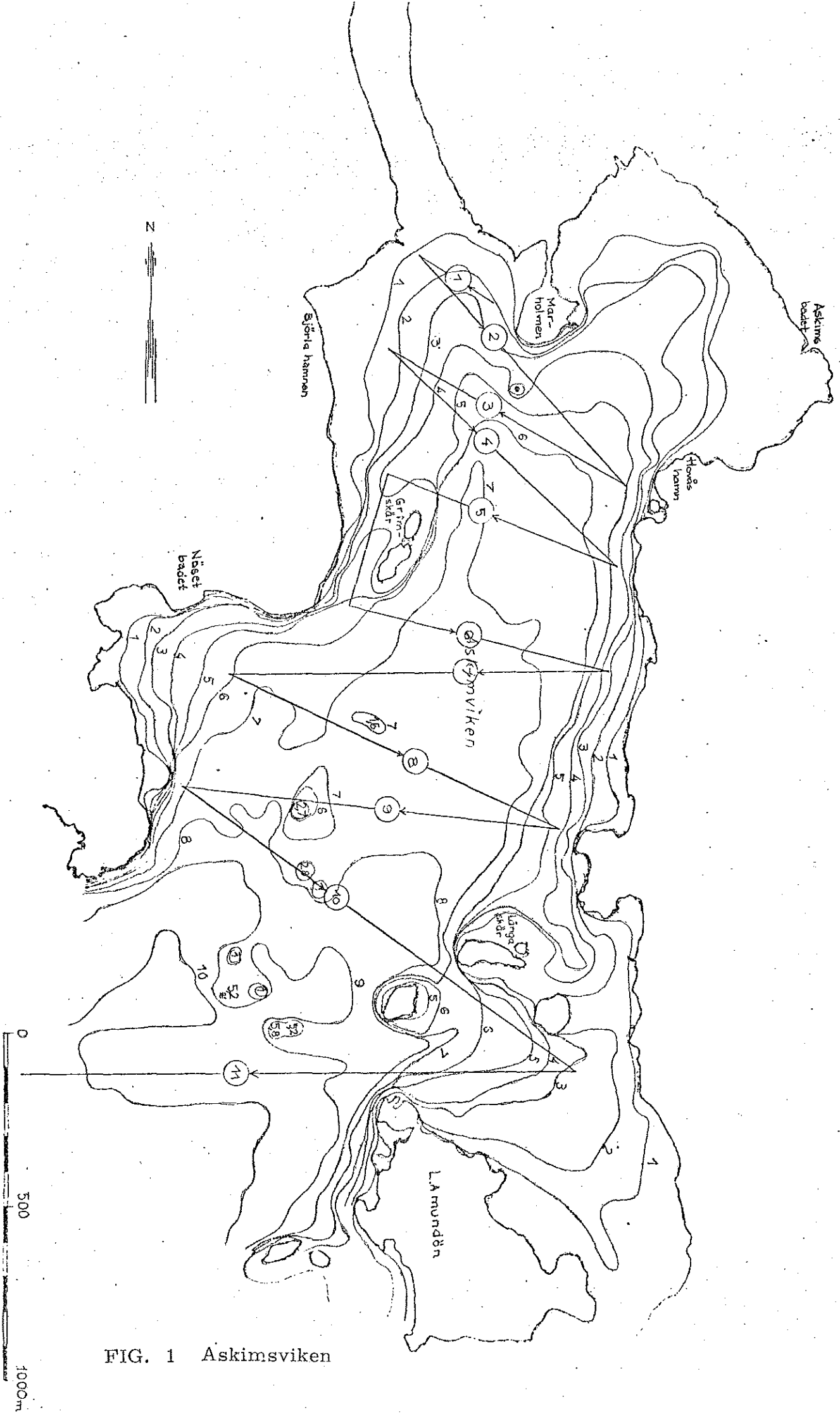


FIG. 1 Askimsviken

ASKIMSVIKEN MED ANGIVNADE AV MÄTRUTTER OCH DUBBKLIVOR	Askimsviken SKIDÅRETT
---	--------------------------

## 1.2 Föroreningsbelastningen

Sötvattentillförseln till viken sker huvudsakligen genom Stora ån, som har en årsmedelvattenföring av  $0,4 \text{ m}^3/\text{s}$ . Under våra försök uppmättes vattenföringen en gång till  $0,28 \text{ m}^3/\text{s}$  och torde ha varit tämligen konstant. Genom Stora ån avleds det behandlade spillvattnet från Näsetverket. Till detta är för närvarande anslutet 80 000 personekvivalenter och reningsmetoderna är grovavskiljning plus aktiv-slambehandling. Ingen reduktion av närsalter med kemisk fällning förekommer. Utloppsledningen från reningsverket mynnar i Stora ån cirka 1,5 kilometer från utflödet i Välen, varför någon högre grad av självrening ej kan påräknas i Stora ån. Reningsverket vid Näsetvägen är planerat att tas ur drift 1975 varefter spillvattnet skall ledas i en tunnel till Rya-verket.

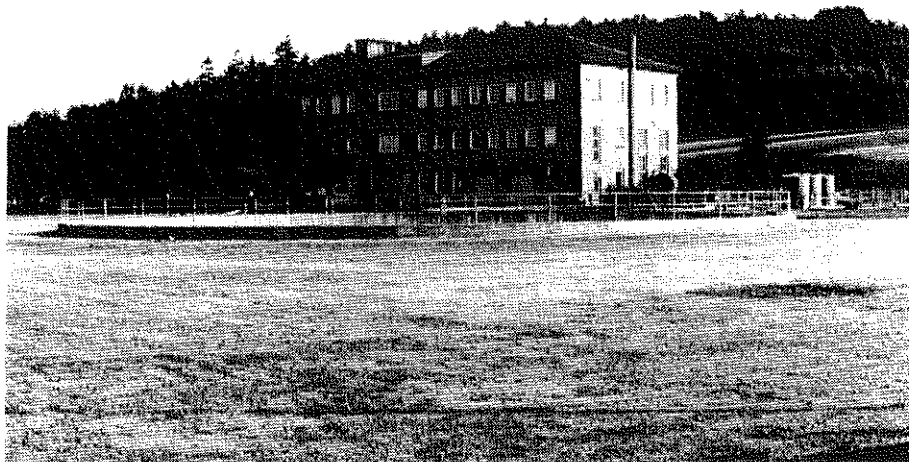


Bild 1 Näsetverket

Två mindre spillvattenledningar från Näset-halvön mynnar i Askimsviken, dels i Möttviken och dels vid Sandlyckan. Båda ledningsnäten utleder tillsammans spillvatten från 250 personer. Före utsläppet genomgår vattnet slamavskiljning och vattnet från det ena nätet klore-ras. Vid Askimsbadet finns vidare ett bräddavlopp från Askims huvudledningsnät. Dagvattnet går för närvarande genom naturliga utflöden ut i viken.

För att lösa dagvattenfrågorna i Mölndal och ett planerat exploateringsområde i Balltorp har ingenjörfirman Kjessler och Mannerstråhle utarbetat ett förslag om byggande av ett utjämningsmagasin på 200 000 m<sup>3</sup> varifrån vattnet skulle pumpas och avledas genom Mölndalsån. Vid stora dagvattenföringar skulle emellertid bräddning ske ut i Askimsviken. Den bräddade vattenmängden har beräknats till i medeltal 2,2 % av årsavrinningen. Bräddning har beräknats ske under ca 4,8 dygn per år.

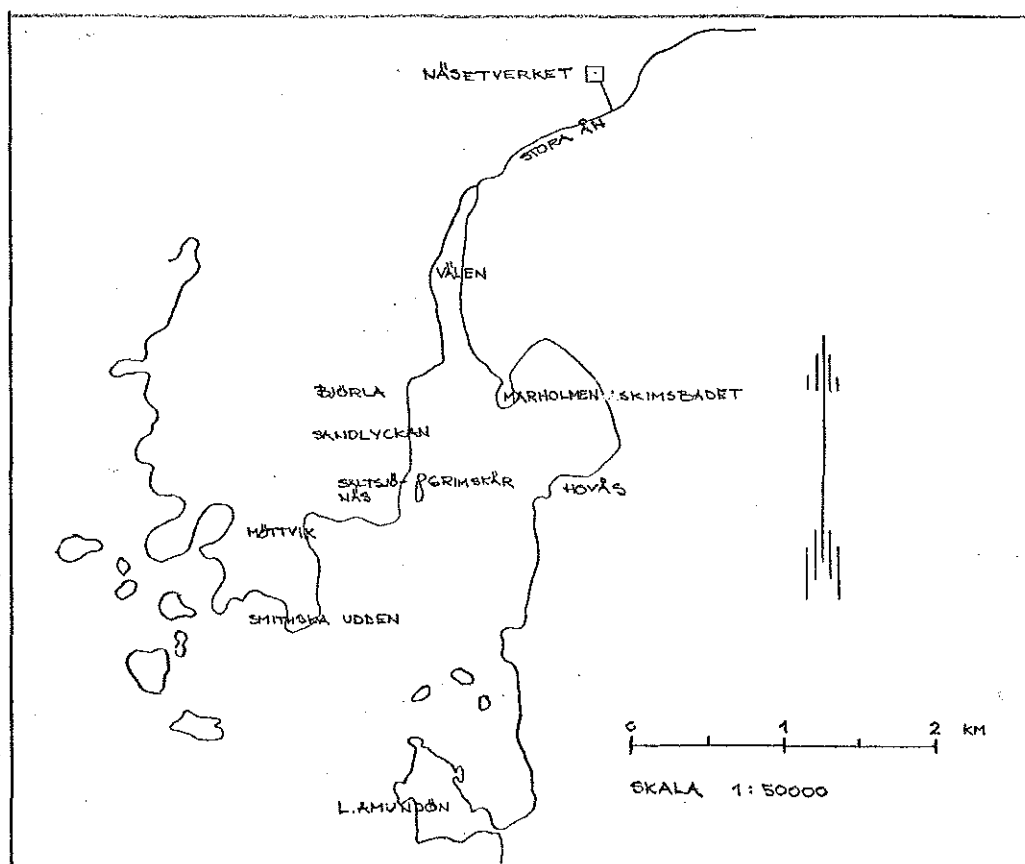


Fig. 2 Askimsvikens omgivning

### 1.3 Recipienthydrologiska frågeställningar - målsättning

Enligt vad vi kunnat få fram har tidigare ingen mer omfattande recipienthydrologisk undersökning av Askimsviken gjorts. En sådan skulle kunna ge kompletterande uppgifter vid tolkning av gjorda observationer beträffande växt- och djurliv samt ett bättre underlag vid bedömningen av verkningarna från framtida utbyggnader i och kring Askimsviken. Speciellt intressanta områden att studera är badplatserna vid Askim och Näset, där höga koncentrationer av avloppsvatten, och därmed höga bak-

teriekoncentrationer, är särskilt ogynnsamma ur hälsosynpunkt. Även vattenomsättningen i Välen och områdena kring Björilahamnen är värda ett närmare studium.

En hydrologisk undersökning ger en bild av Askimsvikens funktion som recipient, dvs dess förmåga att späda ut och transportera bort det utsläppta avloppsvattnet. Vår målsättning med detta arbete är att klarlägga denna recipienthydrologiska funktion. Med den begränsade tid som står till vårt förfogande kan vi dock inte ge en fullständig bild av spridningsförlopp och utbytesprocesser utan får nöja oss med att visa den situation som råder vid en eller två speciella väderlekstyper. Från detta material får man om möjligt tolka medelsituationen, t ex om någon förhärskande cirkulationsriktning råder, vilket har framkommit vid biologiska undersökningar. Dessutom bör vi kunna avgöra var höga avloppsvattenkoncentrationer kan tänkas uppträda och vilka av faktorerna vind, vattenstånd, lufttryck, salthalt och temperatur som har den största betydelsen för vattenomsättningen. I detta sammanhang kommer också havsvattnets språngskiktsvandring och därmed medföljande saltvatteninträngning in. Man kan med en kontinuitetsbetraktelse avgöra hur mycket vatten som utbyts vid en språngskiktshöjning om man känner språngskiktets normala nivå.

För att studera spridningsförlopp i en recipient kan man i princip välja vilken mätbar fysikalisk egenskap som helst i vattnet, som har koncentrationsgradienter och kontrollerbara randvillkor. I praktiken är det emellertid lämpligast att utnyttja mer eller mindre konservativa ämnen med stor detekterbarhet - spårämnen i vedertagen bemärkelse - vilka doseras på strategiskt sätt i recipienten. En momentan dosering av spårämnet ger en uppfattning om den turbulenta diffusionen och den advektiva transporten, medan en längre kontinuerlig dosering bättre visar den maximala koncentration av avloppsvatten som kan uppnås i olika punkter. Dessutom ger det kontinuerliga försöket en bild av hur en stationär spridningsbild ändrar utseende vid varierande väderlekssituationer.

#### 1. 4 Övriga undersökningar i Askimsviken

På uppdrag av Göteborgs VA-verk har VIAK AB utfört en undersökning daterad oktober 1972, av föroreningstillförseln till Stora Ån från Göteborgs spill- och dagvattenledningar. Utredningen visar föroreningsförhållanden under såväl torr- som regnväder.

Under tiden juli 1971 - augusti 1972 har fil.kand. Ulf Båmstedt, Zoologiska institutionen, Göteborg, utfört undersökningar av zooplankton. Undersökning av benthos-alger utförs sedan mars 1972 av fil.lic. Sven Nygren, fil.lic. Birgitta och Ingvar Malmeström, Marinbotaniska institutionen, Göteborg.

Under tiden juli 1971 - augusti 1972 har fil.lic. Solgerd Björn-Rasmussen, Marinbotaniska institutionen, Göteborg, utfört fysikalisk-kemiska analyser och marinbotaniska undersökningar med avseende på fytoplankton på uppdrag av Göteborgs VA-verk. En ny undersökningsperiod inleddes sommaren 1973. Resultaten fram t. o. m. 1972 finns redovisade i [4].

Efter tillkomsten av avloppsreningsverket vid Näsetvägen år 1954, har fortlöpande vattenundersökningar utförts inom det aktuella recipientområdet, såväl fysikalisk-kemiska som bakteriologiska. Göteborgs och Askims hälsovårdsnämnder har dessutom under badsäsongen tagit bakteriologiska prover på vattnet vid badplatserna inom viken.

En undersökning av bottensedimenten i Askimsviken påbörjades 1972 genom upptagning av sedimentproppar. Dessa har undersökts av prof. K. Gösta Eriksson, Geologiska institutionen, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg, och laborator Torsten B. Hasselrot, Undersökningslaboratoriet, Statens Naturvårdsverk.

## 2. SPÅRÄMNESFÖRSÖK

### 2.1 Allmänt

En analytisk modell för det komplexa spridningsförloppet är nästan omöjlig att framställa. De olika styrande parametrarnas inverkan är svåra att kvantifiera, och varierande randvillkor kan inte uttryckas exakt i en matematisk modell. (Se vidare om avloppsvattnets spridning). Olika fältförsök med lätt detekterbara spårämnen ev. kopplat till en matematisk spridningsmodell är för närvarande det bästa sättet att få en bild av spridningen och borttransporten. Vid försöken kan spårämnet doseras antingen kontinuerligt eller momentant. En momentan dosering är billigare och ofta enklare att utföra än en kontinuerlig dosering. I gynnsamma fall kan en integrering av resultaten från de momentana doseringarna ge en bild av det stationära förhållande som skulle utbildas vid en långvarig kontinuerlig dosering under stabila väderförhållanden. För att kunna dra riktiga slutsatser ur försöken är det viktigt att dessa sker vid olika representativa hydrologiska och meteorologiska förhållanden. Vindens riktning och styrka t. ex. ger troligen den dominerande effekten i Askimsviken.

De spårämnen som används i detta syfte är främst radioaktiva isotoper och fluorescerande färgämnen. De radioaktiva spårämnena har vissa mättekniska fördelar jämfört med de fluorescerande, men dessa uppvägs dock ofta av de säkerhetsanordningar och kompetenskrav som de radioaktiva metoderna kräver.

Vid inst. för vattenbyggnad, CTH, finns en sedan flera år väl utprovad teknik och metodik för spårämnesmätningar med det fluorescerande färgämnet Rodamin B 200 vilket således användes även till detta examensarbete. Tekniken finns utförligt beskriven i bl. a. [2] men skall i vår tillämpning kort redovisas nedan tillsammans med kalibreringskurvor och uppmätta korrektionskoefficienter.

## 2.2 Rodamin B200

Det fluorescerande färgämnet Rodamin B 200 (inköpt av ICI) har den kemiska formeln  $C_{22}H_{31}O_3N_2Cl$  och levereras löst i ättiksyra. Tätteten har bestämts till  $1.113 \text{ g/cm}^3$  för den saluförda rodaminlösningen. Rodaminet påverkas mer eller mindre av vissa yttre faktorer enligt nedan.

### Temperatur:

Sambandet kan tecknas:

$$F = F_o \cdot e^{n(T-T_o)}$$

där  $F$  = aktuell fluorescens i enheter

$F_o$  = motsvarande fluorescens i enheter vid vald referens-temperatur  $T_o$

$n$  = karaktäristisk konstant

Storleken på  $n$  har genom laboratorieförsök bestämts till  $-0.027 \text{ (}^\circ\text{C}^{-1}\text{)}$  (se fig 3).

### Bakgrundsnivå:

Recipientvattnet kan ge upphov till vissa effekter som bör observeras.

Två typer av bakgrund kan definieras:

1. Den "verkliga" bakgrunden, som orsakas av naturligt förekommande ämnen med fluorescerande egenskaper liknande dem hos rodamin. Detta måste beaktas.
2. Den bakgrund som huvudsakligen orsakas av interferensfenomen av suspenderat material. Närvaron av suspenderat material har två effekter på fluorescensens storlek. Dels ökar fluorescensen på grund av interferens, dels minskar fluorescensen på grund av absorption och spridning av ljuset inne mätcellen. Effekten av dessa faktorer är av samma storleksordning, varför man vid praktisk tillämpning försummar dem.

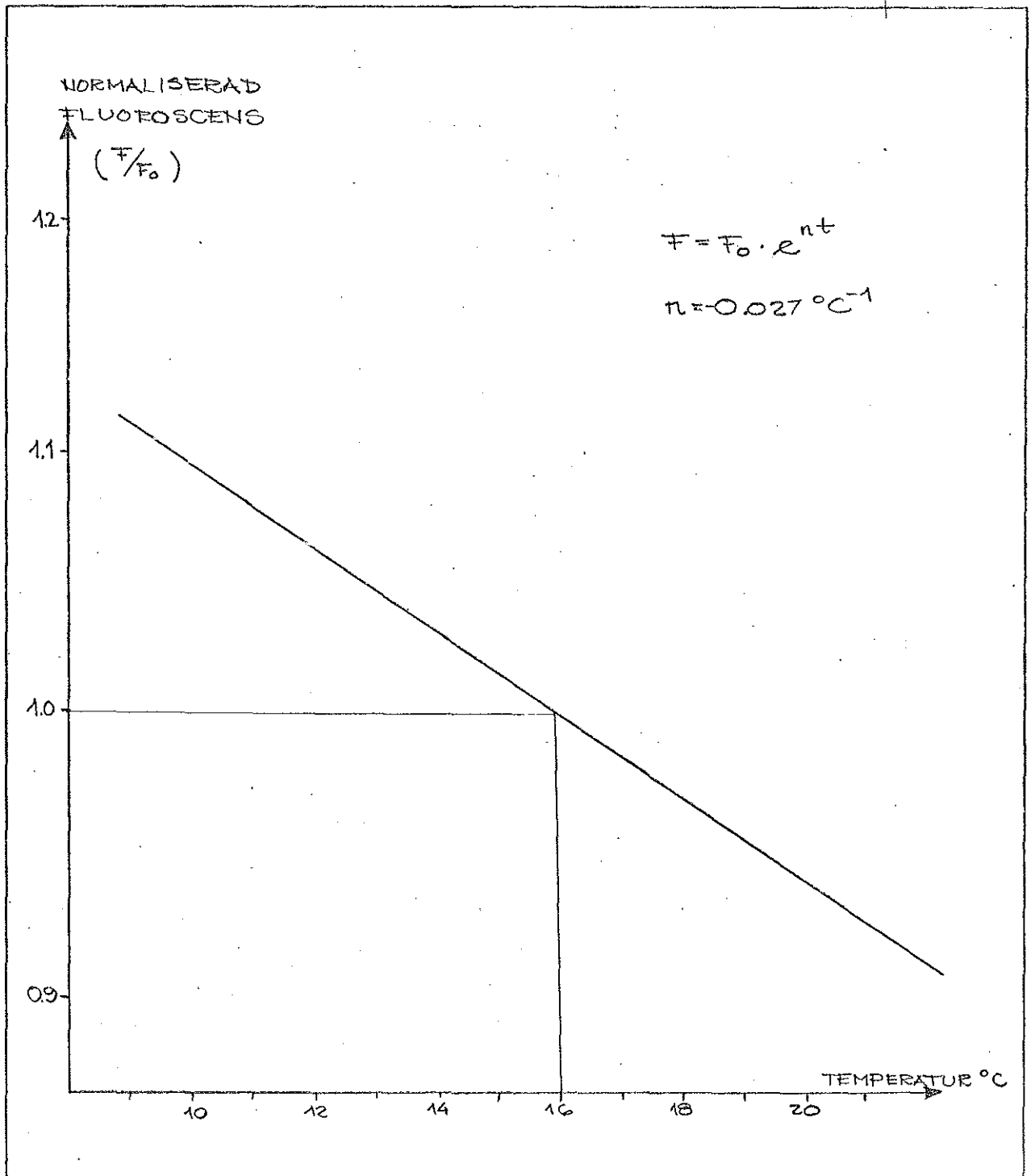


Fig. 3: Temperaturens inverkan på fluoroscensintensiteten hos Rodamin B 300.

pH-värde:

Rodaminets fluorescens är i stort sett oberoende av pH-värden i intervallet 5 till 10.

Salthalt:

Fluorescensen påverkas ej av salthaltskoncentrationer i intervallet 0 till 35 ‰.

Fotokemisk avklingning:

Den fotokemiska avklingningen kan antas följa sambandet

$$F = F_0 \cdot e^{-mt}$$

där  $t$  är tiden och  $m$  bestäms experimentellt i den aktuella recipienten. Halveringstiden för Rodamin B är i klart solsken omkring 31 timmar. För att bestämma avklingningskoefficienten i Askimsviken tillverkade vi en rodaminlösning med känd koncentration. Denna lösning tappades på två ofärgade glasflaskor vilka vi placerade på 1 respektive 3 meters djup ungefär mitt i viken rakt utanför Möttvik. Avklingningsprovets koncentration uppmättes några gånger under försökens gång och uppräntades i ett lin-log-diagram, se fig 4. Ekvationen ovan motsvarar en rät linje i diagrammet. Med hjälp av dess lutning kan avklingningskoefficienten bestämmas.

Om avklingningssambandet logaritmeras kan  $m$  lösas ut explicit.

$$m = -\frac{1}{t} \cdot \ln \frac{F}{F_0}$$

Med värdena från våra avklingningsprov insatta fås avklingningskoefficienterna på 1 resp 3 m djup.

$$m_1 = -\frac{1}{16} \cdot \ln \frac{1.54 \cdot 10^{-10}}{1.60 \cdot 10^{-8}}$$

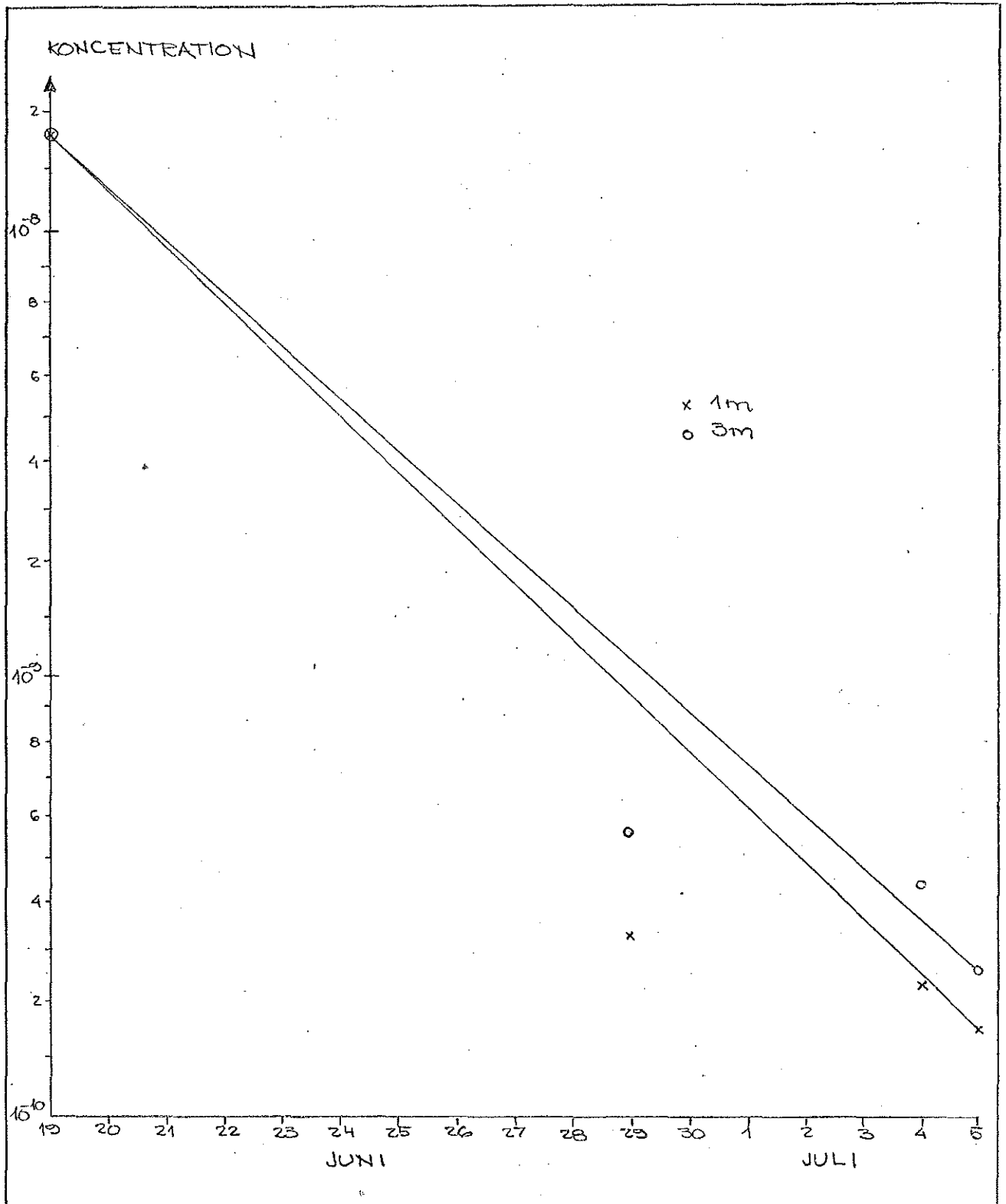


Fig. 4: Fotokemisk avklingning.

$$m_3 = -\frac{1}{16} \ln \frac{2.60 \cdot 10^{-10}}{1.60 \cdot 10^{-8}}$$

$$m_1 = 0.290/\text{dygn}$$

$$m_3 = 0.257/\text{dygn}$$

Våra värden på rodaminets fotokemiska avklingning kan jämföras med de värden som uppmätts i Byfjorden. Levin, Lingsten och Sjöström har i [6] redovisat en avklingningskoefficient på 0.027/dygn dvs 10 ggr lägre än vårt uppmätta värde. Detta torde förklaras av Askimsvikens betydligt större siktdjup och på den exceptionellt soliga väderlek som rådde under våra försök. Cederwall nämner i [2] att värdet på n är ungefär 0.02/tim men kan variera avsevärt.

Halveringstiden är, med en avklingningskoefficient på 0.257, lika med 2.7 dygn.

#### Adsorption av spårämne

På grund av den ringa halten suspenderat material i Askimsviken kan adsorption av spårämne på partiklar i vattnet försummas.

#### 2.3 Doseringsutrustning

De momentana doseringarna skedde från en liten flatbottnad plastbåt med utombordsmotor som Göteborgs VA-verk ställt till vårt förfogande. Doseringsutrustningen bestod av en 100 liters plastbehållare för rodaminlösning, en pump driven av två 12-volts blyackumulatorer och ett doseringsmunstycke av diffusortyp. En tvåkilos sänkkropp höll diffusormunstycket på plats under doseringen.

Vid den kontinuerliga doseringen använde vi en doseringspump driven med 380 V trefas växelström. Pumpens doseringsflöde kunde ställas in noggrant till mellan 1 och 2.5 ml/s. Detta gjorde det möjligt för oss att dosera 100 l vatten-rodaminblandning per dygn (se bild 2).



Bild 2 Utrustning för kontinuerlig dosering

#### 2.4 Mätutrustning

Mätningarna utfördes med Institutionens för Vattenbyggnad specialutrustade mätbåt, Albin 25. Denna är en drygt 7 m lång dubbelruffad dieseldriven plastbåt. Dess djupgående är ca 0,7 m varför några undersökningar i närheten av stränder och inom andra grunda områden t ex i Välen ej kan utföras med den. Båten är utrustad med en 24 V växelströmgenerator som via en omformare levererar 220 V växelström. Med hjälp av vridmotstånd kan frekvensen regleras till 50 Hz.

Mätutrustningen för kontinuerligt rodaminmätning består i princip av insugningsmunstycke, fluorometer, pump och skrivare vilka kopplas samman enligt fig 5.

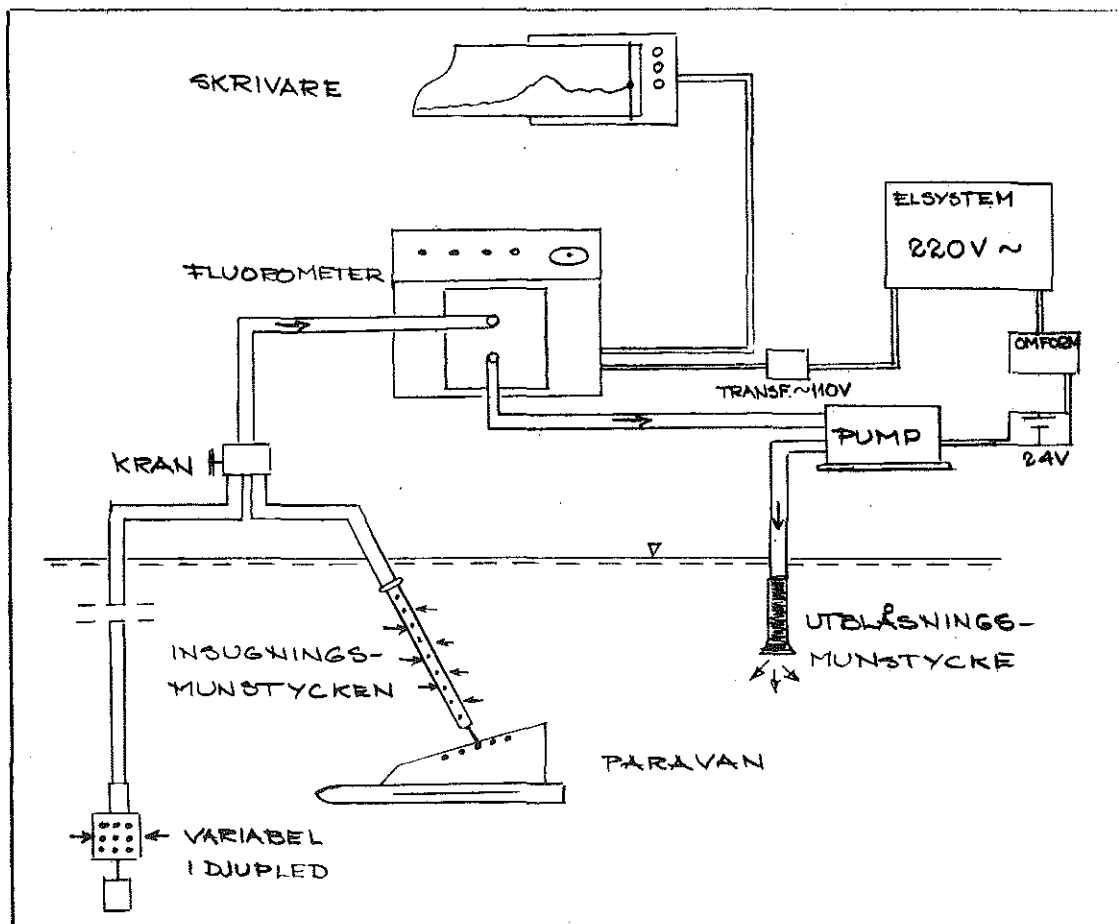


Fig 5 Mätutrustningens principiella utseende

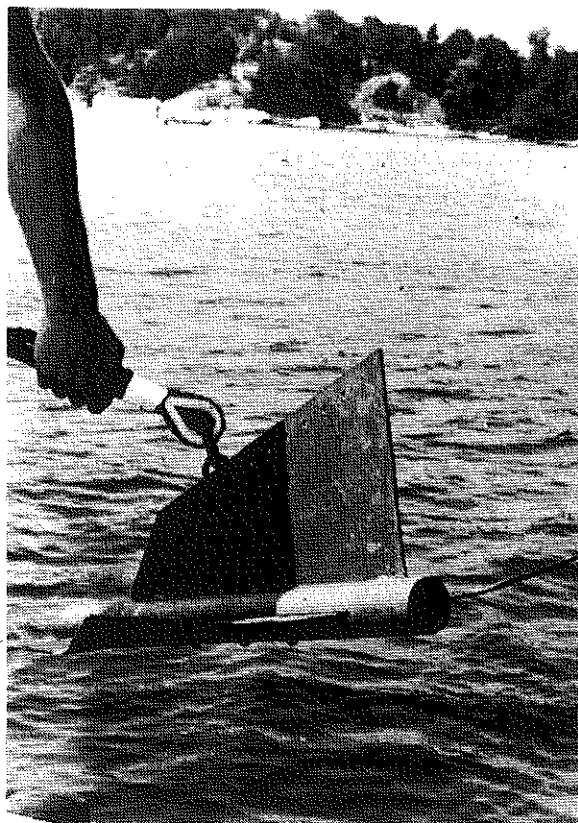


Bild 3 Paravan

Ett utrymme i båten är ombyggt för att ge plats åt mätinstrument och en pump. Alla slangar, som krävs för uppföring av vatten till instrumenten är fast monterade i båten. En omställningskran på den inkommande ledningen medger möjligheten att använda två olika insugningsmunstycken; dels ett 80 cm långt kopplat till en paravan (se bild 3), vilket brukas vid kontinuerlig inmätning under gång och dels ett 10 cm långt munstycke som används vid djupprofilmätning.

#### Fluorometer:

Koncentrationen mättes med en fluorometer av typ G. K. Tuner Associates Model 111. Fluorometern kan användas antingen för mätning på insamlade vattenprover i 5 cm långa kyvetter eller för kontinuerlig mätning med genomströmningskyvett. Fluorometern är en självbalansierande optisk brygga och har fyra mätområden vardera graderade i 100 skaldelar. I bryggan mätes skillnaden mellan ljus som emitterats från vattenprovet och ljus som kommer från en noggrant kalibrerad ljusgång. Som ljuskälla tjänstgör en UV lampa med primärfilter för ingående ljus till kyvetten, och sekundär filter för utgående ljus framför fotomultiplikatorn.

Kalibrering av både genomströmningskyvett och provkyvett utfördes i laboratorium vid vattenbyggnadsinstitutionen. Kalibreringskurvorna redovisas som bilaga nr 9.

För uppgifter om fluorometern i övrigt hänvisas till [5].

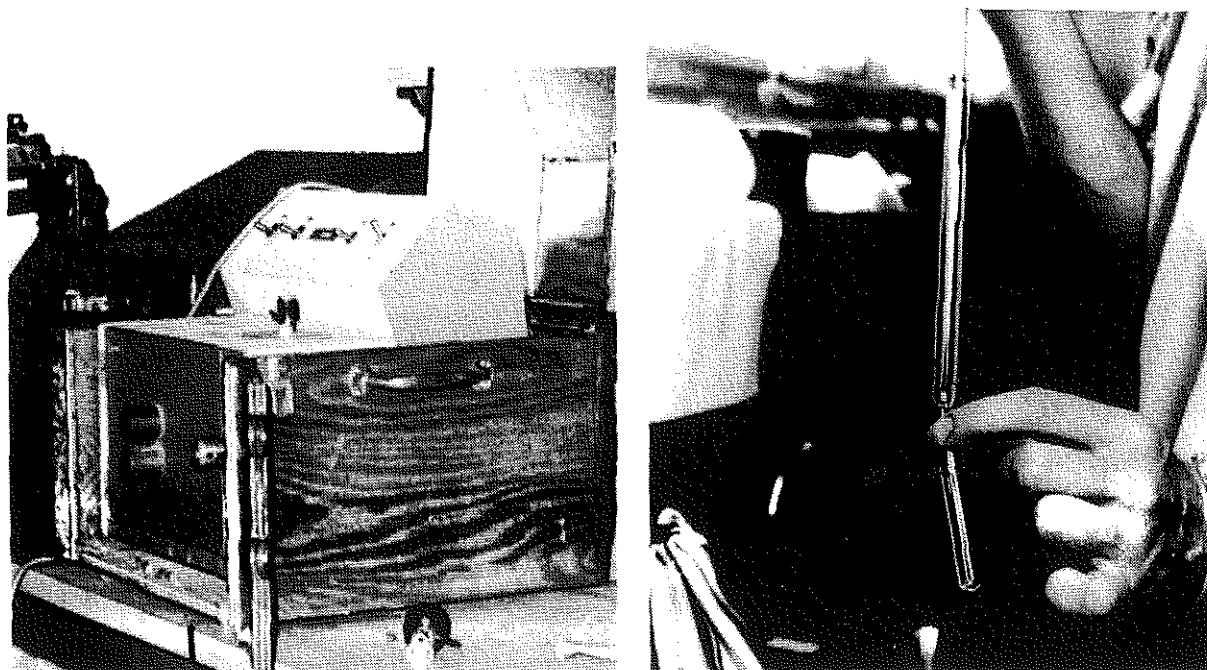


Bild 4: Kalibrering av fluorometer. Bild 5: Prov med lös kyvett.

### Skrivare

Registrering av fluorometerns utslag skedde m. h. a. en batteridrivna potentiometrisk y-tidskrivare av typ Minigor Re 501, vilken var placerad vid förarplatsen för kontinuerlig kontroll av inmätningen. Skrivaren kopplades så att fullt utslag på fluorometern motsvarade fullt utslag på skrivaren. Skrivarremansans hastighet kunde regleras från 1 sek/cm till 20 min./cm.

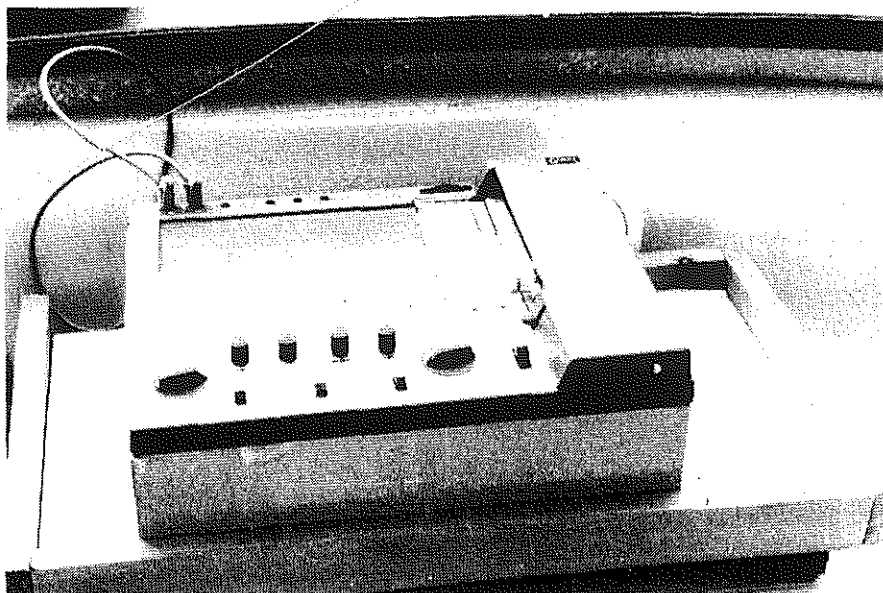


Bild 6: Skrivare

### Handkompass:

Vid positionsbestämning användes en handkompass (se bild 7). Denna var enkel att använda men inte helt tillförlitlig. Orsakerna till detta var flera: dels stördes den av metallföremål i båten och dels var den svår att avläsa vid grov sjö då den stabiliserades långsamt.

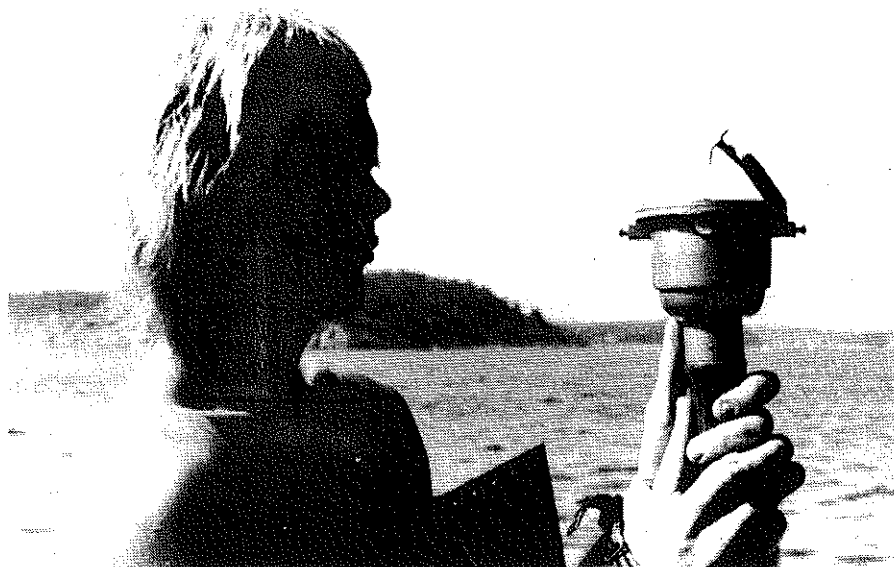


Bild 7: Positionsbestämning med handkompass

### Salinometer

Salthalt och temperatur bestämdes med hjälp av en salinometer av typ Electronic Switchgear MC5. På instrumentet kan temperaturen avläsas med en noggrannhet av  $\pm 0.05^{\circ} \text{C}$  och salthalten med  $\pm 0.1 \text{‰}$ . Den absoluta mätnoggrannheten är dock något lägre. Salinometern består av en känselkropp med en termistor som känner av vattnets temperatur och ett elekt rodarrangemang för konduktivitetsbestämning. Termistorn fyller den dubbla funktionen att dels visa aktuell temperatur och dels automatiskt kompensera för olika temperaturer vid salthaltsbestämningen. Den heltransistoriserade elektronikdelen är förbunden med mätkroppen genom en 100 m lång kabel.

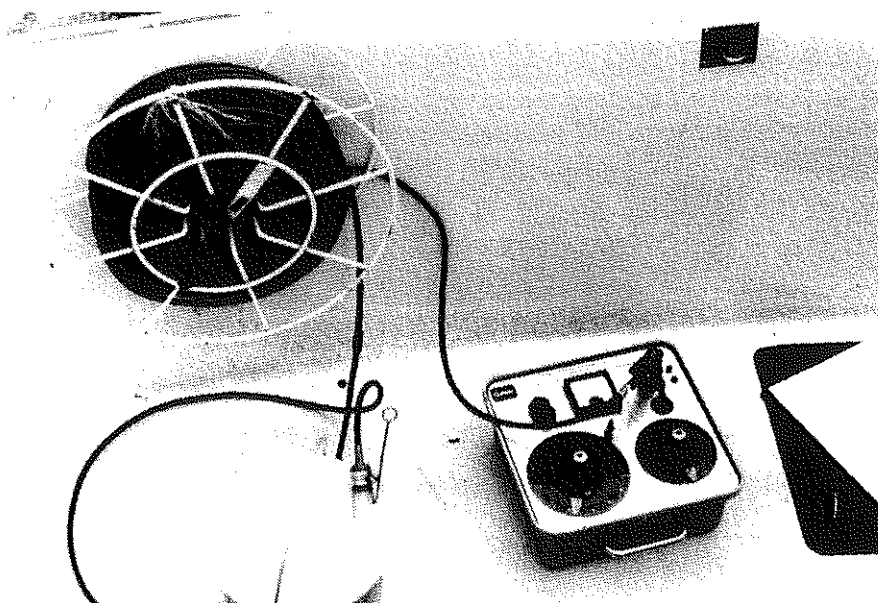


Bild 8: Salinometer.

### Övriga instrument

För att bestämma vattenföringen i Stora Ån användes en flygel av fabri-  
kat Amsler o. Co. typ 505/1195. Vattenhastigheten bestämdes vid en  
landsvägsbro med väldefinierad sektion. Hastighetsfördelningen över  
sektionen uppmättes så noggrant som möjligt varefter flödet i ån kunde  
beräknas.

Vattenståndet mättes med en registrerande pegel av fabrikat Ott (se  
bild 9). Denna var placerad i Välens koloniområdes båthamn vid Välens  
mynning och fungerade upp till en vecka utan tillsyn.

Meteorologiska data inhämtades från SMHI's (Sveriges Meteorologiska  
och Hydrologiska Institut) observationsstation vid Vinga fyrplats. Upp-  
gifter om lufttrycket kommer från Torslanda.

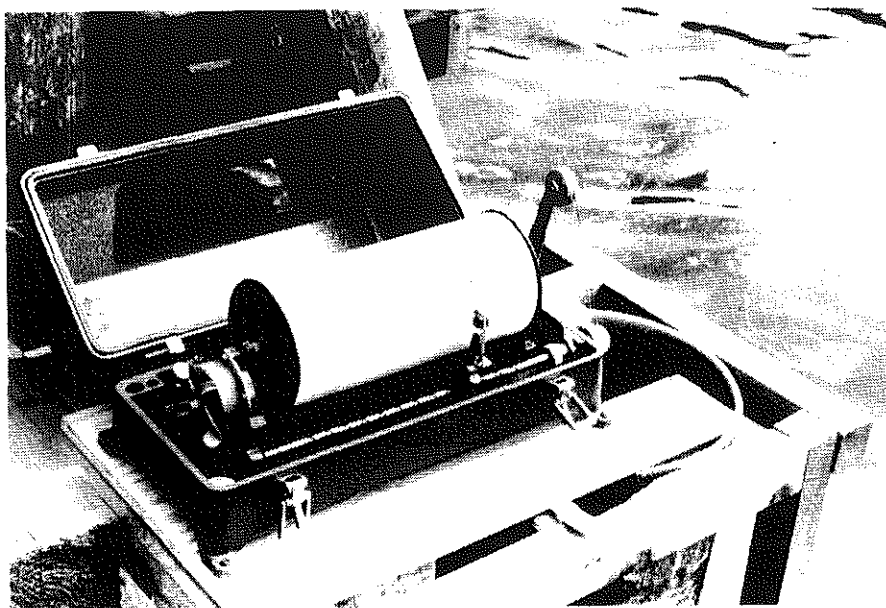


Bild 9: Pegel

### 2.5 Försöksmetodik

Från början bestämdes att undersökningsprogrammet skulle omfatta  
både några momentana försök och ett längre kontinuerligt försök. För  
att organisera en enkel inmätningrutin krävdes tydliga, och till sitt  
läge väl bestämda, punkter - landmärken - för navigeringen. Dessa  
landmärken prickades in på en karta och användes för att bestämma  
aktuell position. Med handkompassen erhöll vi kryssbärningar och  
med hjälp av dessa beräknades positionen. Alla lägesbestämningar  
vid djupprofiltagningarna har skett på så sätt.

Erforderlig doseringsmängd vid en momentan dosering bestämdes med en grovuppskattning av vattenutbytet i Askimsviken. Mängden måste vara tillräckligt stor för att vara detekterbar långt ute i viken, men samtidigt relativt måttlig för att undvika kraftig rödfärgning och estetiska obehag längst inne i viken. Vid doseringen inblandades Rodaminet i ytvattnet ner till en meters djup inom ett område på 50 x 200 m<sup>2</sup> strax utanför Välens mynning.

Vid uppläggningsen av det kontinuerliga försöket utnyttjade vi vissa erfarenheter vi nått vid de momentana försöken. Vid bestämningen av erforderlig doseringsmängd integrerade vi resultatet från mätning 3 över ett cirka två dygn långt intervall, detta för att utröna vilken maximal rodaminkoncentration som kunde tänkas uppträda inne i viken. Vi kom fram till, att för att få en önskvärd koncentration skulle vi dosera 1 l rodamin per dygn. Detta skulle senare visa sig vara för lite, vilket troligtvis berodde dels på att vattenomsättningen var onormalt liten under vårt tredje momentana försök, och dels på att vi försummade rodaminets fotokemiska avklingning vid beräkningarna. Den erforderliga doseringsmängden visade sig, efter att försöket pågått ett par dagar, uppgå till 5 l/dygn. Doseringen skedde i det utgående avloppsvattnet vid Näsets reningsverk. Vi kalibrerade doseringsutrustningen så att vårt doseringskärl på 100 l skulle tömmas på exakt ett dygn. Detta hade den arbetsmässiga fördelen att påfyllning av ny rodaminlösning kunde ske vid en bestämd tidpunkt, en gång per dygn.

Vid inmätning av små rodaminmoln vid de momentana mätningarna använde vi en improviserad inmätningsteknik som varierades efter molnens utseende. Vid de mer rutinmässiga inmätningarna av det kontinuerliga utsläppet körde vi båten efter en fast ruttplan som redovisats i fig 1. Navigationen skedde efter de ovan nämnda landmärkena. De fasta rutterna lades ut för att täcka viken på bästa möjliga sätt och underlättade i hög grad såväl själva mätarbetet som tolkningen av de skrivarrullar som producerades vid varje mätning. Variationen i inmätningensrutinen bestod i de längdprofiler som föregick och avslutade varje mätning. Dessa togs, för varje inmätning, längs samma sträckning och hade till uppgift att ange hur mycket molnet hade rört sig under själva inmätningen. De slutligen uppställda spridningsbilderna har korrigerats till att gälla för en tidpunkt. De fasta rutterna möjliggjorde att hela inmätningen kunde ske kontinuerligt och därmed snabbt.

Vid mätningarna pumpades vatten genom ett intagsmunstycke, som hölls på konstant djup av en paravan till fluorometern. Mätvärdena registrerades på skrivaren och då varje start- resp slutpunkt på rutterna antecknades på skrivarremsan, var det lätt att sedan tolka rodaminkoncentrationen i varje punkt längs rутten. En korrigeringsfaktor för den tid det tog för vattnet att pumpas från insugningsmunstycket till fluorometern, ca tio sekunder, måste dock göras för att den avlästa koncentrationen skall gälla rätt punkt. När hela paravanmätningen var slutförd tog vi djupprofiler i de punkter som tycktes intressanta att döma av paravanmätningen. I samma punkter bestämde vi också salthalts- och temperaturfördelningen. Alla värden på rodaminkoncentrationerna har sedan, vid uppritandet av spridningsbilder och djupprofiler, korrigerats med avseende på bakgrundskoncentration, temperatur och fotokemisk avklingning.

Datum	Doseringstyp	Doseringsmängd
730608	momentan	2 l
730614	momentan	4 l
730619	momentan	3 l
730626	kontinuerlig	1 l/dygn
730627	kontinuerlig	3 l/dygn
730628	kontinuerlig	3 l/dygn
730629	kontinuerlig	3 l/dygn
730630	kontinuerlig	5 l/dygn
730701	kontinuerlig	5 l/dygn
730702	kontinuerlig	5 l/dygn
730703	kontinuerlig	5 l/dygn

Tabell Doseringsmängder och doseringstyper

### 3. AVLOPPSVATTNETS SPRIDNING - TEORI

#### 3.1 Inledning

Problemet med avloppsutsläpp i estuarier (ung.flodmynningsområde) sammanhänger med tidpunkten och mängden utsläppta ämnen samt deras effekt på vattenkvaliteten. Inblandningen och dispersionsprocessen är starkt beroende av salthaltsfördelningen i estuarien. Sålunda är borttransporten i en täthetsskiktad estuarie olika den i en homogen. Askimsviken kan betraktas som en relativt homogen vattenmassa, men förekomsten av täthetsgradienter är ändå en betydelsefull faktor i inblandnings- och borttransportprocessen.

Att matematiskt beskriva avloppsvattensspridningen är mycket svårt. Vattenpartiklarna transporteras i tre dimensioner och ett främmande ämnes flyttid följer någon obekant fördelningsfunktion. Stränder och bottenform inverkar också på spridningen. Transporten och omblandningen orsakas av strömmar och turbulens i vattnet i sin tur orsakade av vindar, vågor, densitetsskillnader eller dylikt. Man kan ställa upp mer eller mindre exakta matematiska modeller som innefattar den samlade verkan av alla spridnings- och transportmekanismer. En sådan är diffusions-advекtionsmodellen som innehåller koefficienter vilka måste bestämmas i fält.

#### 3.2 Diffusions-advекtionsekvationen

Transportförloppet för ett löst ämne i en recipient kan uppdelas i två delar, diffusion och advекtion. Den turbulenta diffusionen i ett naturligt vatten kan beskrivas med samma differentialekvation som gäller för molekylär diffusion, nämligen Ficks ekvation:

$$N_s = - E_s \frac{\partial c}{\partial s} \quad (1)$$

där  $N_s$  är flödet av det främmande ämnet per ytenhet i s-riktn.  
 $\frac{\partial c}{\partial s}$  = koncentrationsgradienten i s-riktn.  
 $E_s$  = diffusionskoefficienten i s-led

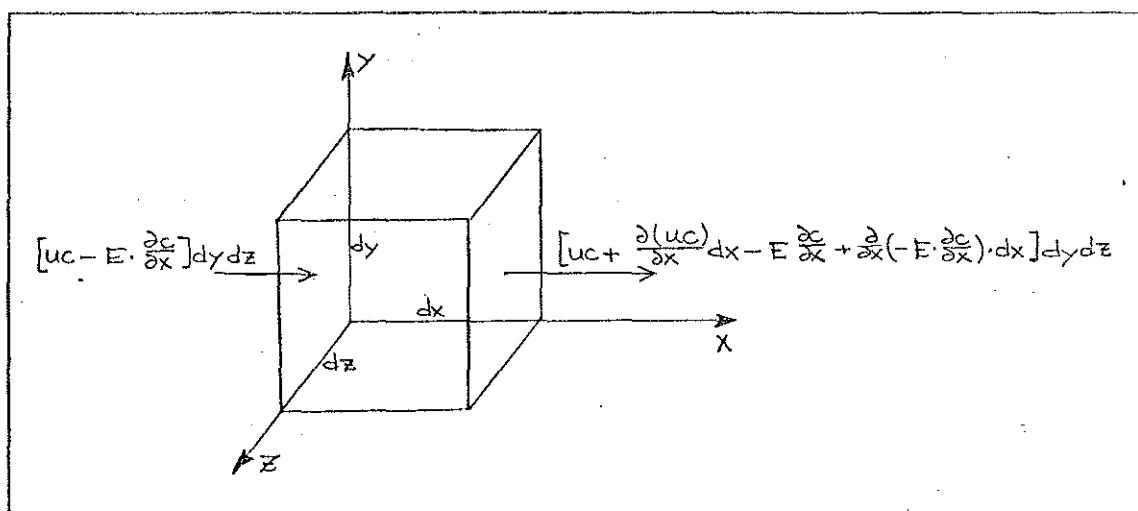
Det advektiva flödet i s-riktningen fås av uttrycket:

$$M_s = c \cdot u$$

där  $u$  är vattenhastigheten (eller mediets hastighet).

En beskrivning av transporten utgår från en massbalansbetraktelse för ett litet enhetselement  $dx$ ,  $dy$ ,  $dz$ .

Beteckna vattnets hastighet i  $x$ -,  $y$ - och  $z$ -led med respektive  $u$ ,  $v$  och  $w$ . Diffusionskoefficienterna  $E_x$ ,  $E_y$  och  $E_z$  antages konstanta i respektive riktning.



Figur 6 Massflöde genom ett vätskeelement

En massbalans ekvation för massflödet genom vätskeelementet får följande utseende, se fig 6.

$$\begin{aligned}
 & u \cdot c \cdot dy \, dz - \left( uc + \frac{\partial(uc)}{\partial x} \cdot dx \right) dy \, dz - E_x \frac{\partial c}{\partial x} dy \, dz - \left( -E_x \frac{\partial c}{\partial x} + \right. \\
 & \left. \frac{\partial}{\partial x} \left( -E_x \frac{\partial c}{\partial x} \right) \cdot dx \right) dy \, dz + v \cdot c \, dz \, dx - \left( v \cdot c + \frac{\partial(v \cdot c)}{\partial y} dy \right) dz \, dx - \\
 & - E_y \frac{\partial c}{\partial y} dz \, dx - \left( -E_y \frac{\partial c}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial y} \left( -E_y \frac{\partial c}{\partial y} \right) dy \right) dz \, dx +
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + w \cdot c \cdot dx dy - (w \cdot c + \frac{\partial(w \cdot c)}{\partial z} dz) dx dy - E_z \frac{\partial c}{\partial z} dx dy - \\
& - (E_z \frac{\partial c}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial z} (-E_z \frac{\partial c}{\partial z}) dz) dz dy = \\
& = \frac{\partial c}{\partial t} \cdot dx \cdot dy \cdot dz - q dx dy dz \quad \dots\dots\dots (2)
\end{aligned}$$

$q$  är här en källterm som beskriver eventuell produktion (eller nedbrytning) av det betraktade ämnet i elementet per tids- och volymsenhet. Efter division med  $dx dy dz$  och omflyttning av termerna får ekvation (2) följande utseende:

$$\begin{aligned}
& \frac{\partial c}{\partial t} + \frac{\partial(u \cdot c)}{\partial x} + \frac{\partial(v \cdot c)}{\partial y} + \frac{\partial(w \cdot c)}{\partial z} - \frac{\partial}{\partial x} (E_x \frac{\partial c}{\partial x}) - \\
& - \frac{\partial}{\partial y} (E_y \frac{\partial c}{\partial y}) - \frac{\partial}{\partial z} (E_z \frac{\partial c}{\partial z}) = q \quad \dots\dots\dots (3)
\end{aligned}$$

Den första termen i vänsterledet uttrycker ändringen i masskoncentrationen per tidsenhet, de tre följande den advektiva transporten och de tre sista i vänsterledet den diffusiva transporten.

### 3.3 Diffusionsekvationen i en dimension

Den generella tredimensionella diffusionsadvektionsekvationen kan reduceras till endimensionell form under följande villkor: Det huvudsakliga flödet sker i en koordinatriktning. Omblandningen är så god att det inte antages finnas några större koncentrationsgradienter i tvär- och djupled. Ekvationen erhåller då följande utseende:

$$\frac{\partial(\bar{c}A)}{\partial t} + \frac{\partial(A \bar{c} \bar{u})}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial x} (A E_x \frac{\partial \bar{c}}{\partial x}) = R \quad \dots\dots (4)$$

$\bar{c}$  = medelkoncentrationen över tvärsnittet

$\bar{u}$  = medelhastigheten över tvärsnittet

$\frac{\partial(\bar{c}A)}{\partial t}$  = ändringen av mängden studerad substans per tidsenhet inom en "enhetsskiva" med tjockleken  $dx$  och tvärsnittsarean  $A$ .

$\frac{\partial(A \bar{c} u)}{\partial x}$  = ändringen i det advektiva massflödet per enhetslängd

$\frac{\partial}{\partial x} (A E_x \frac{\partial \bar{c}}{\partial x})$  = ändringen i det diffusiva massflödet per enhetslängd av volymen

$R$  = källterm som anger mängd ut- eller inflöde, produktion eller nedbrytning av substans per enhetslängd.

Ekv. (4) måste i allmänhet lösas numeriskt och kan då användas för att beräkna koncentrationsutvecklingen på olika ställen i vattenområdet av ett godtyckligt utsläpp. Om denna modell kan anses gälla blir en av huvuduppgifterna för en recipienthydrologisk undersökning att fastställa värdet på den ingående diffusionskoefficienten och dess variation i tid och rum.

Om den medverkande tvärsnittsarean,  $A$ , kan anses konstant förenklas ekv (4) till

$$\frac{\partial c}{\partial t} + u \frac{\partial c}{\partial x} - E_x \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} = r \quad (5)$$

där  $r = R/A$ .

### 3.4. Bestämning av diffusionskoefficienter m h a spårämnesteknik

#### a) Momentan dosering

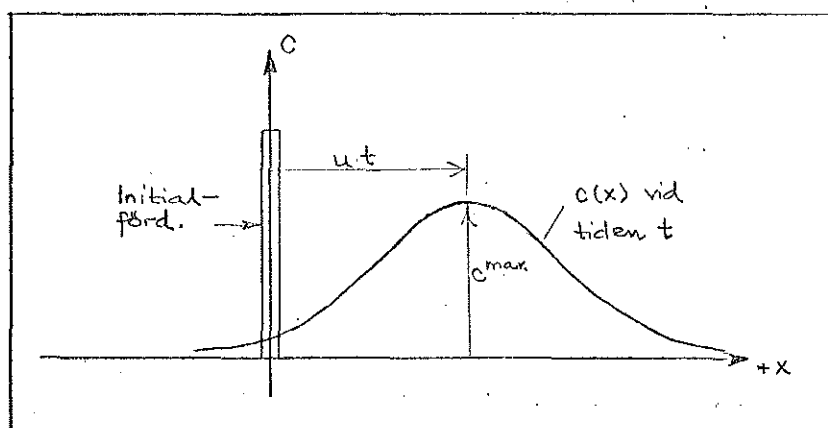


Fig 7 Ickestationär koncentrationsfördelning för momentan dosering vid  $x = t = 0$

För ett momentant punktutsläpp och randvillkoret  $c(-\infty, t) = 0$  har ekv (5) följande analytiska lösning

$$c = \frac{M}{\sqrt{4\pi E_x t}} \cdot e^{-\frac{(x-ut)^2}{4E_x t}} \quad (6)$$

där  $M$  är den doserade spårämnesmängden, vilken förutsättes vara jämnt fördelad över flödets tvärsektion vid  $x = 0$  och  $t = 0$ . Denna sprids sedan diffusivt och advektivt som visas i fig 7.  $E_x$  och  $u$  är oberoende av  $x$ . Om den advektiva transporten försummas, dvs  $u = 0$  får lösningen formen

$$c = \frac{M}{\sqrt{4\pi E_x t}} \cdot e^{-\frac{x^2}{4E_x t}} \quad (7)$$

Av detta följer att  $c_{\max}$  är omvänt proportionell mot  $\sqrt{t}$ ,

$$\text{dvs} \quad c_{\max} = \frac{M}{\sqrt{4\pi E_x t}} \sim \frac{1}{\sqrt{t}} \quad \text{för } x = 0 \quad (8)$$

Logaritmering ger  $\log c \sim -\frac{1}{2} \log t$

Om koncentrationen som funktion av tiden vid  $x = 0$  uppritas i ett dubbel-logaritmiskt diagram fås alltså en rät linje med lutningskoefficienten  $-\frac{1}{2}$ .

Ur detta diagram kan sedan diffusionskoefficienten beräknas genom insättning av samhörande värden ekv. (8). Diffusionskoefficienten kan även beräknas utgående från spårämnesfördelningens varians,  $\sigma_x^2$ , i  $x$ -led varvid gäller att

$$\frac{\partial \sigma_x^2}{\partial t} = 2 E_x \quad (9)$$

#### b) Kontinuerlig dosering

Då stationärt tillstånd uppnås vid kontinuerlig dosering av ett spårämne är  $\partial c / \partial t$  lika med noll. Om dessutom den advektiva transporten försummas och det diffusiva utbytet i huvudsak sker i en riktning beskrives transportförloppet genom varje tvärsnitt av följande ekvation:

$$q = - E_x \cdot A \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} \dots \dots \dots (10)$$

där A = den area genom vilket flödet sker

$E_x$  = diffusionskoefficienten i x-led

$\frac{\partial \bar{c}}{\partial x}$  = koncentrationsgradienten i x-led

q = den kontinuerligt tillförda mängden av spårämnet per tidsenhet

Ur ekv (8) kan diffusionskoefficienten lösas

$$E_x = - \frac{q}{A \frac{\partial \bar{c}}{\partial x}} \dots \dots \dots (11)$$

Här är q och A kända ur försöksförutsättningarna. Koncentrationsgradienten erhålles enklast genom att den uppmätta och för varje tvärsnitt beräknade medelkoncentrationen uppritas som funktion av x varpå lutningen på kurvans tangent bestämmes. Rodaminets avklingning kompenseras genom att q reduceras i varje snitt enligt avklingningsfunktionen. Aktuell flyttid uppskattas från försök med momentan dosering. Naturligtvis kan diffusionskoefficienten även bestämmas direkt ur ekvation (5) t ex med hjälp av differensräkning. Då existerar inte kravet på stationärt tillstånd.

### 3.5 Olika faktorerers inverkan på vattencirkulationen

Vattencirkulationen åstadkoms genom påverkan av yttre krafter. Dessa kan t ex vara täthetsvariationer (sötvattentillrinning), vind, varierande lufttryck och tidvatten. I en estuarie av Askimsvikens typ, med stor vattenvolym i förhållande till tidvattenvolymen ("tidal-prism" i engelsk litteratur), är tidvattenströmmarna av underordnad betydelse utom i Välen, där de torde svara för det huvudsakliga vattenutbytet.

I den klassiska tidal-prism metoden för beräkning av vattenutbytet i tidvattenestuarier antas att nytt vatten strömmar in vid flod och inblandas

fullständigt i estuarien. Vid ebb strömmar således det blandade vattnet i tidvattenvolymen plus den ackumulerade sötvattentillrinningen ut i havet medförande en del av de föroreningar som tillförts området. Det grundläggande antagandet om fullständig omblandning är emellertid felaktigt, varför försök att förbättra dessa teorier med uppdelning i segment, och antagandet om fullständig omblandning inom varje segment, har gjorts. Längden av ett segment definieras som den sträcka en vattenpartikel färdas under en halv tidvattencykel, tidvattenslängden  $L_T$ .

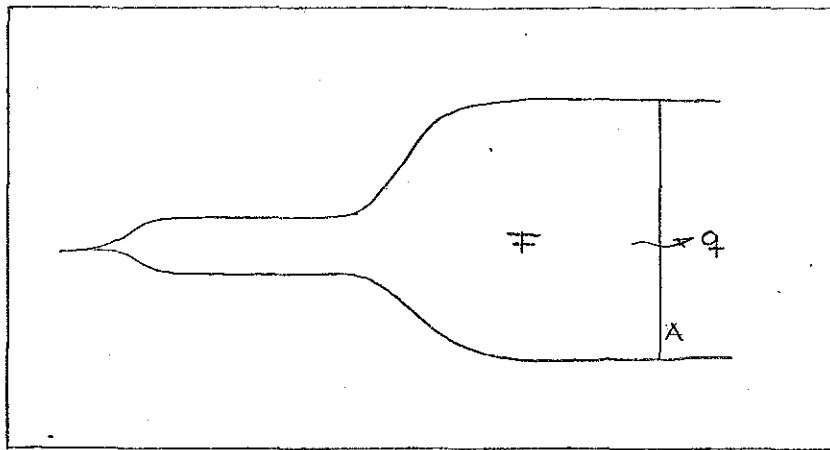


Fig. 8 Flödet  $q$  genom ett snitt A.

Om nettoflödet genom det i figur 8 markerade snittet A benämns  $q$  ges värdet på  $q$  av

$$q = - F \cdot \frac{dh}{dt} \quad \dots \quad (12)$$

där  $\frac{dh}{dt}$  är vattnets nivåändring per tidsenhet. Strömhastigheten genom A blir då:

$$v = \frac{q}{A} = \frac{F}{B \cdot H} \cdot \frac{dh}{dt} \quad \dots \quad (13)$$

B och H är bredd resp djup. F är den horisontella ytan innanför det betraktade snittet. Tidvattenslängden blir alltså:  $L_T = v \cdot T$ , där  $v$  är medelvärdet av  $v$  enl (13) under tiden T, en halv tidvattencykel, 6,2 tim.

Av det ovanstående framgår att ute i Askimsviken där  $B \cdot H$  är stort i förhållande till F är den tidvatteninducerade strömmen obetydlig, medan

det motsatta förhållandet råder i Välen. Den huvudsakliga vattentransporten ute i viken torde i stället vara orsakad av vindkrafter, språngskiktströrelser och sötvattentillrinning. Den av tidvattnet orsakade ström- hastigheten genom ett snitt tvärs viken ca 100 m S.Grimskär blir enligt ovan med:  $F = 1,5 \cdot 10^6 \text{ m}^2$

$$A = 2,25 \cdot 10^3 \text{ m}$$

$$\text{Tidvattenvariationen } \frac{dh}{dt} = \frac{0,30}{3600 \cdot 6} = 1,39 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$$

$$v = \frac{1,5 \cdot 10^6}{3,6 \cdot 10^3} \cdot 1,39 \cdot 10^{-5} = 5,8 \cdot 10^{-3} \text{ m/s} = 0,58 \text{ cm/s}$$

Transportsträckan  $L_T = 125 \text{ m}$

Motsvarande beräkning för ett snitt i Välen mynning ger:

$$F = 2,25 \cdot 10^{55} \text{ m}^2$$

$$A = 90 \text{ m}^2$$

$$\frac{dh}{dt} = 1,39 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$$

$$v = \frac{2,25 \cdot 10^5}{90} \cdot 1,39 \cdot 10^{-5} = 3,5 \cdot 10^{-2} \text{ m/s} = 35 \text{ cm/s}$$

Transportsträckan  $L_T = 755 \text{ m}$ .

Tidvattentransporten i Välen är alltså av avgörande betydelse för dess vattenutbyte. Transportsträckan är 6 ggr större inne i Välen än ute i Askimsviken och ungefär halva Välen längd.

Vinden orsakar p g a skjuvkrafter mellan luft och vatten en nettovatten- transport. De genererade vågorna ökar också den vertikala omblandning- en. Den av vinden orsakade ström- hastigheten är i ytan ungefär 2-3 % av vindhastigheten. På större djup uppträder kompensationsströmmar och man får på detta sätt en vertikal nettocirkulation som sträcker sig till några meters djup beroende på skiktningen. En, av vinden orsakad, upp- bromsning av ytvattenströmmen måste orsaka en motriktad returström i djupare skikt i enlighet med fig 9.

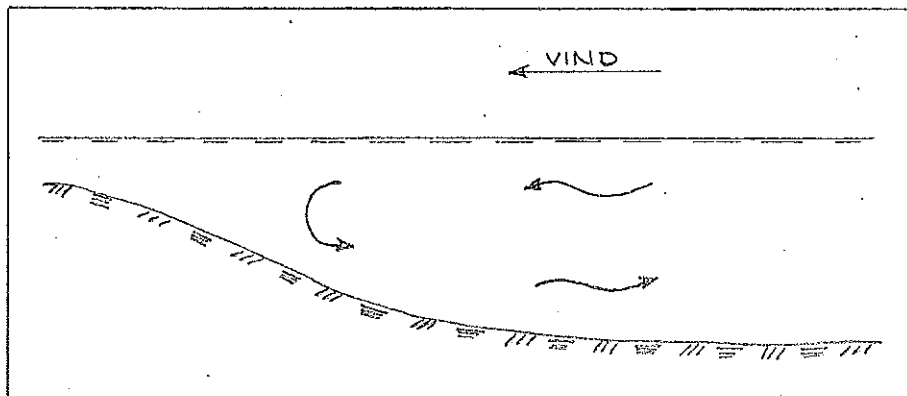


Fig. 9 Vindgenererad ström med returström

En modifierande effekt på vattnets cirkulation har corioliskraften orsakad av jordens rotation. Den åstadkommer en avlänkning av strömmen åt höger och kan ge upphov till en mötsols nettocirkulation i viken genom att strömmen blir starkast på högra sidan viken vid såväl in- som utström. Dess betydelse är emellertid svår att uppskatta och den ökar med estuariens storlek. Litteraturuppgifter ger inga klara besked beträffande storleksberoendet.

Inverkan av sötvattentillrinningen på vattenomsättningen i viken är mycket liten vid de små vattenföringar som råder på sommaren. I Välen är emellertid påverkan väsentlig. Vid måttliga vindstyrkor flyter stora Åns vatten i ett skikt med ett par dm tjocklek ovanpå det bräckta Kattegattvattnet. Detta skikt uppblandas snabbt vid Välen mynning utom vid stiltje då ett tunt utsötat (och samtidigt förorenat) ytvattensskikt tränger ut några hundra meter i viken.

Diffusionsteorin enligt kap 3 innefattar samtliga ovanstående effekter i diffusionskoefficienten vilken således kan förväntas variera avsevärt när den relativa storleken av olika påverkande krafter ändras.

#### 4. REDOVISNING AV MÄTDATA MED KOMMENTARER OCH BERÄKNINGAR

##### 4.1 Redovisningsmetoder

Under tidsperioden 14. 6. 1973 - 5. 7. 1973 utförde vi 3 momentana doseringar och ett längre kontinuerligt försök som gjordes mellan den 25. 6. 73 och 5. 7. 73. Under det första momentana försöket gjordes ej några registrerande mätningar medan det totalt gjordes 19 inmätningar för de övriga försöken. Doserings- och mättillfällena med antalet djupprofiler för de olika försöken är uppställda i tabell nedan.

TID	DOSERING	MÄTNING	DJUPPROF.	SID.
730614-1130	X			4.4
730614-1600		X	4	
730614-1900		X		BIL. 12-16
730615-1500		X	3	
730619-1100	X			4.5
730619-1500		X	3	
730619-1830		X	3	BIL. 18-25
730620-1100		X	4	
730620-1730		X	3	
730625-1530- -730703-1700	X (kont)			4.8
730627-1030		X		
730628-1200		X	3	
730628-1530		X	3	
730629-1130		X	1	
730629-1530		X	5	BIL. 26-60
730630-1100		X	4	
730630-1900		X	6	
730701-1400		X	11	
730702-1200		X	12	
730703-1130		X	16	
730704-1100		X	12	
730705-1130		X	5	

Resultatet från mätningarna är redovisat i form av spridningskartor och djupprofiler. För tolkningen nödvändiga vind- och vattenståndsupp-

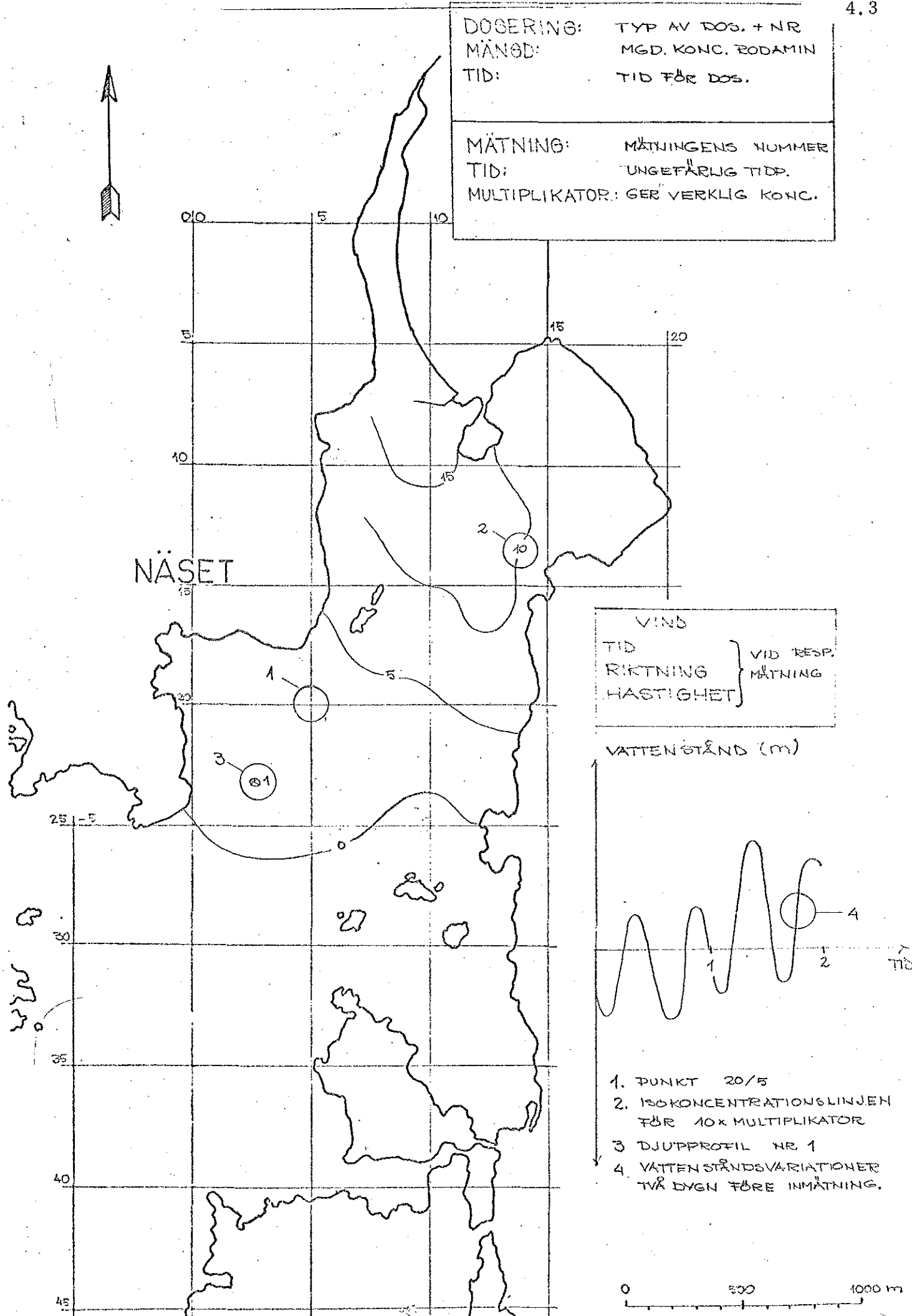
gifter m m redovisas delvis separat som basdata och är delvis angivna på respektive spridningskarta.

- a) Basdata: Vinduppgifter kontinuerligt registrerade vid Vinga flygplats av SMHI, bilaga 2-8. På dessa vindregistreringar är varje mättillfälle utmärkt med en pil. Uppgifter om lufftrycket, uppmätt vid Torslanda flygplats, återfinns i grafisk form på bilaga 1.
- b) Kartor över horisontell spridning.  
Principerna för redovisning av den horisontella spridningen framgår av figur 10. Angivna koordinater är redovisade i ordning S/Ö med origo placerat ca 800 m väster om Välens mittpunkt.

På kartorna redovisas uppmätta rodaminkoncentrationer på mellan 1-2 m djup. Aktuell volymkoncentration av rodaminet fås genom multiplikation av värdena på kartorna med i särskild ruta angiven multiplikator. De på kartorna angivna rodaminkoncentrationerna är korrigerade med hänsyn till fotokemisk avklingning, temperatur och den varierande bakgrundsnivån i viken. Djupprofiler har tagits i de med  $\otimes$  markerade punkterna. Redovisning av dessa följer omedelbart efter de aktuella spridningskartorna. De vattenståndsvariationer som redovisas har erhållits från pegeln omedelbart utanför Välens mynning. Nollnivån är en av oss, från pegelregistreringarna, uppskattad medelvattennivå. På kartorna från det kontinuerliga försöket har de närmast föregående två dygnens vattenstånd uppritats. Den vinduppgift som finns angiven på spridningskartorna är den aktuella vindriktning och styrka som rådde vid resp inmätning.

c) Djupprofiler (t ex bil. 13)

Dessa redovisar rodaminets spridning i vertikalled. Samma koncentrationskorrektioner som för a) har gjorts för dessa mätningar. Profilnumren hänför sig till den spridningskarta som redovisats för respektive mättillfälle. Koncentrationsmultiplikatorn finns angiven på abskissan vid varje djupprofil. På djupprofilerna har också redovisats temperatur- och salthaltsfördelningen i varje punkt. Deras respektive mätvärden anges på den undre gemensamma skalan på abskissan.



DOSERING: TYP AV DOS. + NR  
 MÄNÖD: MGD. KONC. RODAMIN  
 TID: TID FÖR DOS.  
 MÄTNING: MÄTNINGENS NUMMER  
 TID: UNGEFÄRLIG TIDP.  
 MULTIPLIKATOR: GER VERKLIG KONC.

VIND  
 TID  
 RIKTNING  
 HASTIGHET } VID RESP. MÄTNING

VATTENSTÄND (m)  
 TID

1. PUNKT 20/5
2. ISOKONCENTRATIONS LINJEN FÖR 10x MULTIPLIKATOR
3. DJUPPROFIL NR 1
4. VATTENSTÄNDSVARIATIONER TVÅ DAGN FÖRE INMÄTNING.

0 500 1000 m

Fig. 10 : Redovisning av rodaminmätningar — principskiss

#### 4.2 Momentan dosering 1

En momentan dosering utfördes den 8 juni 1973. Härvid doserades 2 l rodamin i ytan mitt i viken, koordinat (18/10). Denna gjordes huvudsakligen för att prova utrustningen och några registrerande mätningar gjordes ej. En erfarenhet som kan dras av provet är den stora betydelse vinden har för vattentransporten. I den sydvästliga vind som rådde vid doseringstillfället drev rodaminmolnet med god fart in mot Askims badplats och Hovås båthamn.

#### 4.3 Momentan dosering 2

Doseringstid:	73 06 14 kl 11.25 - 11.50
Rodaminmängd:	4 l
Initialkoncentration:	$4 \cdot 10^{-7}$

a) Dosering: Rodaminet doserades i Värens mynning inom det område som är utmärkt på bilaga 11 med inlagringstjockleken 1 m. Vinden var vid doseringstillfället rakt västlig med styrkan 14 m/s. Vattenståndet var vid doseringstillfället ovanligt högt, vilket torde bero på att den starka vinden, som dagen före hade varit sydlig, pressade in vatten i viken. Genom ett misstag doserade vi, då tidvattenströmmen vände till inåtgående. Trots att tidvattenströmmen nu var inåtgående syntes delar av rodaminmolnet driva åt SV mot Marholmen och sedan vidare mot Hovås hamn, i vindens riktning. Det visar att vid denna starka vind är den vindberoende ytströmmens hastighet större än tidvattenströmmen ute i viken.

b) Mätningar: Vid den första inmätningen kl 16.00,  $5\frac{1}{2}$  timma efter doseringstillfället, låg större delen av rodaminet inne i Välen men runt Grimskär fanns ett relativt stort område med jämn koncentration (se bil 12). Möjligen är denna rodaminmängd densamma som den som transporterades bort med vinden mot Hovås hamn innan resten av rodaminet p g a tidvattnet fördes in i Välen. Den skulle i så fall förts tillbaka till den västra stranden, mot vinden, med någon av vinden orsakad returström. Det är emellertid ett osäkert påstående. De övriga inmätningarna visar en snabb spridning av rodaminmolnet i större delen av viken och den slutsatsen kan dras att vattenomsättningen vid detta tillfälle var myc-

ket effektiv.

Denna extremt snabba omblandning orsakas förutom av den starka vinden av flera gynnsamma faktorer. Om vi betraktar djupprofilerna från den 15/6 ser vi att täthetsprofilens språngskikt har stigit från normala 9-10 m djup till endast 3 m djup. Detta innebär, om vikens medeldjup antas till 6 m, att 50 % av vikens vatten har utbyttts på mindre än ett dygn enbart på grund av saltvatteninträngningen. Hur ofta sådana här snabba omsättningar förekommer är omöjligt att säga utan en längre tids studie av förhållandena i viken. Dessutom har en snabb avsänkning av vattenytan skett mellan den 14/6 och 15/6 vilken enbart den har orsakat en betydande nettotransport utåt.

Vid inmätningen den 15/6 fanns praktiskt taget inget Rodamin kvar i viken förutom en del som, vid den snabba uttransporten, "fastnat" innanför Lilla Amundö... Att maximal koncentration uppträder här torde höra till ovanligheterna. Våra övriga försök visade snarare att det utsläppta rodaminet, och därmed avloppsvattnet, endast till ringa del spreds in i området innanför L. Amundö.

#### 4.4 Momentan dosering 3

Doseringstid:	73 06 19 kl 10.50 - 11.10
Rodaminmängd:	3 l
Initialkoncentration:	$3 \cdot 10^{-7}$

a) Dosering: Rodaminet doserades i Värens mynning inom det område som är utmärkt på bilaga 17. Doseringen gjordes mitt i tidvattencykeln, då vattnet var på väg utåt för att undvika att rodaminet skulle föras in i Välen. Trots att vinden var sydlig med styrkan 5 m/s vid doseringstillfället, drev rodaminmolnet även denna gång mot Marholmen. Vinden avtog dock i styrka under eftermiddagen och vred mot SV. Den vindgenererade ytströmmen var i detta fallet ej tillräckligt stor för att driva molnet inåt utan tidvattnet gav, här utanför Värens mynning, en resulterande ström utåt.

Rodaminet fortsatte inte vidare över mot östra stranden utan blev liggande kvar kring Marholmens stränder.

b) Mätningar: Rodaminet hade vid första inmätningen kl. 15.00 delat sig något och två skilda koncentrationstoppar kunde uppmätas med max. koncentrationen ca. 10 ggr lägre än beräknad initialkoncentration. Vi hade vid inmätningstillfället nått lägsta nivå i tidvattencykeln d. v. s. tidvattnet var på väg att vända till ingående ström.

Inmätning 2 utfördes 3. 1/2 timme senare kl. 18.30 och spridningsbild bil.20 visar att molnet flyttat sig något utåt trots att tidvattenströmmen gick inåt. Vinden har från doseringen avtagit till högst 1 m/s vid inmätningstillfället.

Första och andra dagen efter doseringen var rodaminmolnet spritt i ungefär halva viken med en jämnt avtagande koncentrationsgradient utåt i viken. Uttransporten skedde huvudsakligen längs västra stranden med en koncentrationstopp vid s.v. delen av viken medan östra sidan uppvisar lägre koncentrationer. Detta mönster indikerar en motsols nettocirkulation. I viken vid Askimsbadet uppmättes under hela försöket ej några nämnvärda koncentrationer. Djupprofilerna från den sista inmätningen indikerar även ett vertikalt cirkulationsmönster i det att rodamin i vissa punkter finns inlagrat från 2 m under ytan och ned till botten. En förklaring är att den västliga vinden driver in ytvatten längs östra sidan och pressar ned rodaminmolnet på några m djup i inre delen av viken. Det vindskyddade området vid Näset påverkas ej av denna ström.

Vindarna är under hela undersökningsperioden aldrig starkare än 6 m/s och västliga och östliga vindriktningar dominerar, se bilaga 4.

Utgående från resultaten av detta försök kan en grov överslagsberäkning av den endimensionella diffusionskoefficienten göras. Viken förutsättes därvid sluten i ett snitt genom  $x = 1100$  m (sydkomponent) där maximala koncentrationen vanligen uppträder. Därmed kan vi utnyttja den beräkningsmetodik som angivits i kap. 4.4 mom. a som förutsätter att  $\bar{u} = 0$ . Vi inför randvillkoret att det inte sker någon transport inåt i viken, vilket innebär att ekvation (8) är direkt applicerbar för en doseringsmängd motsvarande den dubbla verkliga. (ekvation (8) är uppställd för diffusion i två riktningar). Den diffusiva transporten tänkes

ske genom en area som har bredden 400 m och djupet 2,5 m. Medelkoncentrationen över denna area i snittet  $x = 1100$  bestämdes för de olika inmätningarna och dessa plottades i ett dubbellogaritmiskt diagram med samhörande värden på tiden  $t$  mätt från doseringstillfället.

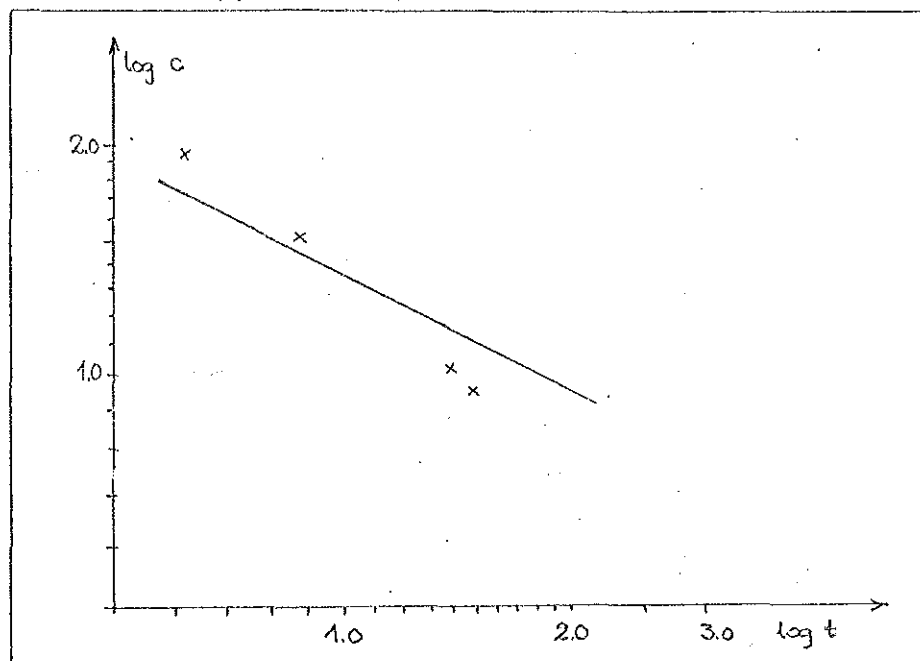


Fig 11  $\log c$  som funktion av  $\log t$  vid momentan dosering 3

Ur linjen fås de samhörande värdena:

$$\begin{array}{ll} \log c_{\max} = 1,35 & c_{\max} = 22,4 \cdot 10^{-10} \\ \log t = 1 & t = 10,0 \text{ h} \end{array}$$

Insättning i (8) ger

$$22,4 \cdot 10^{-10} \cdot 10^3 = \frac{6 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{4\pi \cdot E_x \cdot 10}}$$

$$22,4 \cdot 10^{-4} \cdot \sqrt{E_x} = 0,536$$

$$\sqrt{E_x} = 2,39 \cdot 10^2$$

slutligen erhålles  $E_x = 57200 \text{ m}^2/\text{h} = 15,9 \text{ m}^2/\text{s}$

Att de erhållna mätvärdenas sammanbindningslinje inte har den teoretiskt korrekta lutningskoefficienten  $-1/2$  kan bero på flera orsaker. Rodaminet skall vid tiden  $t = 0$  vara jämnt fördelat i en oändligt tunn "skiva" över hela spridningsarean. Det är av lätt förståeliga skäl omöjligt att praktiskt åstadkomma. Dessutom lär diffusionen i vårt fall även ha skett i djup och sidled, vilket har en stor betydelse för resultatets exakthet.

För att i någon mån kontrollera inmättningsresultatet har den vid varje mättillfälle inmätta mängden rodamin beräknats genom planimetrering av delareor på spridningskartorna och multiplikation med respektive koncentration och ett karaktäristiskt djup.

Resultat:

Mätning 1	3,7 l (> 3 l)
Mätning 2	2,0 l
Mätning 3	2,7 l
Mätning 4	1,8 l

Resultatet kan anses tämligen rimligt fränsett den första inmätningen då beräknad mängd rodamin är större än den utsläppta. Då vi endast hade 3 djupprofiler per mätning blir de beräknade mängderna något osäkra. En trolig felmarginal, på grund av otillräcklig kännedom om spridningsdjup är upp till 30 % av korrekt värde.

#### 4.5 Kontinuerlig dosering

Doseringen skedde i utgående avloppsvatten från Nässets reningsverk. De registrerade spridningsbilderna visar alltså den verkliga spridningen av konservativa komponenter i avloppsvattnet. Doserad mängd rodamin finns angiven i tabell på sidan 2.14. Orsaken till att vi ökade den doserade mängden under försökets förlopp var att vi inte lyckades uppnå tillräcklig koncentration för att kunna mäta i hela viken med den lägre doseringen.

Vid inmätning 1, 43 tim efter doseringens början har rodaminfronten just nått ut ur Välen. Den rådande vattenföringen i Stora Ån  $0,28 \text{ m}^3/\text{s}$ , kan antas vara omkring lägsta medelvattenföring, varför den längsta uppehållstid man kan räkna med för avloppsvattnet i Stora Ån och Välen är ca två dygn.

Inmätning 2 och 3 ett dygn senare visar att den huvudsakliga uttransporten sker längs den västra stranden, liksom vid det tredje momentana doseringstillfället. Den andra och tredje inmätningen uppvisar en ansamling av rodamin mellan västra stranden och Grimskär (skären rakt söder Välen mynning). Dessutom kan noteras att den vind som varat 12 tim före inmätning 2, västlig ungefär  $3 \text{ m/s}$ , inte varit tillräckligt stark för att driva rodaminet över till den östra stranden. De biologiska undersökningarna av bl a benthosalgerna i Askimsviken indikerar en utströmning längs den västra stranden i likhet med vad som skett vid mätning 2 och 3. En annan iakttagelse från mätning 2 är, att Välen fungerar som ett magasin där avloppsvattnet samlas upp för att i takt med tidvattnet pumpas ut i Askimsviken. Pumpeffekten kan också vara betingat av den vindkantring som sker från SO till V och NV under dygnet.

Den 29/6 och 30/6 har uttransporten ur viken stoppats upp och koncentrationsmaximum genom samverkan av kraftig SV-vind och vattenståndshöjning kunnat flytta sig till viken vid Askimsviken. De högsta koncentrationerna erhålles dock strax SO om Marholmen där det även sker ackumulation av utsläppet genom Välen. Vinden är under dessa två dygn stadigt sydvästlig med vindstyrkor upp till  $10 \text{ m/s}$  (se bilaga 7, vindregistrering). I vattenståndskurvorna syns också att medelvattennivån stadigt höjs den 29/6 för att åter sänkas något den 30/6 då vinden avtar en aning i styrka. Lufttrycket, som är stadigt stigande under den aktuella perioden, tycks ej ha någon inverkan på vattennivån.

Djupprofil 1 kl 12.05 i yttre delen av viken den 29/6 visar svaga spår av rodamin i bottenvattnet vilket tyder på att rodamin transporterat utåt i viken av en returström längs botten. Intressant är också att studera förhållandena kl 16.00 samma dag. Alla djupprofilerna är då tagna långt inne i viken och visar att vattnet, troligen på grund av den starka vinden, är mycket väl omblandat ända ned till botten till skillnad mot tidigare försök,

då rodaminet transporterats utåt endast inlagrat med till 3-4 m djup. Ett ytterligare exempel på returström vid botten ger mätningen den 30/6 kl. 19.00, där rodamin i ytvattnet endast återfinns i vikens inre del. Returströmmen kan spåras i djupprofil 3 och 4 (tagna i Askimsvikens mynning). Att märka därvid är att inga spår av rodamin finns i profilerna 1 och 2. Returströmmen följer tydligen den västra stranden.

Inmätningen den 1/7 uppvisar ett fenomen som vi inte tidigare stött på i denna omfattning. Hela viken har, frånsett ett område längst in i viken vid västra stranden, täckts av lättare vatten som pressat ner rodaminet till botten. Exakt vad som orsakat inströmningen av detta lättare vatten är svårt att ange. Det finns flera möjligheter. Vinden är fortfarande sydvästlig eller sydlig och tämligen svag, 2-4 m/s, och den kan ha orsakat en kraftig inströmning av utsötat ytvatten från utanför liggande områden. Salthalten i ytan har dels en gradient med stigande salthalt inåt i viken och har dels lägre genomsnittsvärde än dagen innan. Troligen har utströmningen från Göta Älv avlänkats söderut så kraftigt att en gravitationell inströmning i Askimsviken blivit möjlig. Klart är att lättare vatten har pressat ner avloppsvattnet på djupet och att dess uttransport ur Askimsviken sker över hela bredden frånsett allra längst österut (djupprofil 9 den 1/7 visar inga spår av rodamin).

I och med att vinden vridit till nordostlig och vattenståndet i Askimsviken sjunkit med i storleksordningen 1 dm under natten mellan den 1/7 och 2/7 ger inmätning från den 2/7 en helt annan utbredning av rodaminet i ytvattnet än föregående dag. Det är tydligt att vattnet i viken antingen omblandats väl eller att ytvattnet ånyo strömmat ut ur viken under natten.

Fr. o. m. den 2/7 t. o. m. den 4/7 är förhållandena i viken ganska stabila, och vi kan anta vi uppnått ett för denna väderlekstyp tämligen stationärt tillstånd. Rodaminet sprids under dessa dagar på likartat sätt i viken fördelat över hela bredden med en tämligen jämnt avtagande koncentrationsgradient utåt i viken. Rodaminets fördelning tvärs viken varierar med vinden, jfr spridningen 3/7 och 4/7, men fördelningen i längsled är i det närmaste stationär.

Inmätning den 5/7 visar de sista resterna av rodaminet på väg ut ur viken. Högre rodamin-koncentrationer återfinns utanför Grimskär och utåt i viken (c:a  $6 \cdot 10^{-10}$ ).

Under hela det kontinuerliga försöket var vädret klart och det rådde svaga vindar speciellt från den 1/7 då vinden ej översteg 6 m/s mer än några få timmar natten mellan den 3/7 och 4/7. Vindkänsligheten är stor och vindkantringar påverkar omedelbart spridningsmönstret i viken. Den 29/6 och 30/6 råder stadiga sydvästliga vindar och höga rodamin-koncentrationer uppnås utanför mynningen till viken vid Askim-badet. Inmätning den 30/6 kl. 11.00 ger t. ex. en koncentrationsnivå på mer än  $50 \times 10^{-10}$  motsvarande en utspädning av avloppsvattnet på ca. 120 ggr (medelavloppsvattenföringen antages till  $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ , se vidare nedan). Ytterligare exempel på vindkänsligheten ger mätningarna den 3/7 och 4/7. Den 3/7 är vinden sydlig till sydsydostlig hela dygnet och rodamin-koncentrationen är jämnt avtagande utåt i viken. Rodaminet är även jämnt fördelat över vikens bredd. Natten till den 4/7 vrider vinden till västlig och inmätningen denna dag visar att rodaminet märkbart driver över mot östra sidan av viken, trots att inte några större vindstyrkor uppnås.

Som ovan nämnts råder fr. o. m. den 2/7 t. o. m. den 4/7 ganska stabila förhållanden i viken och vi kan antaga att tämligen stationärt tillstånd för denna väderlekstyp uppnåtts. Detta återspeglas av att totalmängden rodamin i viken är konstant inom mätnoggrannheten.

DATUM	MGD. INMÄTT RODAMIN (L)
2/7	14.2
3/7	17.5
4/7	14.1

Rodaminets fördelning tvärs viken varierar med vinden, jfr spridningen 3/7 och 4/7, men fördelningen i längsled är i det närmaste stationär. Rodaminet är relativt väl inblandat ner till 4 m djup för att därunder nästan helt saknas, se fig. 11. Detta innebär att man med relativt god approximation kan anta att all uttransport sker i det översta 4 m tjocka skiktet.

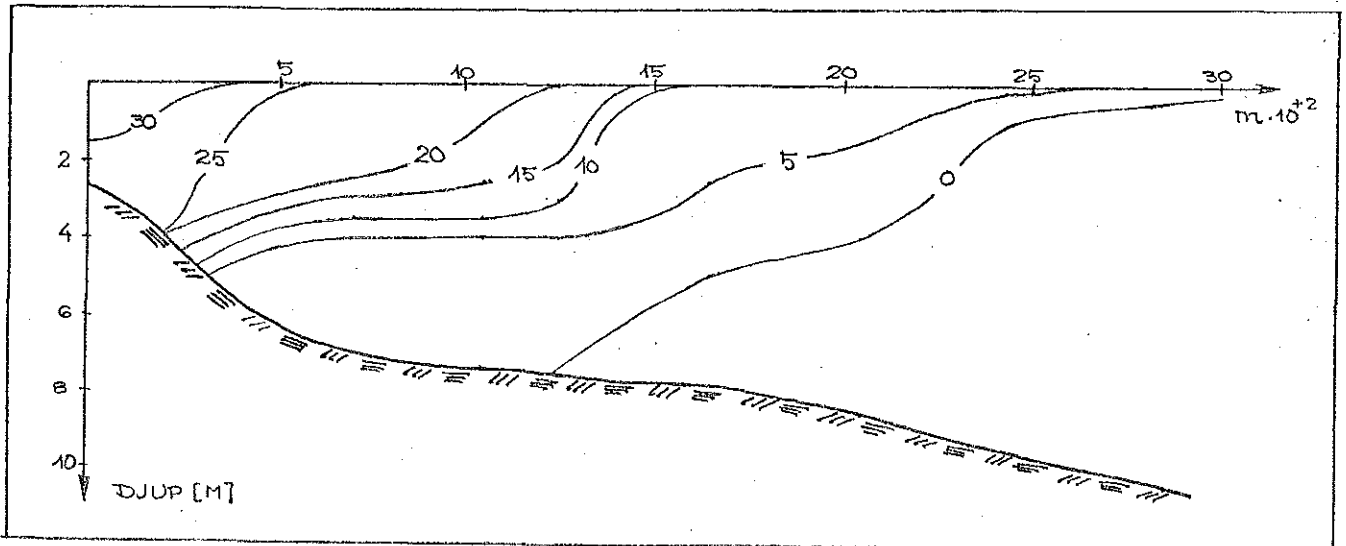


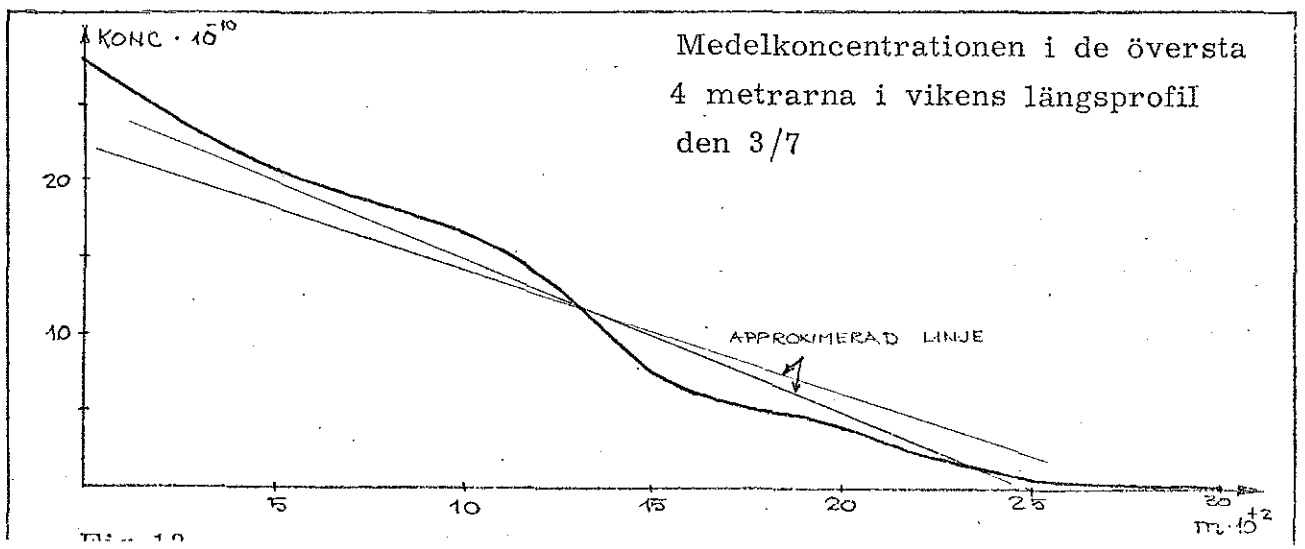
Fig 12: Medelkoncentrationen tvärs viken i en längsprofil, som funktion av djupet den 3/7.

Dessa förhållanden gör att den endimensionella diffusionsmodellen är applicerbar och vi kan bestämma diffusionskoefficientens storlek utgående från uppmätta gradienter i vikens längsriktning av medelkoncentrationen tvärs fjorden samt det utsläppta spårämnesflödet m. h. a. ekv. 10. Antagandet att stationärt tillstånd verkligen inträtt är emellertid så osäkert att endast beräkning av ett grovt medelvärde för hela viken torde ha någon relevans.

Följande parametervärden utnyttjas vid beräkningen

Medverkande tvärsnittsarea	$A = 4 \times 700 = 2800 \text{ m}^2$
Spårämnesflöde	$q = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dygn}$
Gradient	$\frac{d\bar{c}}{dx} = 0,8 \approx 1,0 \cdot 10^{-12}$

Koncentrationsgradienten har erhållits ur fig. 13 som är uppritad för samma tillfälle som ovanstående figur.



Två linjer är inlagda i fig. 13 vilka båda approximerar den verkliga linjen. Beräkningen utföres för båda gradienterna.

Ekv. (10) ger:  $\text{med } \frac{d\bar{c}}{dx} = 0,8 \cdot 10^{-12}$

$$5 \cdot 10^{-3} = E_x \cdot 2800 \cdot 0,8 \cdot 10^{-12} \cdot 24 \cdot 3600$$

$$E_x = 25,8 \text{ m}^2/\text{s}$$

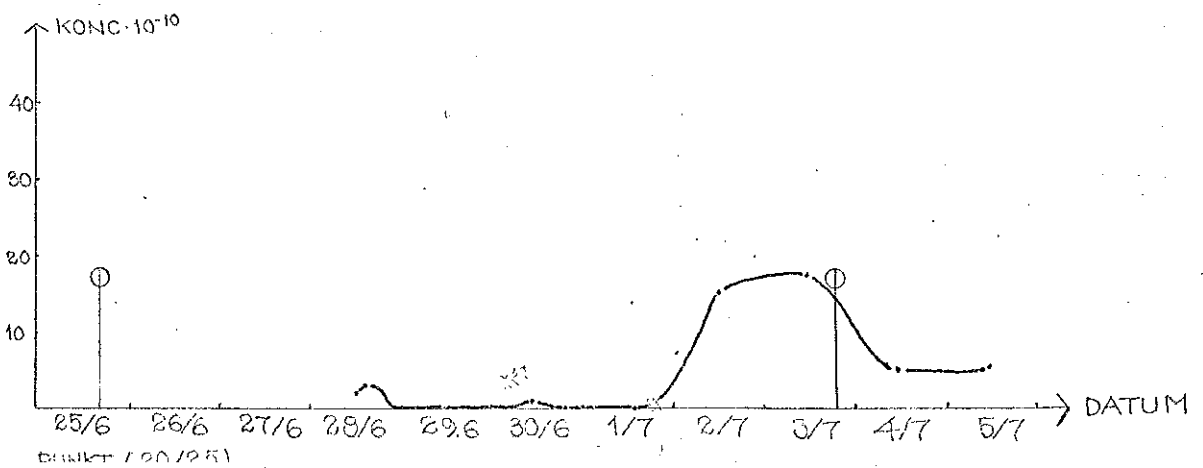
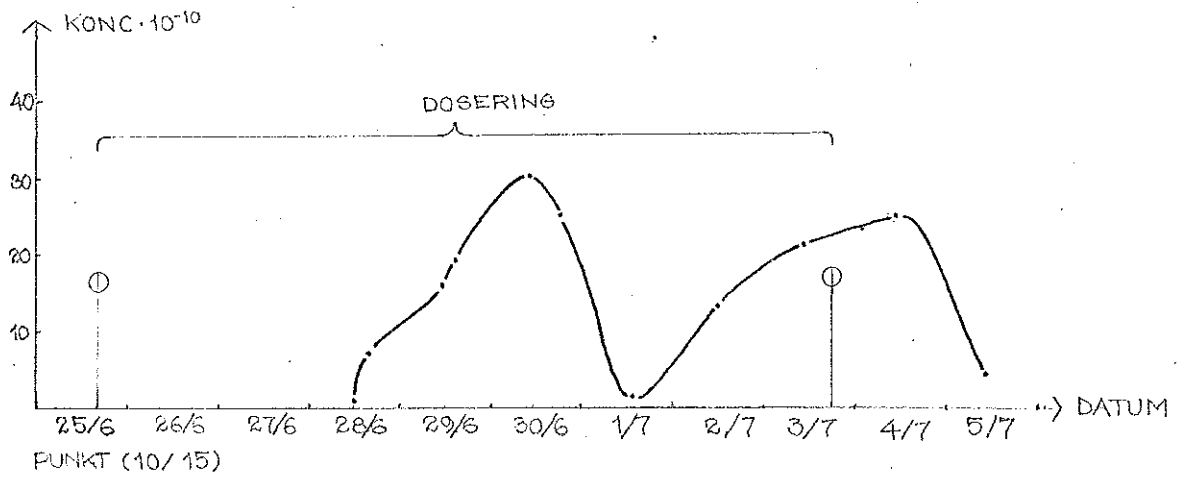
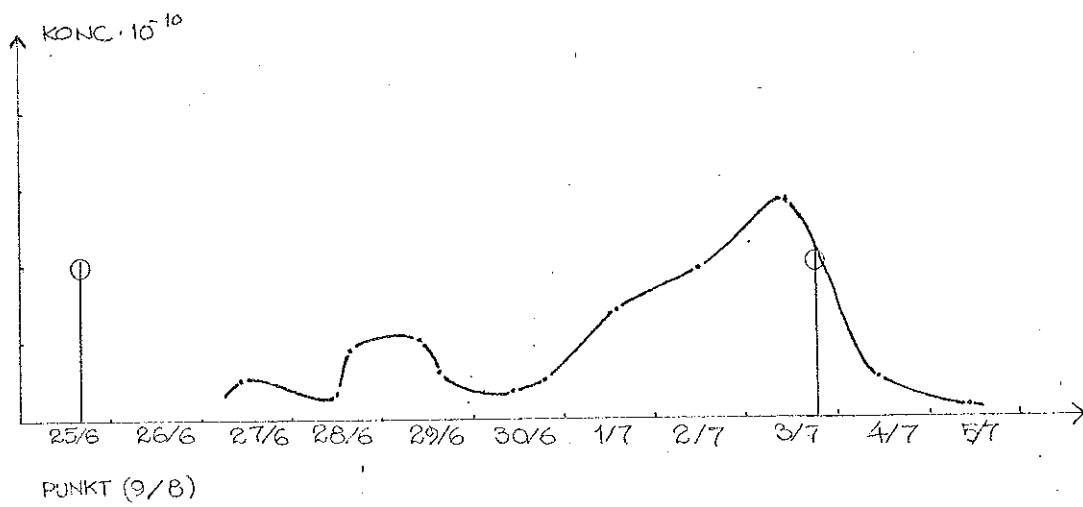
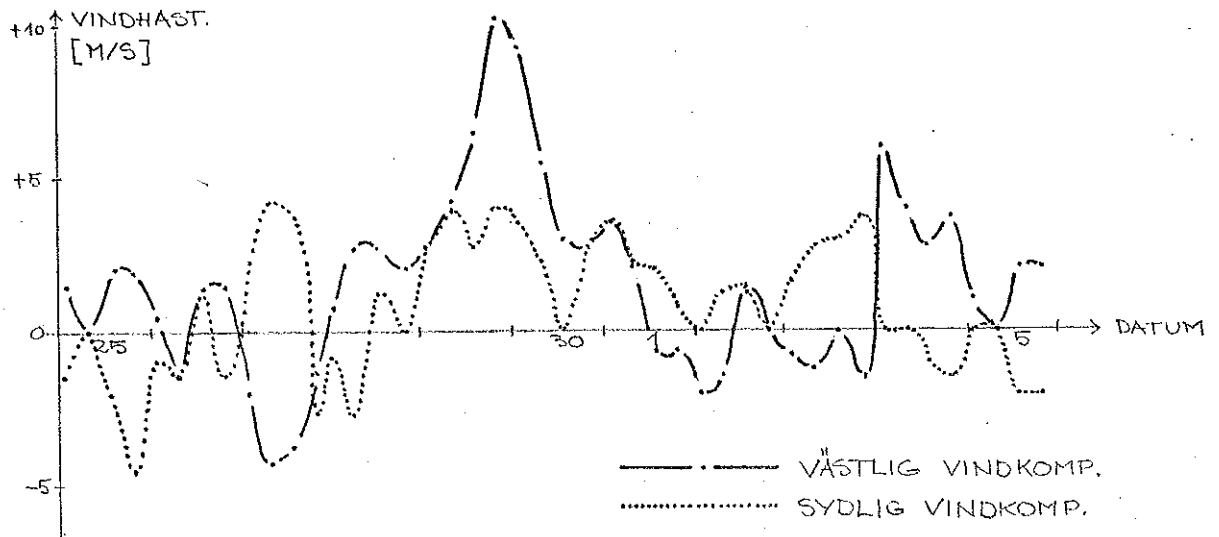
och  $\frac{d\bar{c}}{dx} = 10^{-12}$

$$5 \cdot 10^{-3} = E_x \cdot 2800 \cdot 10^{-12} \cdot 24 \cdot 3600$$

$$E_x = 20,7 \text{ m}^2/\text{s}$$

För att närmare kunna studera tidsförloppet för hela försöket har rodaminkoncentrationerna i punkterna (9/8), (10/15) och (20/2,5) uppritats som funktion av tiden, fig. 14

Fig. 14: Rodaminkoncentrationens variation i tre punkter under det kontinuerliga försöket korrelerat med vinden.



Punkt (10/15) ligger strax utanför Askimsbadet och ca. tre dygn efter doseringens början når den förstra rodaminfronten fram dit. Under den 29/6 och 30/6 byggs som tidigare angivits höga rodaminkoncentrationer upp som en följd av att det under denna tid råder kraftiga sydvästliga vindar. Märk därvid att i punkt (9/8) just utanför Björilahamnen, vid västra stranden, är koncentrationen under samma tidsrymd mycket måttlig. Inte förrän den 1/7 - 3/7, då vinden börjar få en ostlig komponent, uppnås några högre rodaminkoncentrationer vid Björilahamnen. Samma är förhållandet vid Näsetbadet (punkt.20/2.5) där större mängder rodamin inte påträffats förrän den 2/7 och 3/7 då vinden övergått till sydostlig.

Sambandet mellan rodaminkoncentrationen och avloppsvattenutspädningen kan inte exakt beräknas då den verkliga avloppsvattenföringen under vår försöksserie är okänd. Medelavloppsvattenföringen över dygnet har emellertid antagits vara ca.  $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$  vilket gör att koncentrationen av avloppsvatten i viken blir som  $1,7 \cdot 10^6$  ggr koncentrationen rodamin vid kontinuerlig spårämnesdosering om 5 l/dygn. För att exemplifiera vilka utspädningar det är frågan om kan vi betrakta den maximala koncentration som uppmättes i punkt 10/15 d. v. s. ca. 300 m utanför Askimsbadet

$$\text{Maximal rodaminkoncentration : } C_R = 30 \cdot 10^{-10}$$

$$\text{Motsvarande avloppsvattenkonc.: } C_A = 51 \cdot 10^{-4}$$

$$\text{Avloppsvattnets utspädning: } \frac{1}{C_A} = 196 \text{ ggr}$$

#### 4.6 Sammanfattning och diskussion av beräkningsresultat

Försöken visar att ett tillfört spårämne fördelar sig relativt jämnt över Askimsvikens hela bredd och på djupet ned till en täthetsbarriär vanligen belägen på ca. 4 m djup eller ned till botten. Detta innebär att förutsättningarna för en endimensionell diffusionsmodell av vattenomsättningen i viken grovt är uppfyllda.

Diffusionskoefficienten har överslagsmässigt bestämts för vikens inre del under det tredje momentana försöket. Under det kontinuerliga försökets senare del, då stationärt tillstånd antogs ha inträtt, bestämdes en medeldiffusionskoefficient för hela viken.

Beräkning av de inmätta rodaminmängderna utfördes också för de ovan angivna försöken. Detta gjordes dels för att få en kontroll av att de inmätta mängderna motsvarade de doserade mängderna, dels, detta gäller det kontinuerliga försöket, för att få en indikation på att stationära förhållanden någorlunda uppnåtts.

De erhållna resultaten redovisas i tabell nedan

Doseringstyp: Mom 3    Doseringstillfälle: 730619-1100    Doserad mängd: 3 l

Mätning nr	Inmätt mängd	Diffusionskoefficient	Anmärkning
1	( 3,7 l > 3 l )	$E_x = 15,9 \text{ m}^2/\text{s}$	I inre delen av viken
2	2,0 l		
3	2,7 l		
4	1,8 l		

Doseringstyp: Kontinuerlig    730625-1530 — 730705-1130

Mätning nr	Inmätt mängd	Diffusionskoefficient	Anmärkning
9	14,2 l	$E_x = 20,7 \text{ m}^2/\text{s}$ $E_x = 25,8 \text{ m}^2/\text{s}$	Medeldiff. koefficient för hela viken
10	17,5 l		
11	14,1 l		

Värdet på diffusionskoefficienten i inre delen av viken för det tredje momentana försöket är något lägre än motsvarande från det kontinuerliga försöket. I det senare fallet fås som ett medelvärde i hela Askimsviken  $20,7 \text{ m}^2/\text{s}$  resp.  $25,8 \text{ m}^2/\text{s}$  (beror på den valda lutningen hos koncentrationsgradienten, se fig. 12 och kap. 5.5).

Det är naturligt att diffusionskoefficienten är lägre inne i viken där allting sker i mindre skala. Dels är den genomströmmade arean mindre och dels är strömmarna av kontinuitetsskäl svagare än längre ut i viken. Allt detta medför att vattenutbytet orsakad av turbulent diffusion blir lägre långt inne i viken än längre ut. Som jämförelse kan nämnas att ett överslagsvärde på diffusionskoefficienten i Byfjorden på liknande sätt bestämts till  $24 \text{ m}^2/\text{s}$  6

#### 4.7 Diffusionsmodellens tillämpbarhet.

För att en endimensionell diffusionsmodell skall gälla måste spridningen i sid- och djupled ske betydligt snabbare än i vikens längsled. Studier av spridningsbilder och djupprofiler kan visa hur väl den valda modellen överensstämmer med de verkliga förhållandena.

Det tredje momentana försöket ger en uppfattning om den vertikala spridningshastigheten i jämförelse med den longitudinella. Doseringen gjordes ned till 1 m djup och redan vid den första mätningen 4 tim efter doseringen hade rodaminet spritt sig ned till 2-3 m. Inmätningen 1 dygn efter doseringen visar att rodaminet är spritt ned till 4 m. Den vertikala spridningen sker alltså betydligt snabbare än den longitudinella relativt sett. Spridningen i sidled går också fort i jämförelse med spridningen i längsled. Betraktar man spridningskartorna från det kontinuerliga försöket ser man att iso-koncentrationslinjerna oftast delar viken med svagt böjda linjer tvärs över viken d. v. s. rodaminet sprider sig snabbt i sidled, så att transporten i längsled sker likformigt över viken. I yttre delen av viken är dock, vid vissa tillfällen koncentrationsfördelningen sned, med högre koncentration på den västra sidan p. g. a. en motsols nettocirkulation i viken.

Vid slutet av det kontinuerliga försöket är rodaminet väl inblandat ned till 4 m djup medan det i stort sett saknas därunder. Orsaken till detta kan vara att ett svagt språngskikt utbildats beroende på temperatur- och salthaltsvariationer i vattnet. Den vertikala diffusionen förmår inte tränga igenom detta svaga språngskikt. En annan förklaring kan vara att den vertikala diffusionen på en viss nivå uppvägs av en uppåtriktad transportkomponent, utbildad av en inåtgående kompensationsström vid botten. Vid starkare vindar än som rådde under försöken slås emellertid ett dylikt språngskikt sönder, vilket medför att den genomströmmade arean ökar och därmed troligen även diffusionskoefficienten. Vid beräkning av diffusionskoefficienten har viken antagits ha konstant bredd vilket kan anses rimligt. Om man nämligen studerar spridningsbilderna ser man att rodaminet sprider sig tvärs över vikens huvudmassa på tämligen konstant bredd. Viken vid Askimsbadet och området innanför L. Amundön är därvid undantagna. Den antagna modellen med endimensionell diffusion kan därför anses som en god approximation för spridningsförloppet av konservativa ämnen i Askimsviken.

#### 4.8 Felanalys

Alla de beräkningar som göres i en undersökning av denna typ är behäftade med stora osäkerheter. Det är betydelsefullt att känna till dessa för att rätt kunna tolka och värdera de resultat som erhålles. Vilka typer av felkällor förekommer då? En grovindelning kan här göras i "mätfel" och "beräkningsfel" där mätfel avser de felkällor som förekommer under fältmätningsskedet d. v. s. då rådata insamlas. Med beräkningsfel menas de antaganden och approximationer som göres vid utvärderingen av rådatan.

Mätfelen kan vidare delas upp i instrumentfel och inmätningfel:

Instrumentfel:	Kalibrering av fluorometer, skrivare och salinometer Nollställning av fluorometer o. skrivare Elkraftsinställning 220 V 50 Hz vx ström Igensättning av kyvett Uppvärmning av fluorometer Pappersmatningshastighet
Inmätningfel:	Positionsfel (genomförd rutt, avläsning handkompass) Djupfel Tidsfel Molnets transport under inmätningstiden Avläsningsfel

Vid rodaminmätningar kan följande beräkningsfel eller sekundära felkällor uppträda:

Avklingningskoefficient  
Avklingningstid  
Adsorption av spårämnet  
Bakgrundsnivå  
Integreringsfel

Kalibrering: Vid blandning av kalibreringslösningen uppkommer ett fel. Tillsammans med avläsningsfel vid kalibreringen kan det totala felet, i sämsta fall, antas uppgå till 5 %. Ett kalibreringsfel i salinometern påverkar inte bedömningen av täthetsprofilen då felet är konstant över hela

skalan. Kalibreringsfel i fluorometern och skrivare påverkar mest beräkning av inmätt mängd rodamin.

#### Nollställning av fluorometer och skrivare:

Det fel som kan uppkomma torde vara av storleksordningen 0,5 % i bägge instrumenten. Det totala felet är alltså maximalt lika med 1 %.

#### Elkraftsvariationer

Spänningsvariationer inom 10 % och frekvensvariationer på mindre än ca. 3 Hz påverkar inte resultatet. Vi har vid våra mätningar hållit oss inom dessa gränser.

#### Igensättning av kyvett

Fluorometers utslag kan bli avsevärt för litet om partiklar avsätts på kyvetten. Det är emellertid mycket svårt att konstatera om detta skett. Genomströmningskyvetten skall därför rengöras med jämna mellanrum. Inget i våra mätningar tyder på något fel av denna anledning.

#### Uppvärmning av fluorometer

Eftersom alla våra mätningar utfördes med fluorometern väl uppvärmd är detta fel inte aktuellt i vårt fall. Användes fluorometern innan den är tillräckligt uppvärmd torde felet uppgå till ett par skalenheter.

#### Pappersmatningshastighet

Skrivarens absoluta hastighet påverkar ej uppritningen av spridningsfördelningen eftersom vi på skrivarremsorna markerat start och slutpunkt för varje rutt. Rutterna går också mellan väl bestämda ändpunkter.

Däremot kan variationer i matningshastigheten inom varje rutt inverka på spridningsmönstrets utseende. Om vi utgår från att felet i matningshastigheten uppgår till ca. 2 % ligger felet inom mätnoggrannheten.

#### Positionsfel

Vid paravanmätningar är det rimligt att en avvikelse av maximalt 100 m från korrekt position kan uppkomma p. g. a. båtens vindavdrift, störande båttrafik m. m. Detta innebär att positionsfelet är 4 % relaterat till vikens längd. Vid positionsbestämning med handkompass kan felet antas bli något större ca. 150 m p. g. a. tidigare nämnda problem med kompassen.

Djupfel:

Felet kan uppgå till + 2 dm. Orsakerna till detta kan vara onoggrann längdmärkning av djupprofil-slangen eller inexact nedsänkning p. g. a. vågrörelser. Detta innebär huvudsakligen att fel resultat fås vid beräkning av inmätt mängd rodamin.

Tidsfel och molnets transport under inmätningstiden

Felet vid korrigering för vattnets gångtid mellan paravan och fluorometer är mindre än 5 sek. Detta motsvarar en förflyttning av båten ca. 10 m, vilket i vårt fall är försumbart. Molnets transport under inmätningstiden var maximalt 200 m. Spridningsbilderna har dock korrigerats för detta med hjälp av längsprofiler före och efter inmätningen.

Avläsning

Vid avläsning av skrivarremsan är noggrannheten 0,5 %.

Avklingningskoefficienten

Då vårt avklingningsprov endast omfattar fyra avläsningstillfällen förefinnes stora osäkerheter i avklingningskoefficienten. Felet torde dock maximalt uppgå till 25 %. Detta innebär att den korrigerade rodamin-koncentrationen, t. ex. i mitten av viken (uppehållstid 3.1/2 dygn), också kan variera upp till 25 %.

Avklingningstid

Ett fel i antagen uppehållstid ger upphov till ett fel i fotokemisk avklingning. Med den avklingningsfaktor vi har använt ger en felbedömning av uppehållstiden med 1 dygn, ett fel på 20 %. Detta medför, i likhet med fel i avklingningskoefficienten, att rodaminkoncentrationens absolutvärde blir felaktigt.

Adsorption av spårämne

Adsorption på partiklar i vattnet torde vara försumbar.

Bakgrundsnivå

Vikens bakgrundsfluorescens är liten men kan variera beroende på ut-

släpp, algblomningar m.m. Vid låga koncentrationer i närheten av den uppmätta bakgrundsfluorescensen kan felet få stor procentuell inverkan. Felet kan bedömas uppgå till  $\pm 0,5$  enheter.

#### Integreringsfel

Vid beräkning av inmätta rodaminmängder användes modeller med språngvisa koncentrationsökningar. Felet minskar vid finare indelning av koncentrationskurvorna och påverkar endast beräkningarna av inmätt rodaminmängd.

#### Felet i diffusionskoefficienten

Vid det kontinuerliga försöket har diffusionskoefficienten beräknats ur ekvation (8). Löses  $E_x$  explicit fås i differensform:

$$E_x = \frac{Q}{A \frac{c}{x}}$$

Denna formel gäller för idealiserade förhållanden men felet i den matematiska modellen skall inte betraktas här. Oriktiga ingångsdata leder till ett fel i  $E = \Delta E$ .

$$\Delta E = \frac{\partial E}{\partial Q} \cdot \Delta Q + \frac{\partial E}{\partial A} \cdot \Delta A + \frac{\partial E \Delta \Delta C}{\partial \Delta C} + \frac{\partial E}{\partial \Delta X} \cdot \Delta \Delta X$$

där

$$\frac{\partial E}{\partial Q} = \frac{1}{A \cdot \frac{\Delta C}{\Delta X}}$$

$$\frac{\partial E}{\partial A} = -\frac{Q}{A^2 \frac{\Delta C}{\Delta X}}$$

$$\frac{\partial E}{\partial \Delta C} = -\frac{Q \cdot \Delta X}{A \Delta C^2}$$

$$\frac{\partial E}{\partial \Delta X} = \frac{Q}{A \Delta C}$$

och

$\Delta Q$  = uppskattat fel i spårämnesflödet

$\Delta A$  = " " i tvärsnittsarean

$\Delta \Delta C = \Delta (C_{II} - C_I)$  uppskattat fel i koncentrationsdifferensen mellan snitt II och I

$\Delta \Delta X = \Delta (X_{II} - X_I)$  uppskattat fel i snittens inbördes avstånd

Vid bestämning av  $\Delta\Delta C$  inverkar följande ovannämnda fel: Avläsning och uppehållstid. Ett halvt dygns fel i transporttid mellan punkt I och II ger en avvikelse på 13 %. För  $\frac{d\bar{c}}{dx} = 0,8 \cdot 10^{-12}$  erhålles (se fig. 12)

$$\text{Alltså: } \Delta(C_{II} - C_I) = (0,01 + 0,13) \cdot (22-0) \cdot 10^{-10} = 3,1 \cdot 10^{-10}$$

Vid bestämning av  $\Delta\Delta X$  inverkar endast positionsfel.

$$\Delta(X_{II} - X_I) = 0,08 \cdot (27,5-0) \cdot 10^2 = 2,2 \cdot 10^2 \text{ m} = 220 \text{ m}$$

För övrigt uppskattas:

$$\Delta Q = 1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{d} = \frac{1 \cdot 10^{-4}}{8,63 \cdot 10^4} = 1,16 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\Delta A = 400 \text{ m}^2$$

Insättning i ekvationen ger:

$$\Delta E = \frac{1,16 \cdot 10^{-9}}{2,8 \cdot 10^3 \cdot 0,8 \cdot 10^{-12}} + \frac{0,58 \cdot 10^{-7} \cdot 4 \cdot 10^2}{2,8^2 \cdot 10^6 \cdot 0,8 \cdot 10^{-12}} +$$

$$\frac{0,58 \cdot 10^{-7} \cdot 2,76 \cdot 10^3 \cdot 3,1 \cdot 10^{-10}}{2,8 \cdot 10^3 \cdot 2,2^2 \cdot 10^{-18}} + \frac{0,58 \cdot 10^{-7} \cdot 2,2 \cdot 10^2}{2,8 \cdot 10^3 \cdot 2,2 \cdot 10^{-9}}$$

$$\Delta E = 0,52 + 3,70 + 3,66 + 2,07 = 9,95 \text{ m}^2/\text{s}$$

För  $\frac{d\bar{c}}{dx} = 10^{-12}$  erhålles

$$\Delta(C_{II} - C_I) = (0,01 + 0,13) \cdot (25-0) \cdot 10^{-10} = 3,5 \cdot 10^{-10}$$

$$\Delta(X_{II} - X_I) = 0,08 (25-0) \cdot 10^2 = 2,0 \cdot 10^2 = 200 \text{ m}$$

$$\partial E = 0,42 + 2,96 + 4,02 + 1,87 = 9,27$$

De erhållna felen kan jämföras med de framräknade diffusionskoefficienterna  $E_x = 25,8 \text{ m}^2/\text{s}$  resp.  $E_x = 20,7 \text{ m}^2/\text{s}$

d. v. s. 38% resp. 45% felmarginal.

$$\therefore E_x = 25,8 \pm 10,0 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$E_x = 20,7 \pm 9,3 \text{ m}^2/\text{s}$$

## 5. SLUTSATSER

Den väderlekstyp som rådde vid våra försök måste anses som den, för Askimsvikens funktion att sprida och utspäda avloppsvatten, sämsta tänkbara. Ur nedanstående vindrosor framgår att vinden under juni och juli var övervägande sydvästlig eller västlig, vilket är normalt för denna period. Vindstyrkan var med några få avbrott måttlig, d. v. s. typiskt sommarväder. Vädret var för övrigt mycket varmt och soligt. Då dessutom vattenföringen i Stora ån var liten, samverkade alla dessa faktorer till att skapa en situation med låg vattenomsättning.

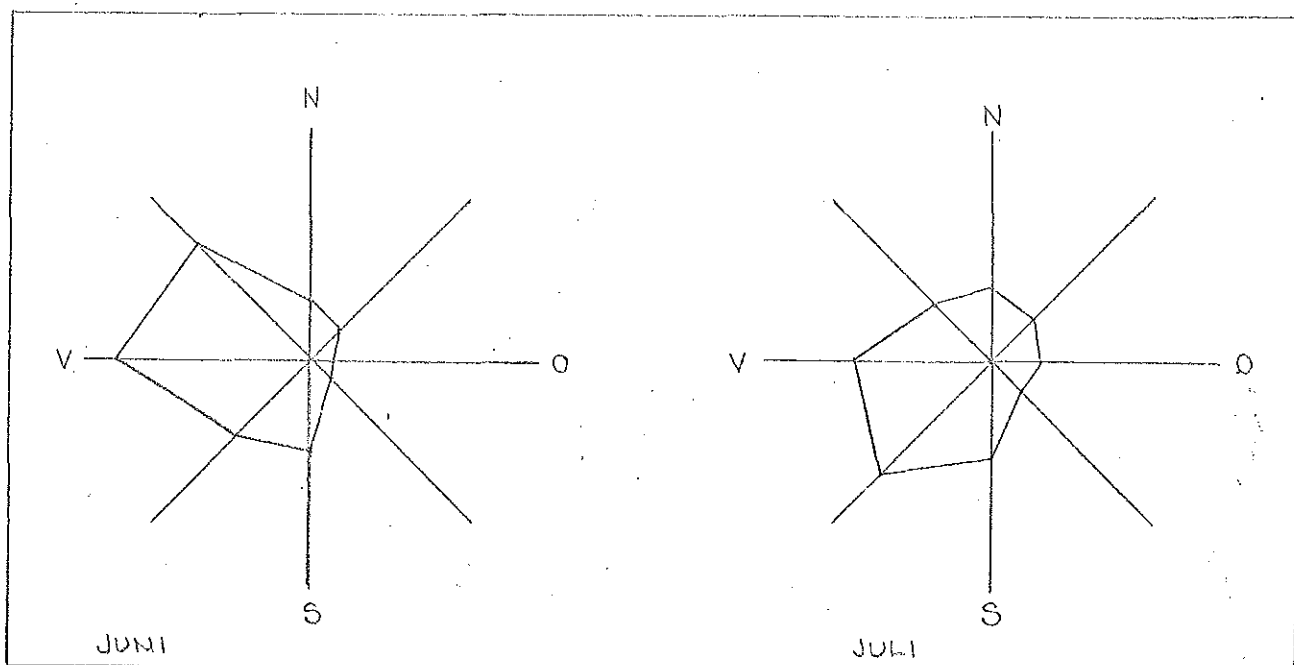


Fig. 15 Vindförhållanden på Torslanda under juni och juli. Procentuell fördelning på 8 huvudriktningar. Skala: 10 cm - 100 %

Det varma vädret orsakade vidare att en svag temperaturberoende täthetsgradient utbildades. Ytvattnet uppvärmdes kraftigt och blev därmed lättare. Denna täthetsvariation innebar att det märkta avloppsvattnet vanligen endast inlagrades ner till ca. 4 m djup, fränsett några tillfällen med starka s-sv vindar. Härvid transporterades en stor del av det "märkta" avloppsvattnet ut som en returström längs botten. I och med att avloppsvattnet endast inlagras i ytan blir dess spridning starkt beroende av vinden. Viken reagerar mycket snabbt på variationer i vinden, och påfallande höga koncentrationer kan uppnås i de delar som är starkast utsatta för vinden.

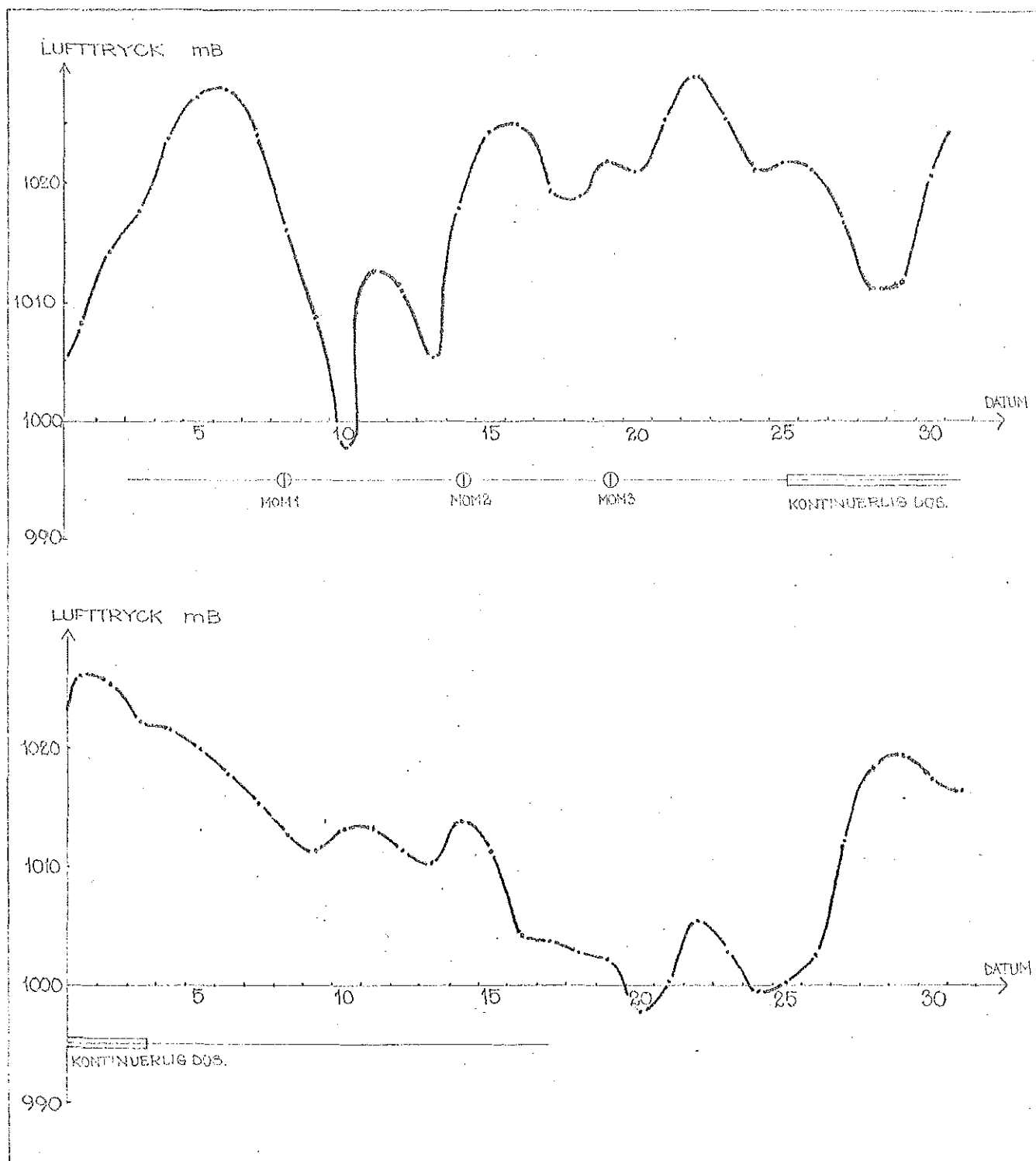
Under en period med ihållande sv vindar kan således ackumulation av avloppsvatten med relativt liten utspädning (ca. 200 ggr) ske i området utanför Askimsbadet. Det är dock osäkert om själva badplatsen drabbas annat än vid mera speciella tillfällen. Vi har inte kunnat fastställa om utfyllnaderna vid Björлахammen har någon inverkan på vatten-cirkulationen. Vi kan endast konstatera att utflödet från Välen vanligen först vek av mot SO mot Marholmen. Därmed förblev vattnet kring Björлахammen relativt opåverkat. Detta kan delvis bero på att vinden var övervägande västlig. Längre ut i viken, ungefär i höjd med Grimskär och utåt, tycks viken ha tendens till en naturlig uttransport längs den västra stranden. Inblandningen över vikens bredd är dock tämligen jämn och det förhärskande mönstret kan ofta ändras av vinden. Området innanför L. Amundön är dock endast måttligt påverkat av avloppsvatten.

Snabba, täthetsberoende vattenutbyten med omsättningstider på något dygn uppträder relativt ofta (2 ggr under vår mätperiod) och kan åstadkomma snabb uttransport av det förorenade vattnet. Under mellanliggande perioder är omsättningstiden avsevärt längre och koncentrationen av utsläppta konservativa föroreningar kan uppskattas med hjälp av en endimensionell diffusionsmodell. Koefficienten i modellen har grovt bestämts till mellan  $21 - 26 \text{ m}^2/\text{s}$ , med en felmarginal av  $\pm 10 \text{ m}^2/\text{s}$ , som genomsnitt i hela viken.

Vattenomsättningen i Välen beror huvudsakligen på tidvattenutbytet. Den är p. g. a. sin ringa storlek och av de skyddade topografiska förhållandena obetydligt påverkad av väderleksförändringar.

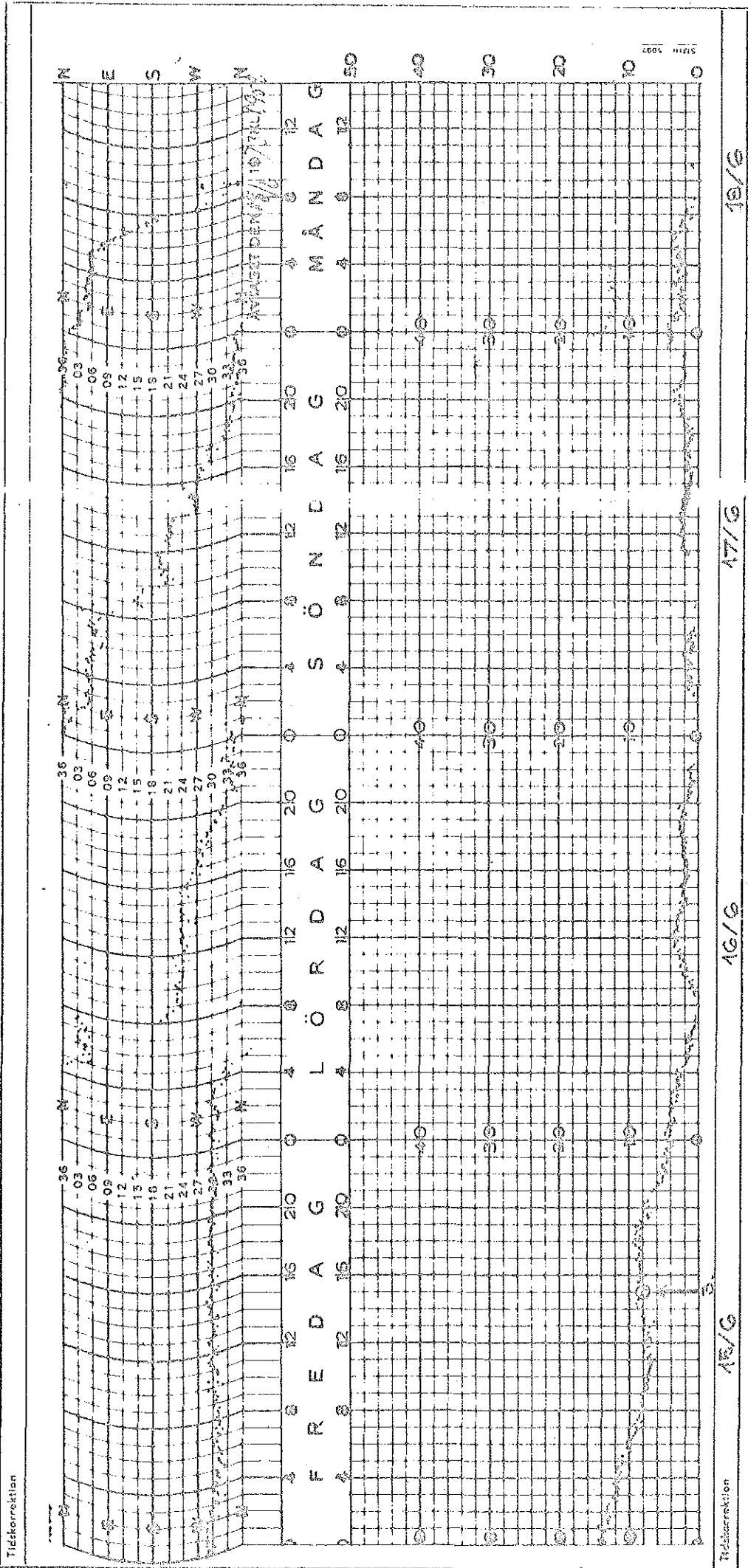
## 6. LITTERATURFÖRTECKNING

- [1] Ippen, Editor: Estuary and coastline hydrodynamics, 1966,  
McGraw-Hill Book Company Inc.
- [2] Cederwall: Spridningsförsök med spårämnen.  
Väg- och Vattenbyggaren nr 1-2, 1966
- [3] Bowden: Circulation and diffusion. Oceanography Department,  
University of Liverpool, England
- [4] Rasmusson m. fl.: Vattenvårdsutredning Välen-Askimsviken 1973
- [5] Operating and Service Manual Model 111 Fluorometer  
Printed G.K. Turner Associates
- [6] Levin, Lingsten, Sjöström: Simulering av avloppsutsläpp i  
Byfjordens ytvattenskikt. Examensarbete i vattenbyggnad 1971:5
- [7] Holm: Numerisk modell av vattenomsättningsmekanismer  
Examensarbete i vattenbyggnad 1973:9
- [8] Andersson, Palm, Plith: Studium av sötvattnets spridning  
i Byfjorden. Examensarbete i vattenbyggnad 1971:2
- [9] Claesson, Larsson: Göta älv, en hydrologisk analys av  
transport och blandningsprocesser. Examensarbete i  
vattenbyggnad 1972:2
- [10] Hermansson, Peterson, Tolstoy: Mölndalsån. En hydro-  
logisk - regleringsteknisk studie. Examensarbete i  
vattenbyggnad 1972:9



Luftrycksvariationerna givna i millibar under juni och juli 1973 uppmätta vid Torslanda. Doseringstillfällena är även redovisade i diagrammen.

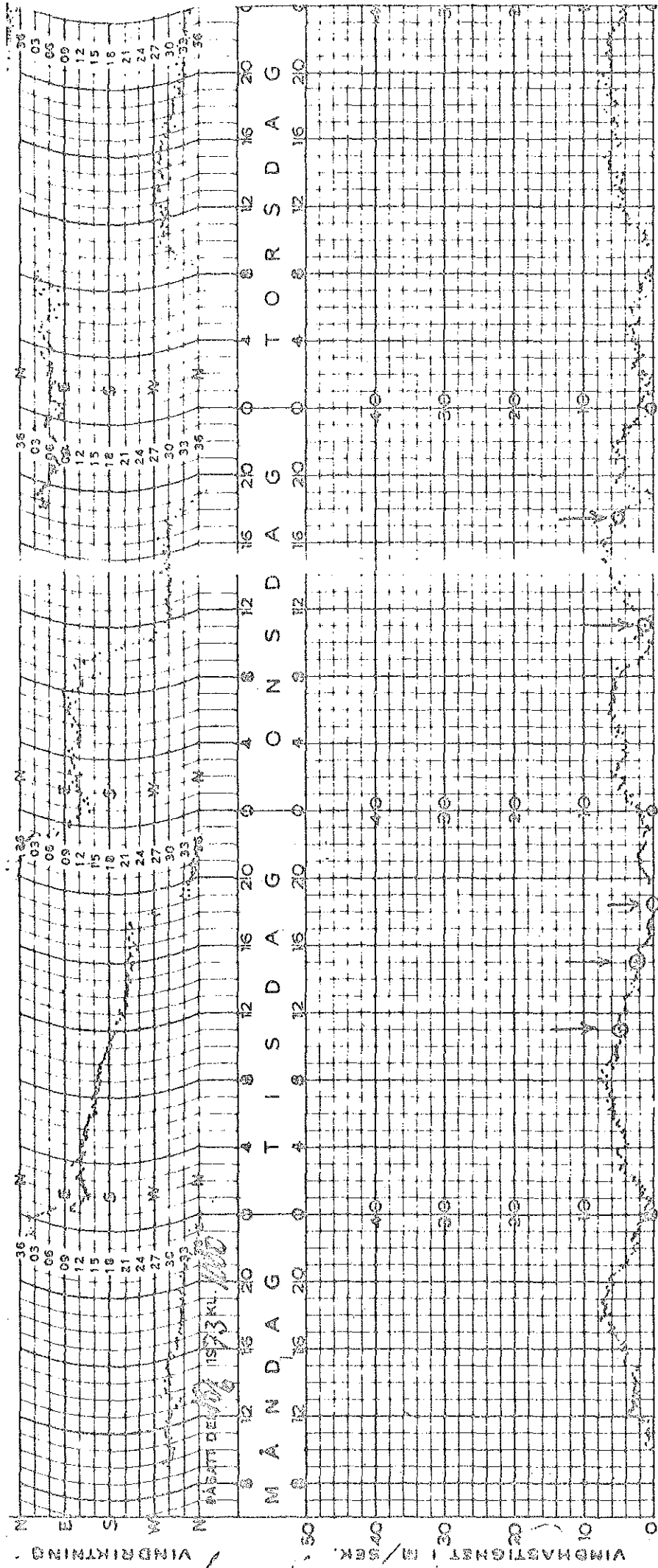




VERIGES METEOROLOGISKA OCH HYDROLOGISKA INSTITUT STOCKHOLM 12

INDREGISTRERING

Stationen



18/6

19/6

20/6

21/6

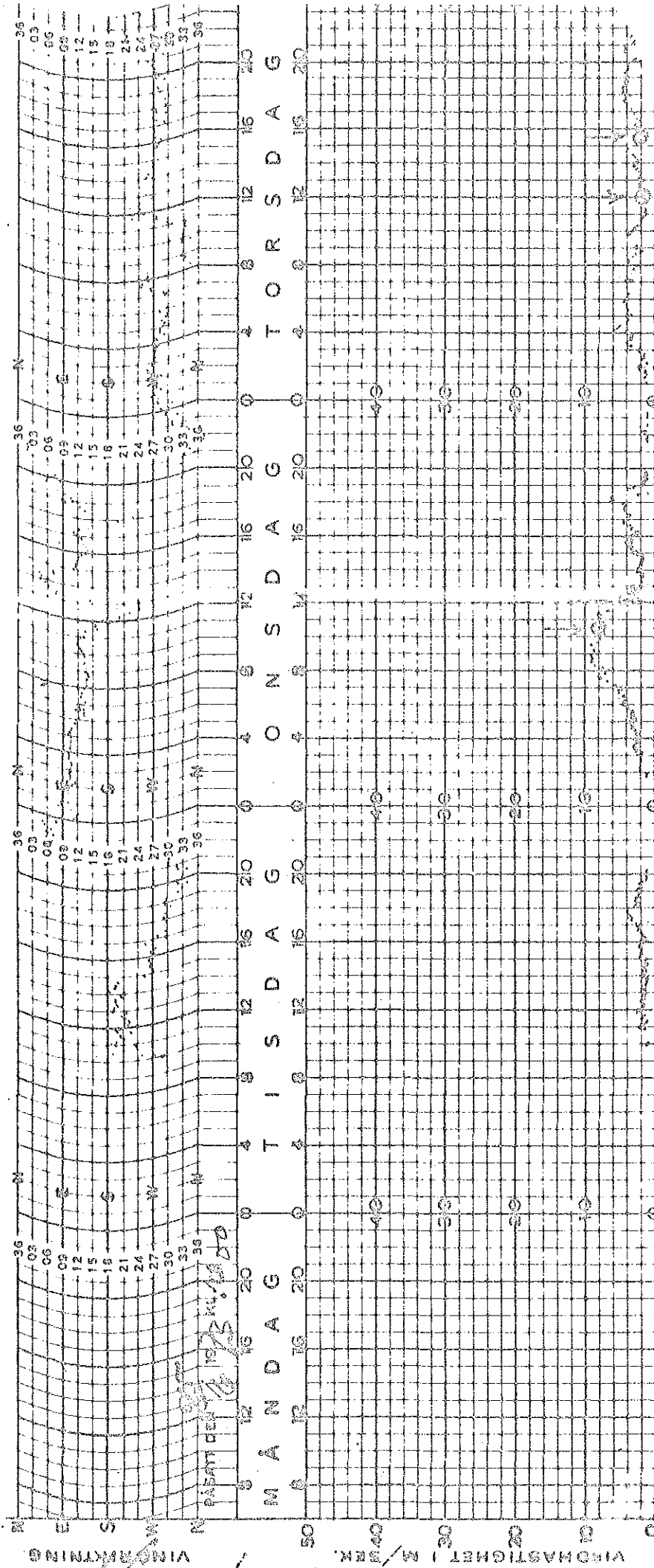
Stationen



INDREGISTRERING

SVERIGES METEOROLOGISKA OCH HYDROLOGISKA INSTITUT STOCKHOLM 12

Tidsberräktn



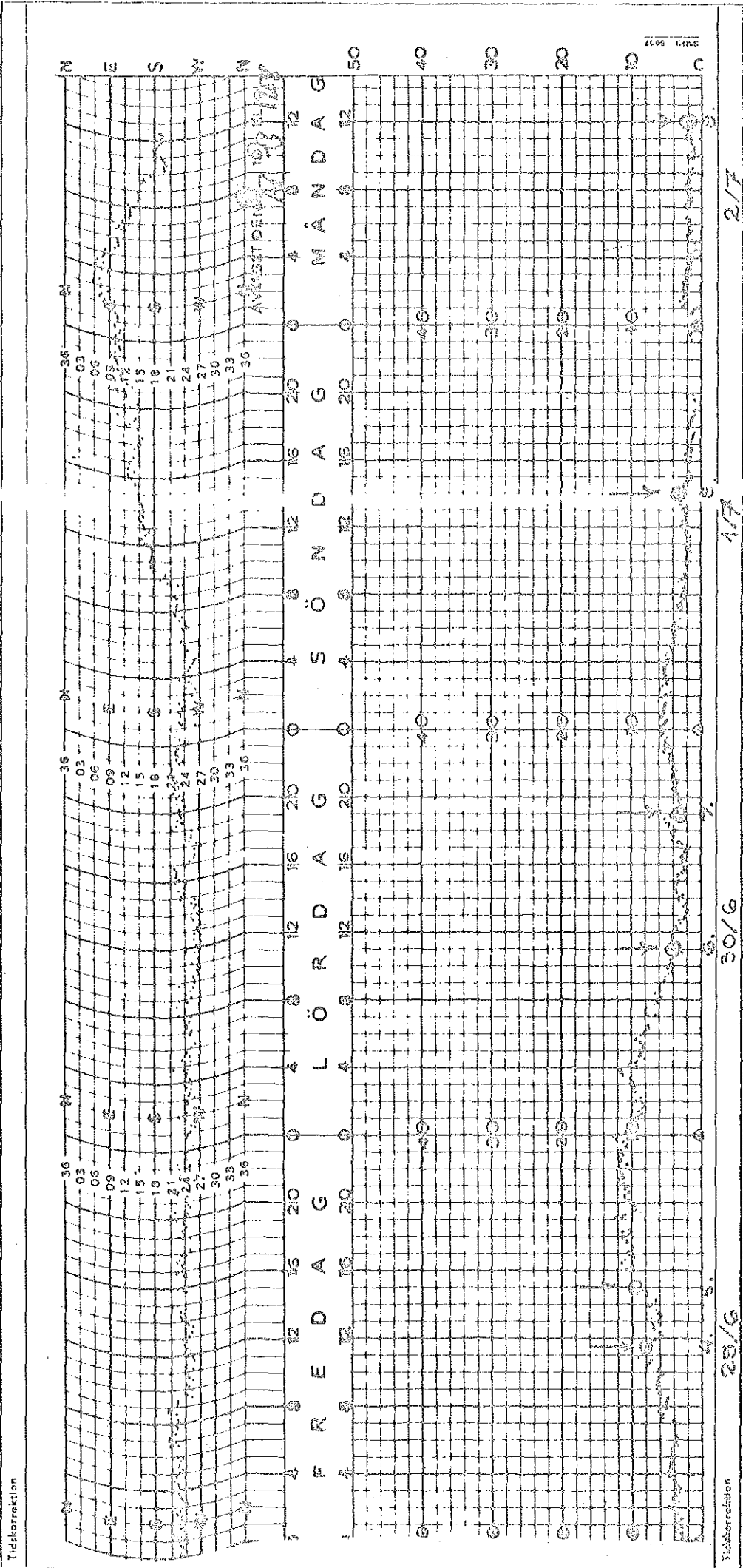
Tidsberräktn

25/6

26/6

27/6

28/6



2/7

1/7

30/6

25/6

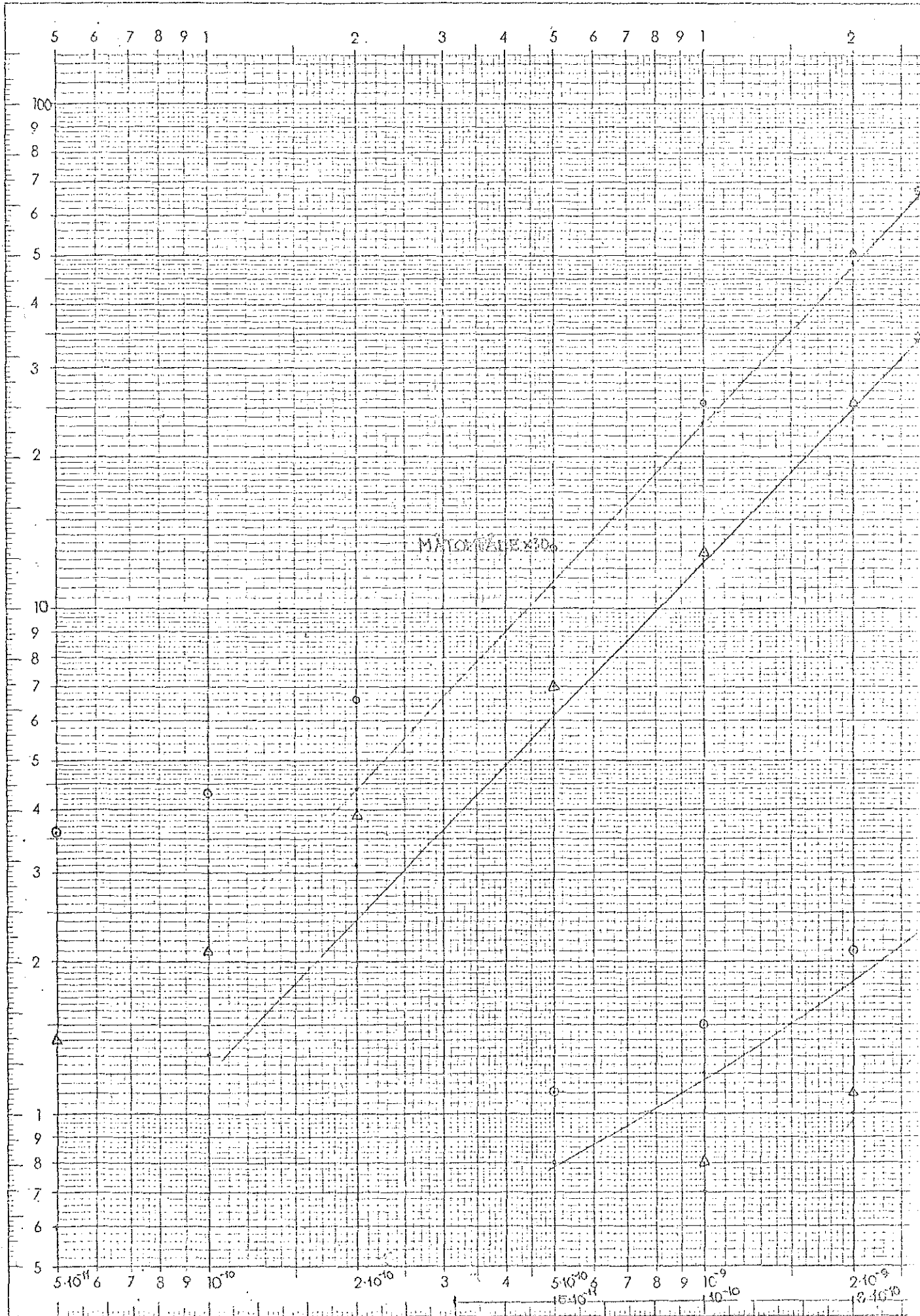
Tidkerrektion

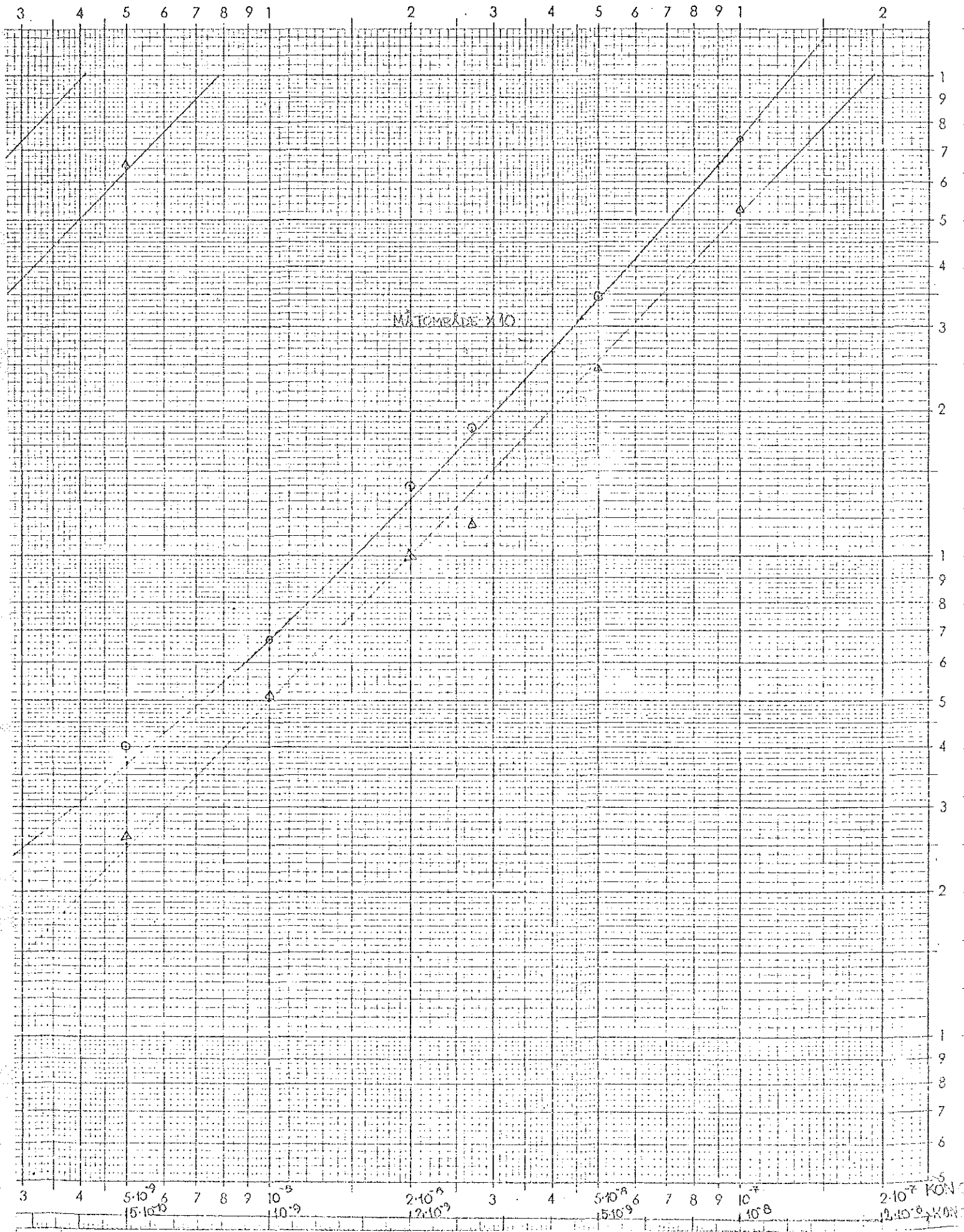
Tidkerrektion



Uppvärmningstid 800-1025, kalibreringstemp. 20,0 C.

Beteck. :  $\odot$  Genomströmningskyvett,  $\triangle$  Fast kyvett. Bakgrund frändragen.

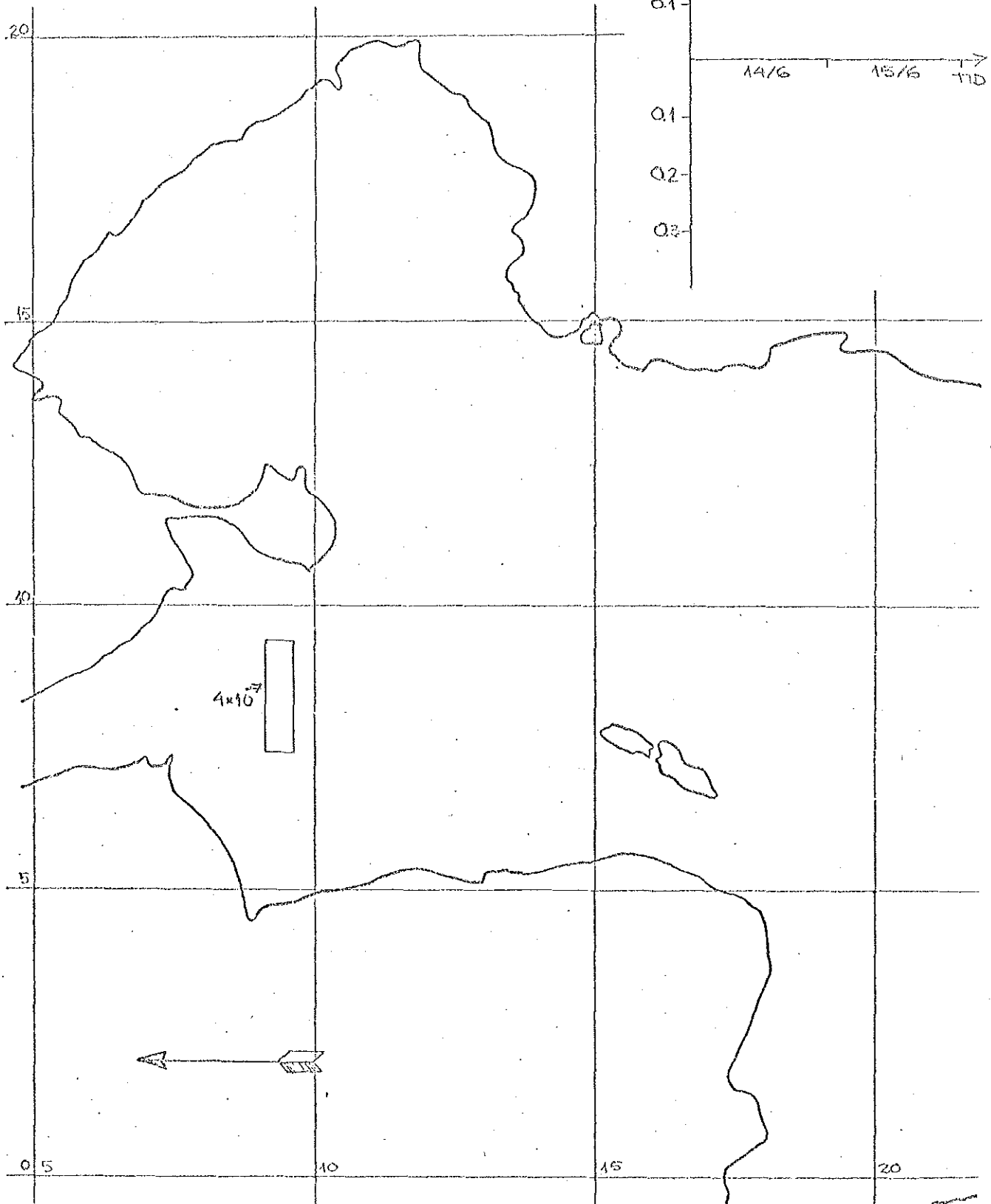
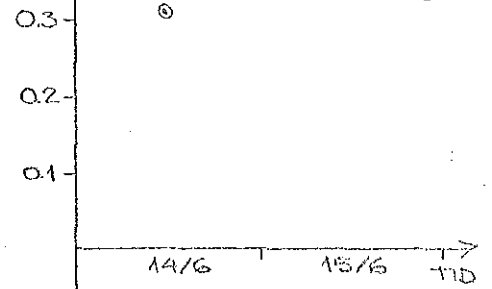




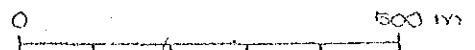
DOSERING: MOM 2	MÄTNING:
MÄNGD: 4L	TID:
TID: 730614-1130	MULTIPLIKATOR:

VATTENSTÄND (m)

Bilaga 11

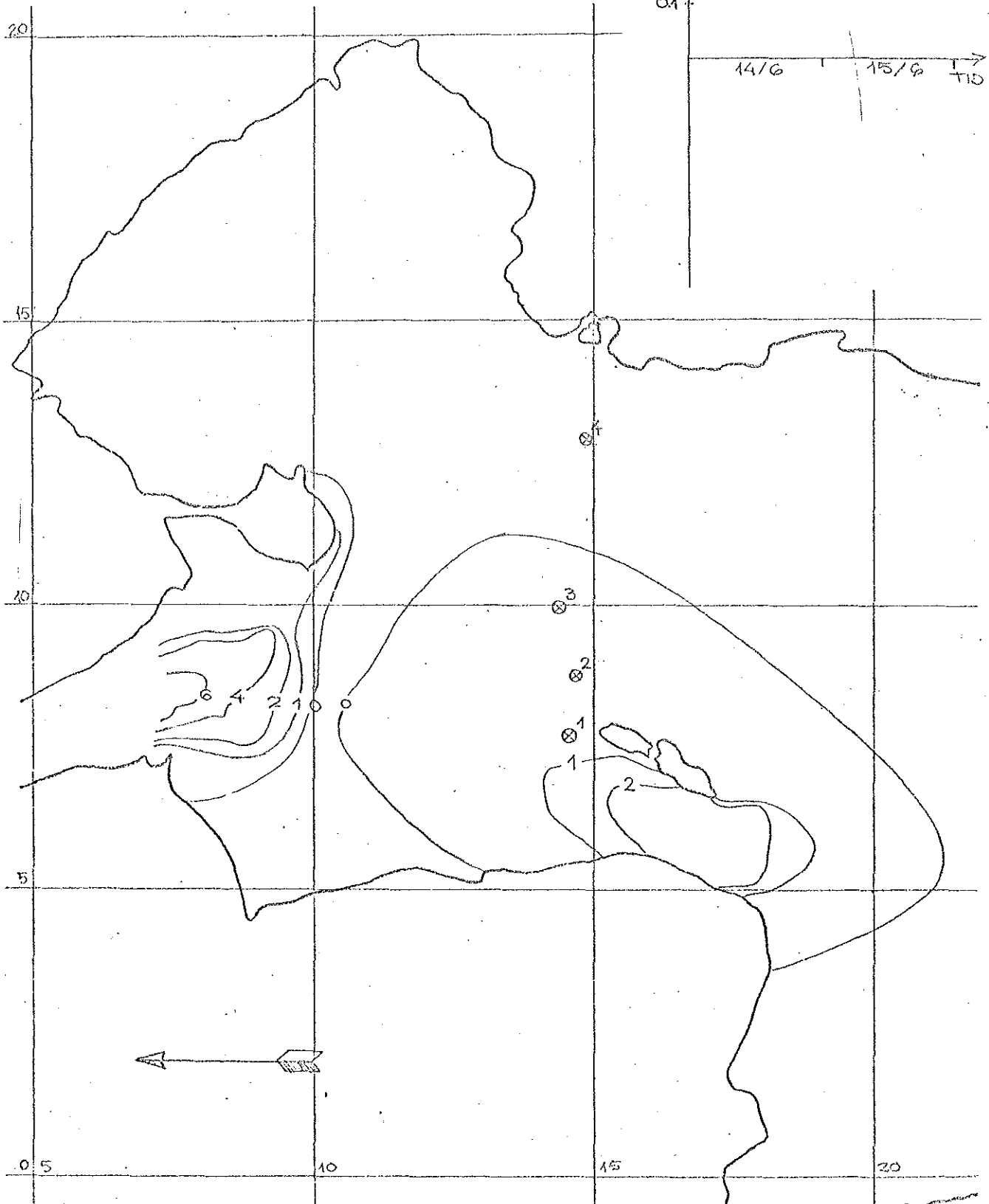
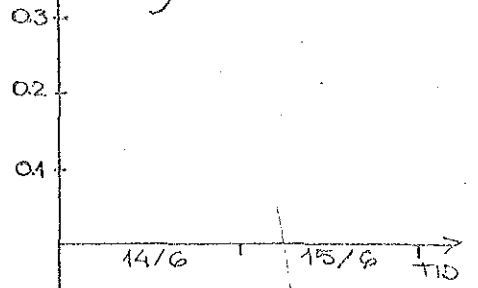


VIND
TID 730614 - 1130
RIKTN. V
HAST. 14 M/S

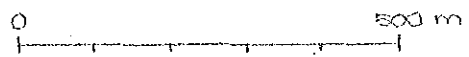


DOSERING: MOM 2	MÄTNING: 1
MÄNGD: 4L	TID: 730614 - 1600
TID: 730614 - 1130	MULTIPLIKATOR: $10^{-9}$

VATTENSTÅND (m) Bilaga 12

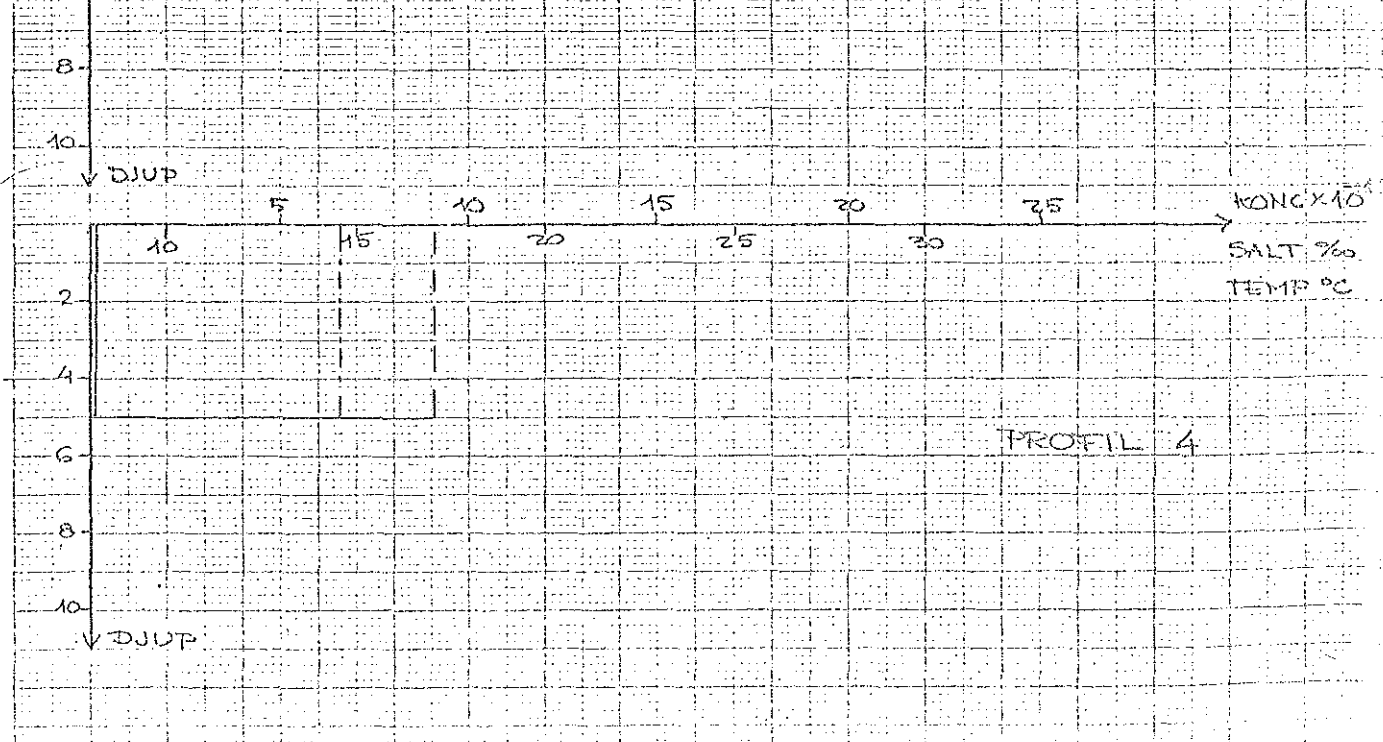
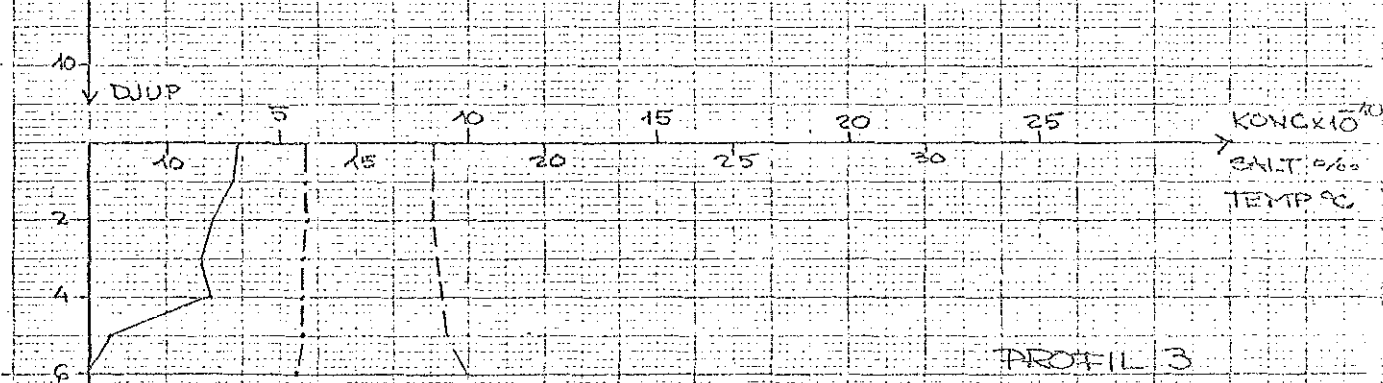
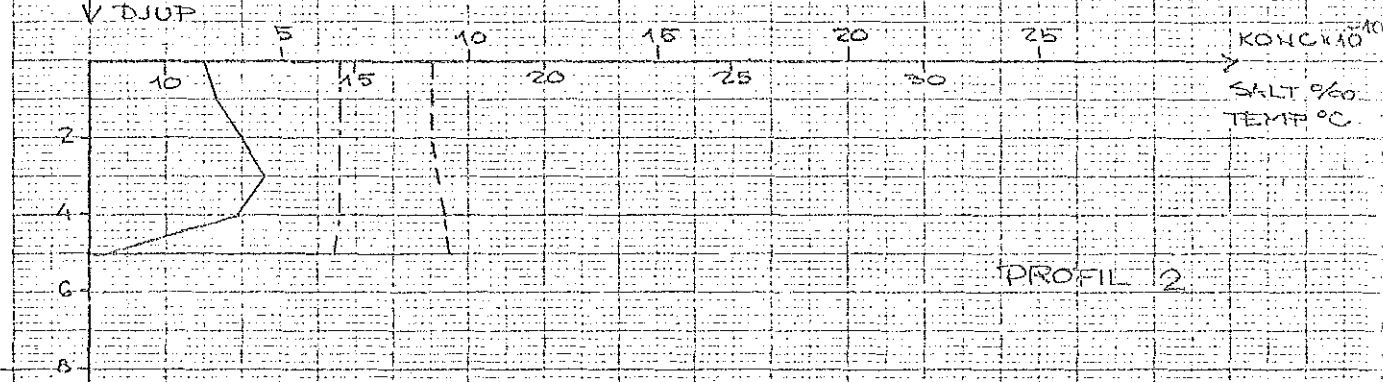
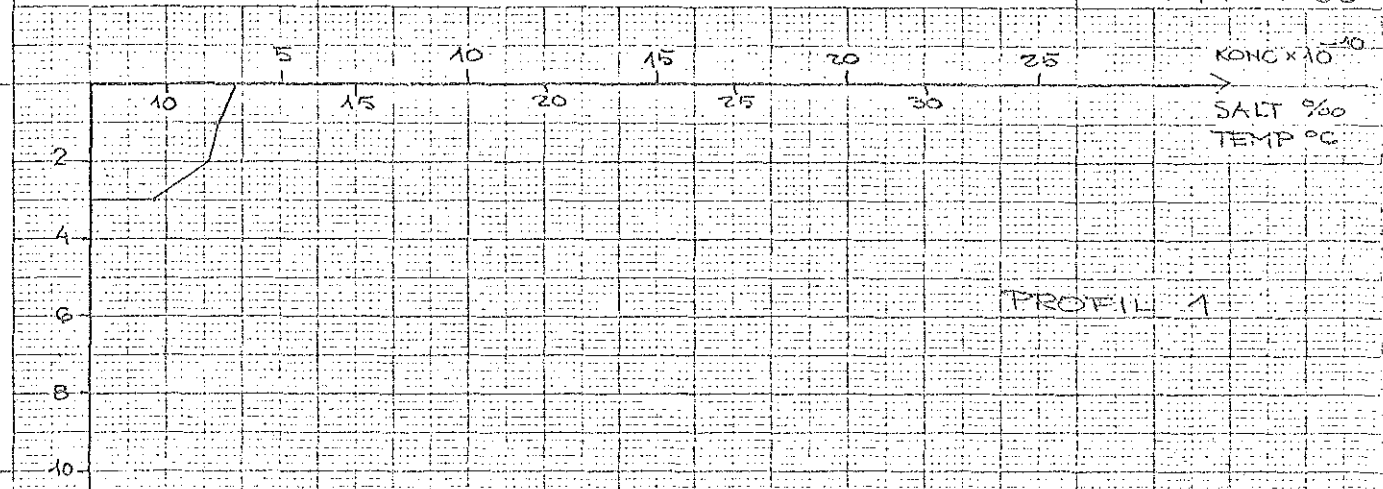


VIND
TID 730614-1600
RIKTN. V
HAST. 13M/S

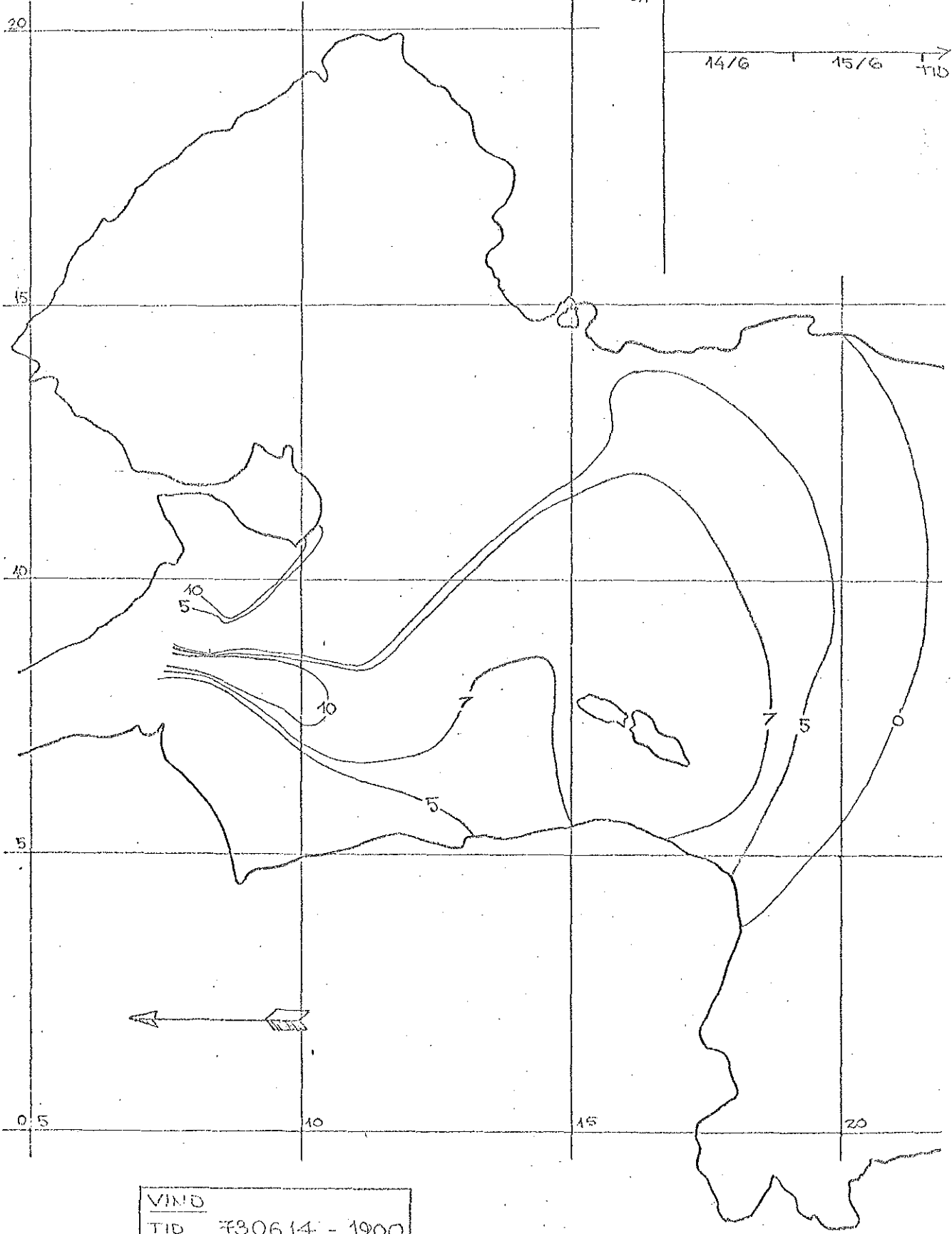
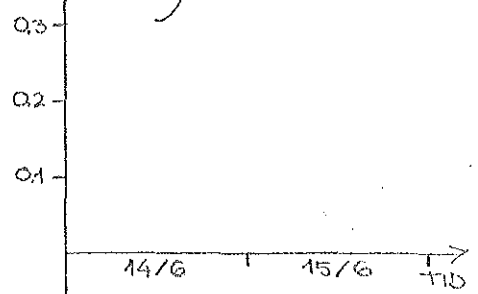


— KONG  
- - - TEMP  
- - - SALT

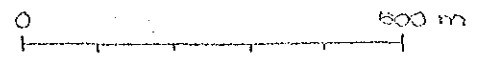
730614-1800



DOSERING: MOM. 2	MÄTNING: 2
MÄNGD: 4L	TID: 730614 - 1900
TID: 730614 - 1130	MULTIPLIKATOR: $10^{-10}$



VIND
TID 730614 - 1900
RIKTN. V
HAST. 14M/S



DOSERING: MOM 2  
MÄNÖD: 4L  
TID: 730614 - 1130

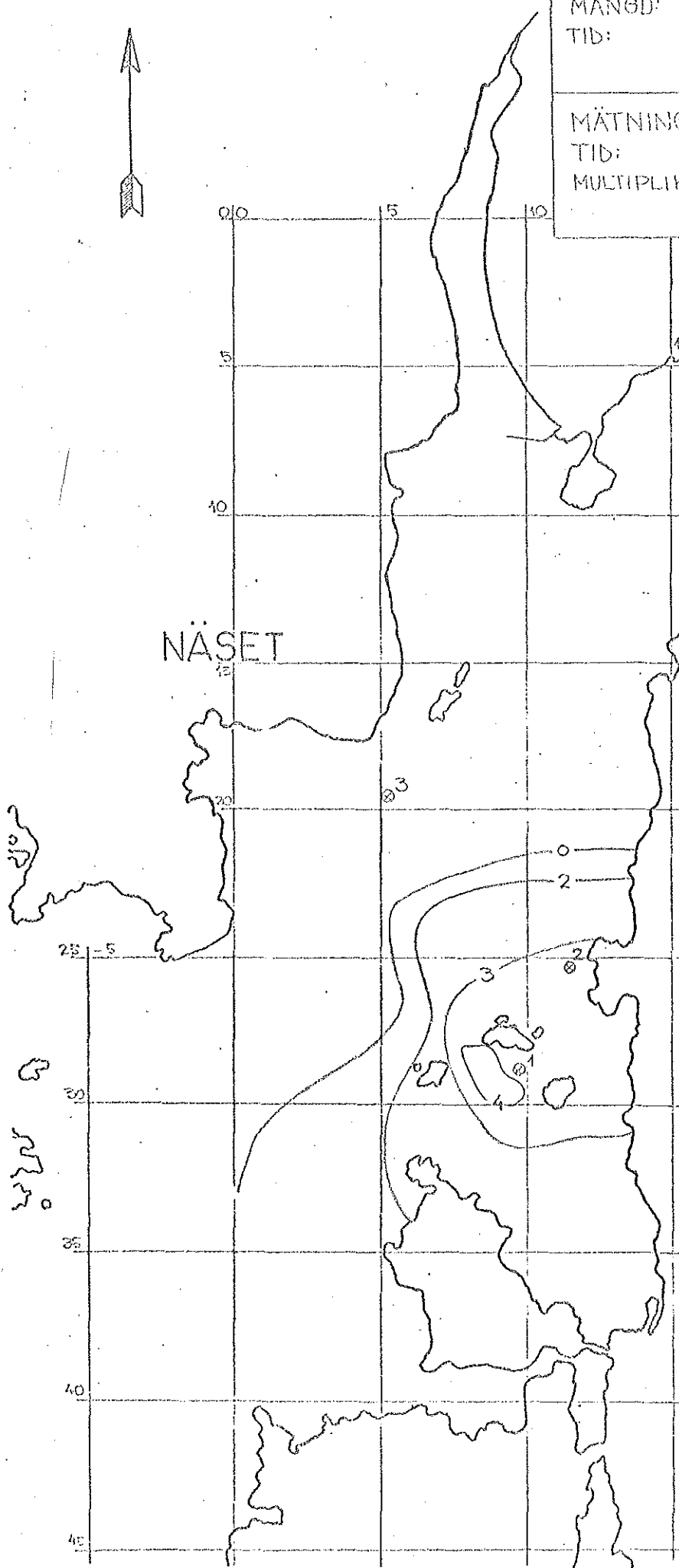
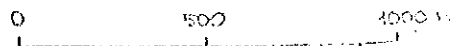
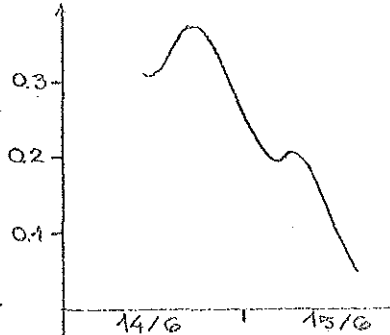
MÄTNING: 3  
TID: 730615 - 1500  
MULTIPLIKATOR:  $10^{-10}$



NÄSET

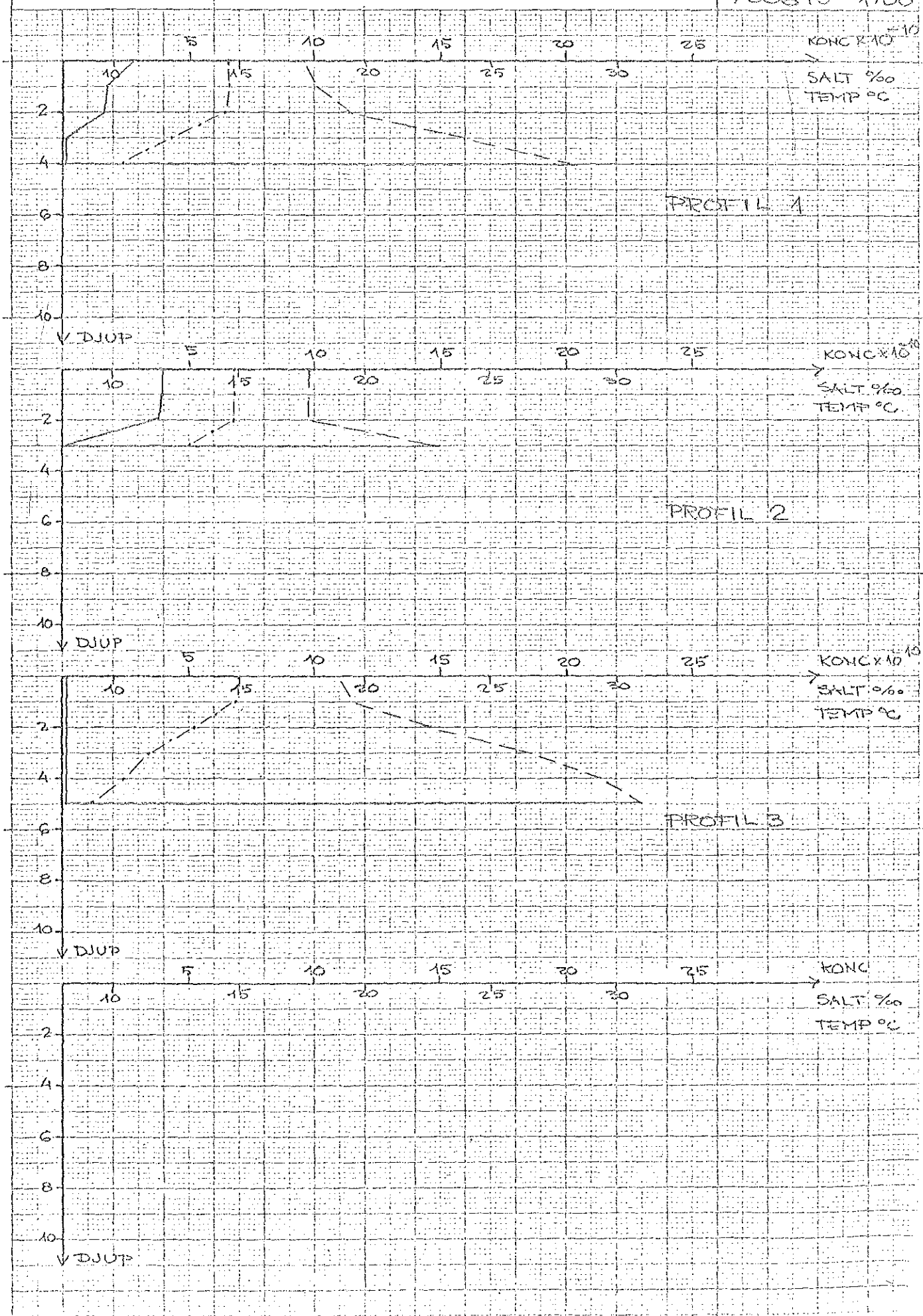
VIND  
TID 730615 - 1500  
RIKTNING VNV  
HASTIGHET 8 M/S

VATTENSTÄND (m)

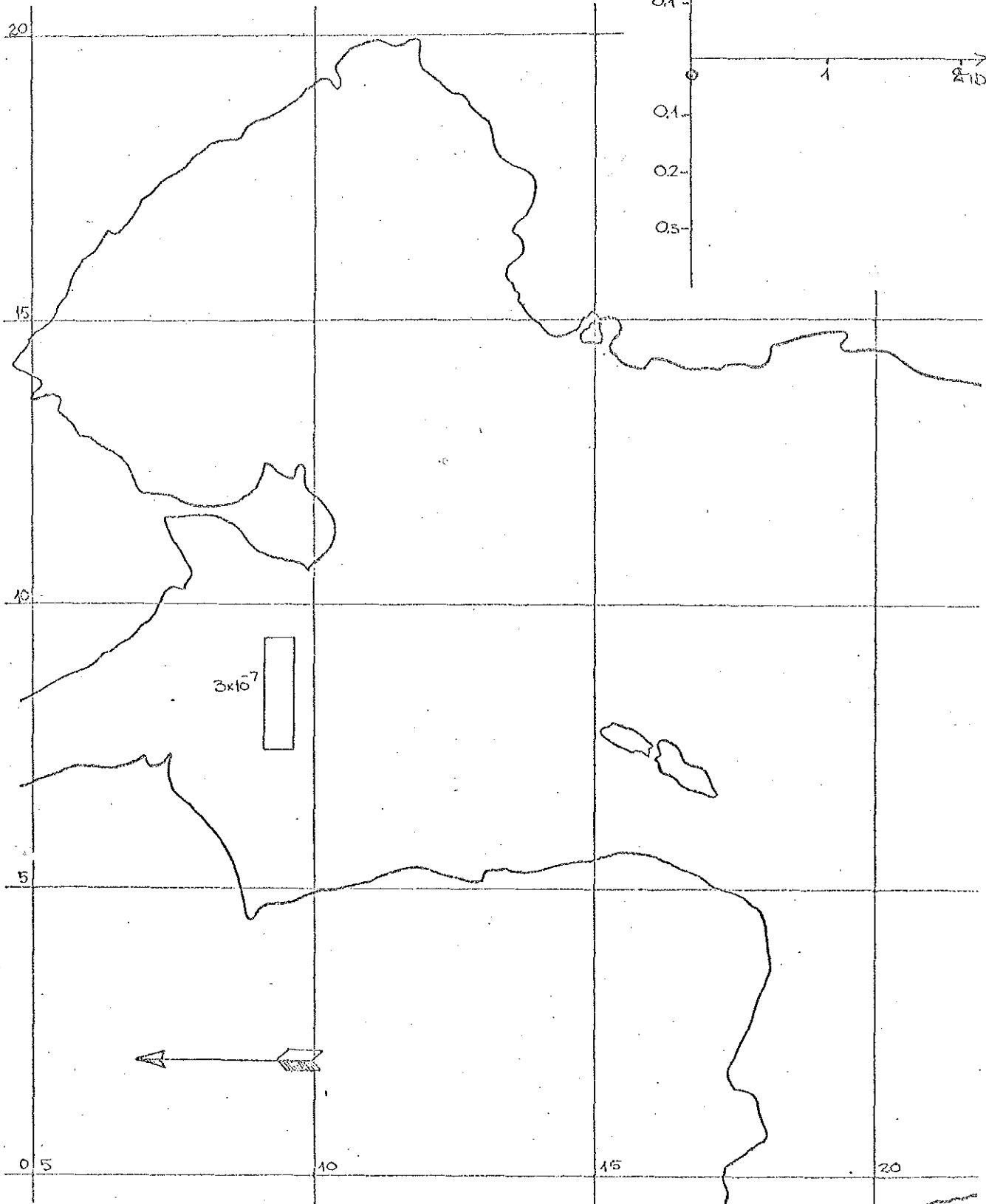
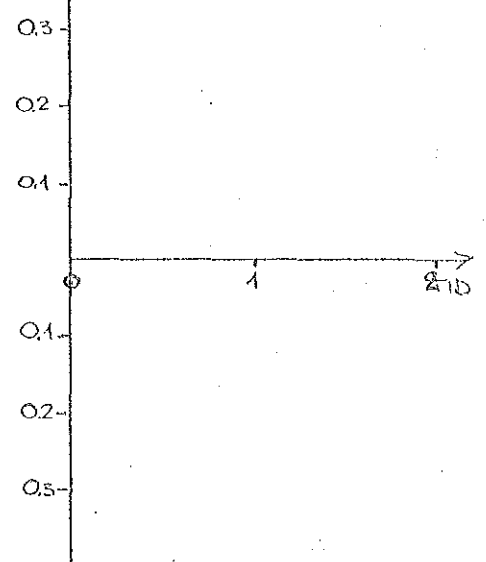


— KONG  
- - - - TEMP  
- - - - SALT

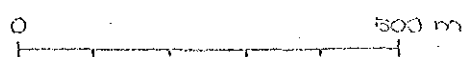
730615-1700



DOSERING: 100M 3	MÄTNING:
MÄNGD: 3L	TID:
TID: 730619-1100	MULTIPLIKATOR:



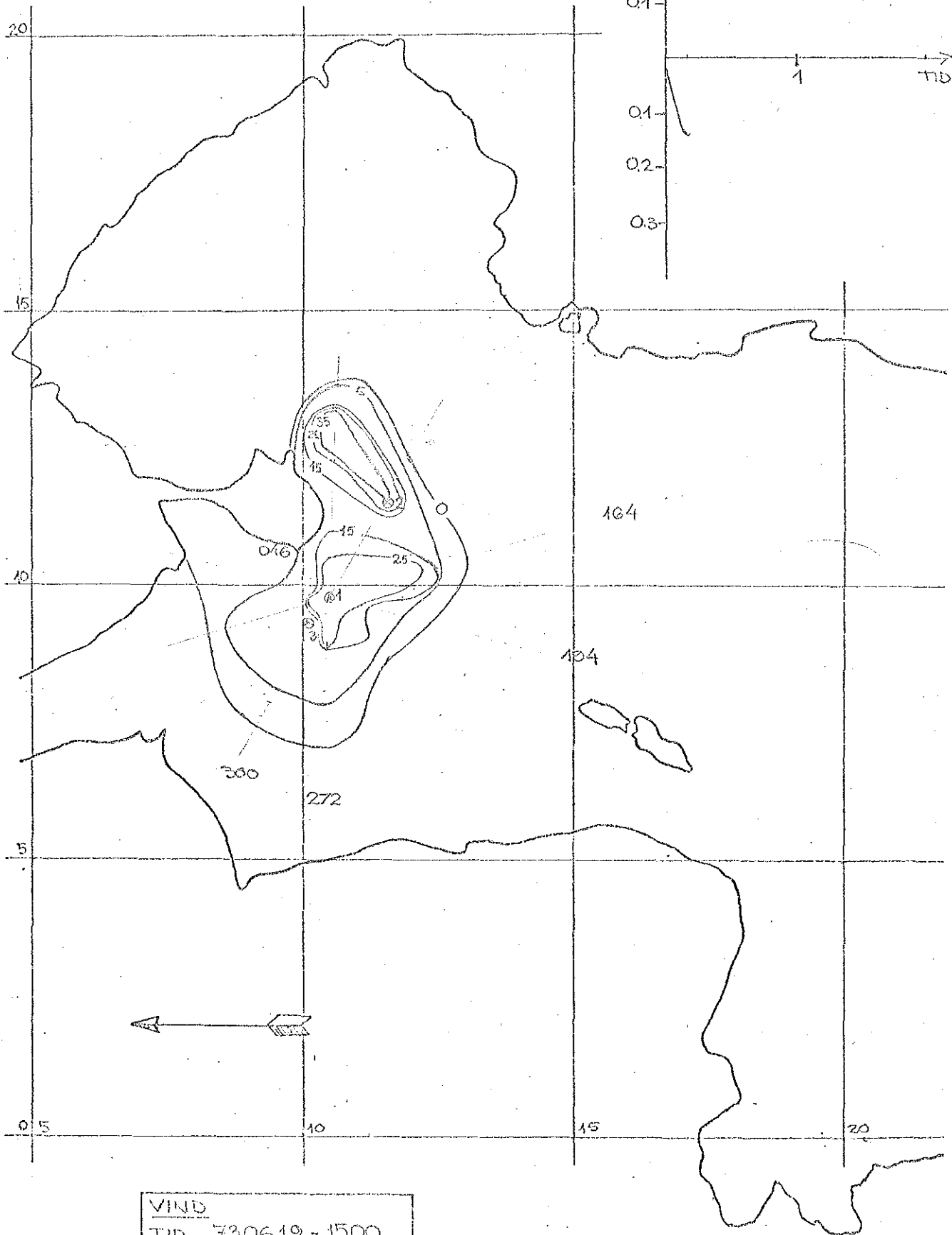
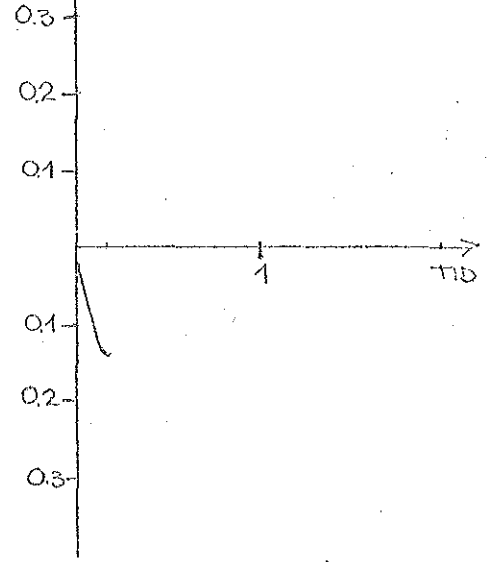
<u>VIND</u>
TID 730619-1100
RIKTN. S
HAST. 5M/S



DOSERING: 100M 3	MÄTNING: 1
MÄNGD: 3L	TID: 730619-1500
TID: 730619-1100	MULTIPLIKATOR: 10 <sup>-9</sup>

VATTENSTÄND (m)

Bilaga 18

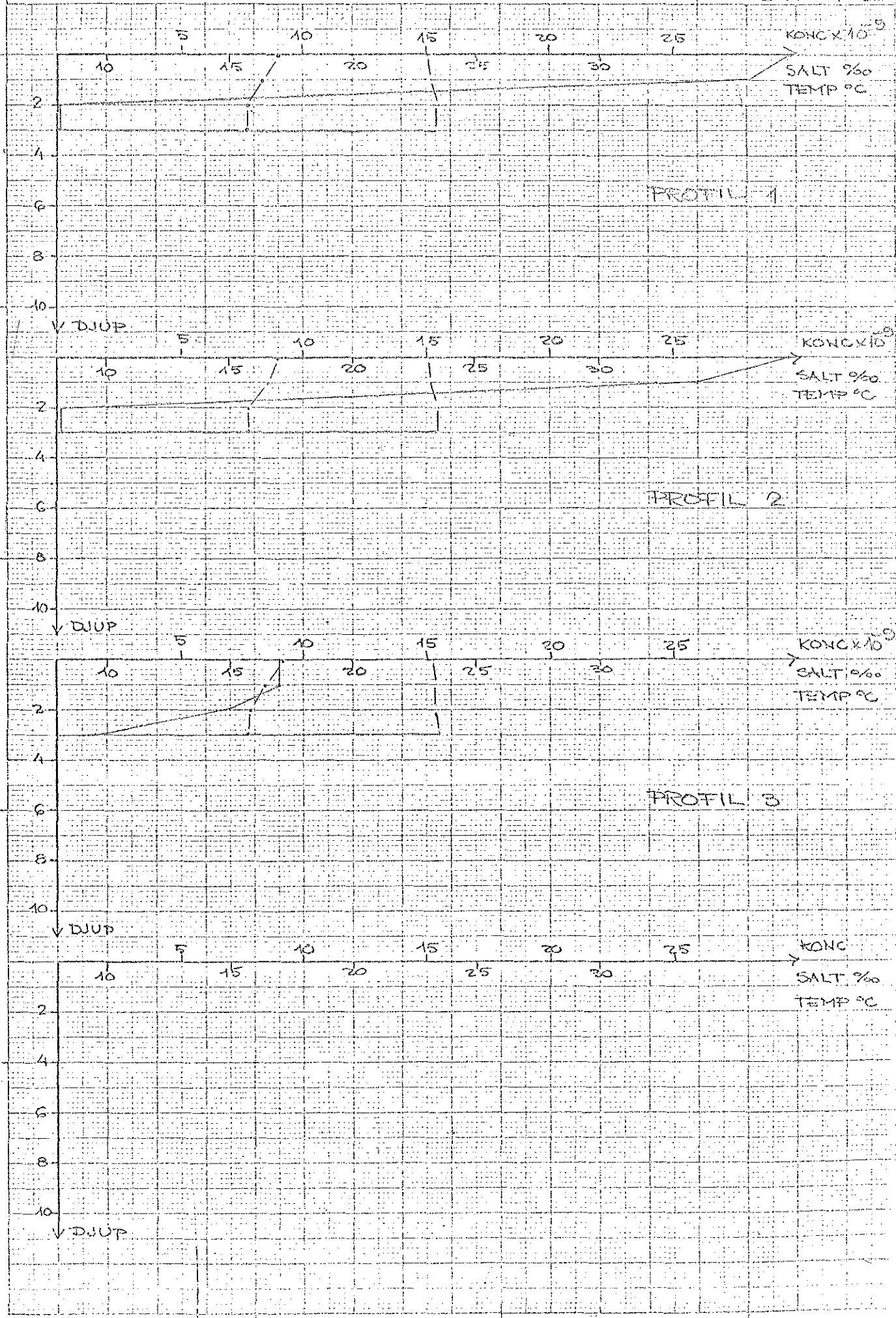


<u>VIND</u>
TID 730619-1500
RIKTN. SV
HAST. 2 M/S

0 500 m

— KONG  
- - - TEMP  
- - - SALT

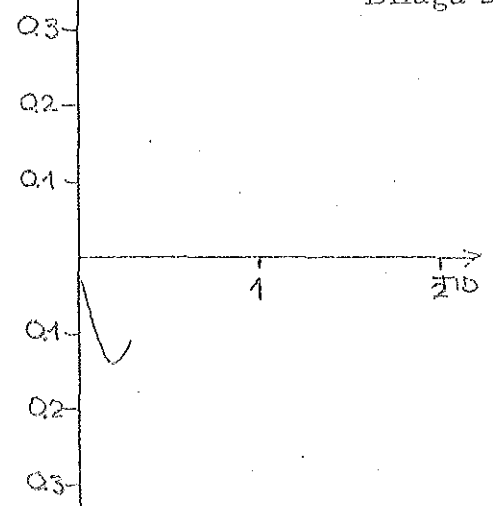
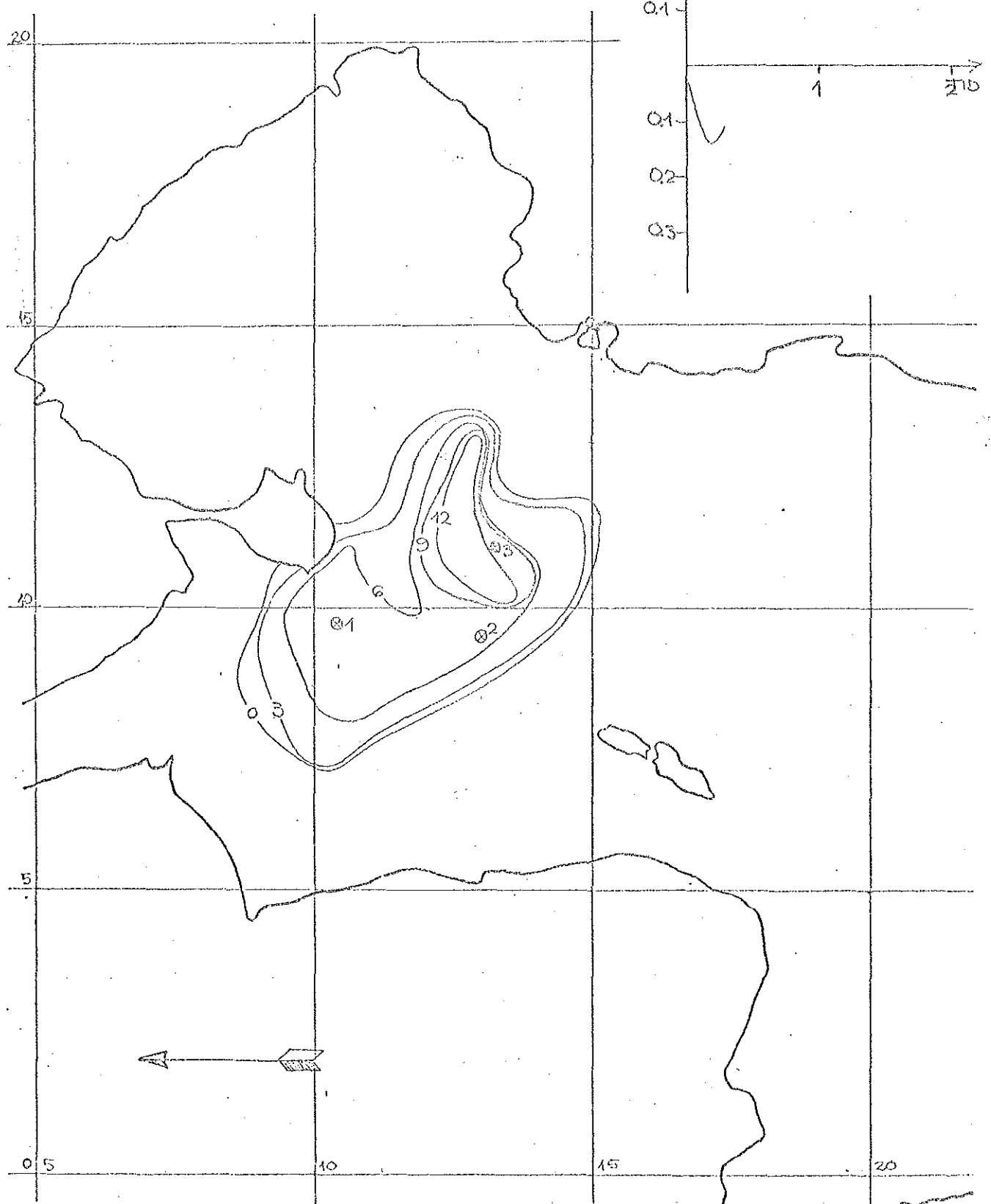
730613-1530



Handwritten text on the left margin, possibly a date or reference number.

DOSERING: MOM 3	MÄTNING: 2
MÄNGD: 3L	TID: 730619-1830
TID: 730619-1100	MULTIPLIKATOR: $10^{-9}$

VATTENSTÅND (m)  
Bilaga 20

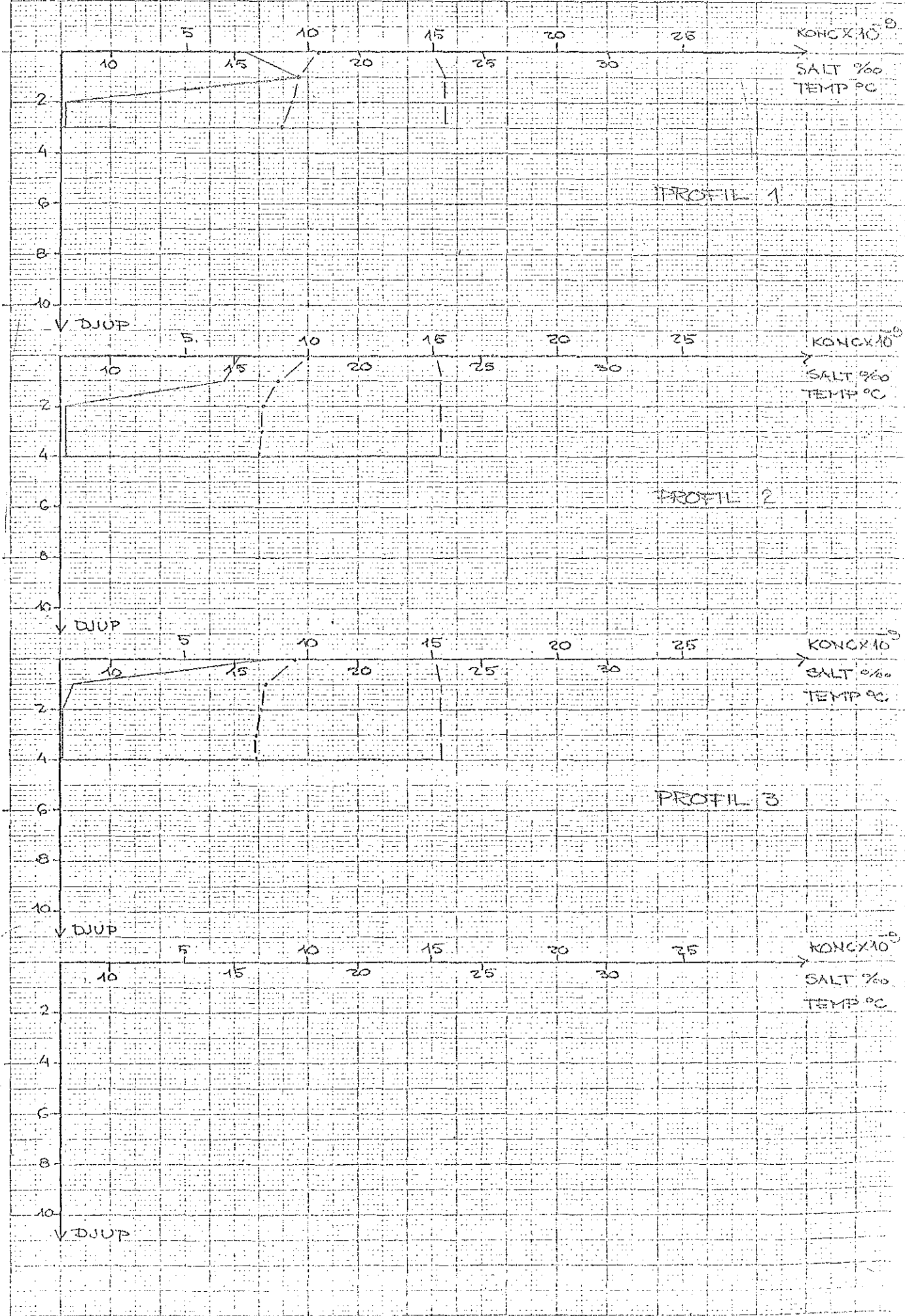


VIND
TID 730619-1830
RIKTN. —
HAST. 0M/S

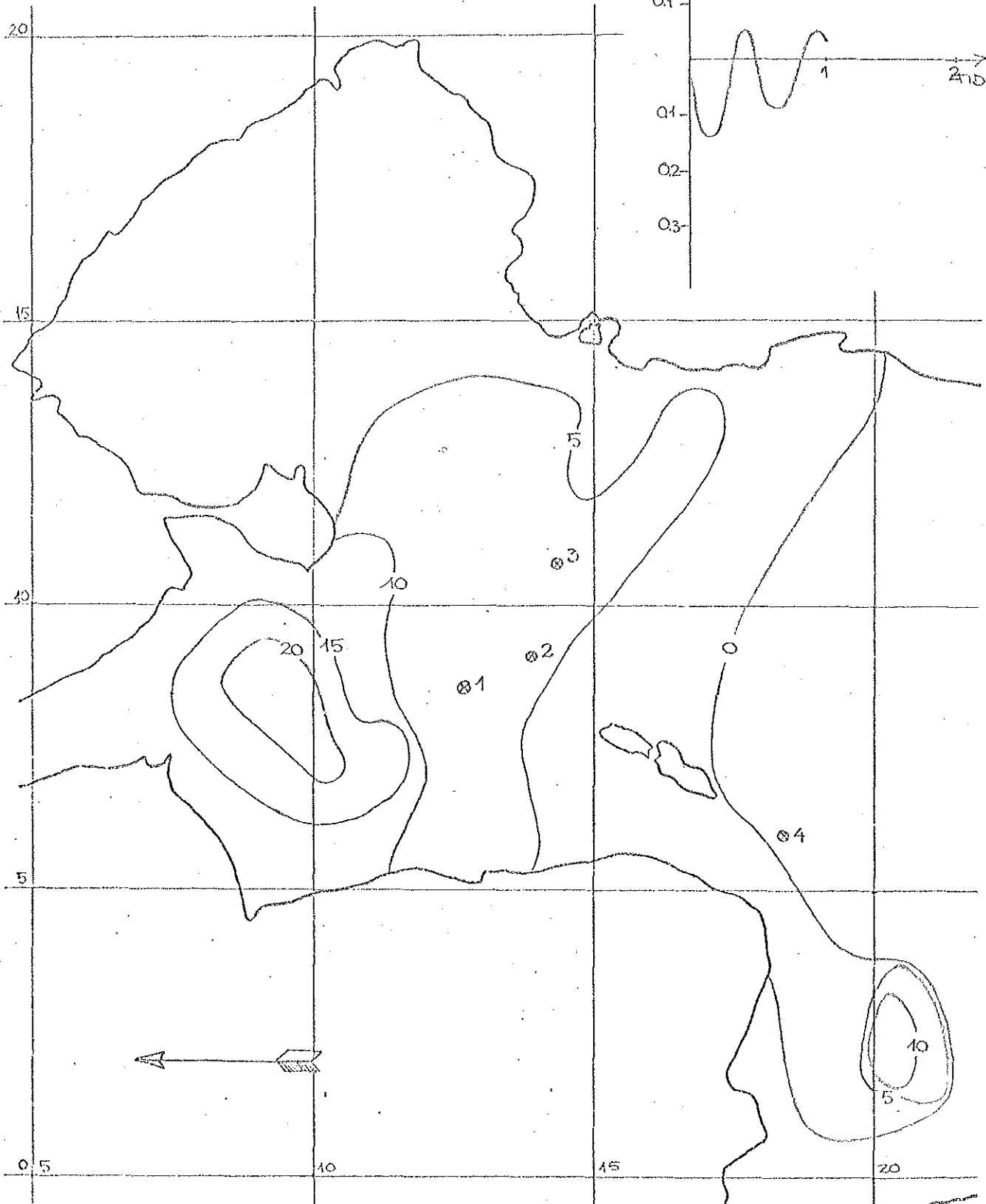
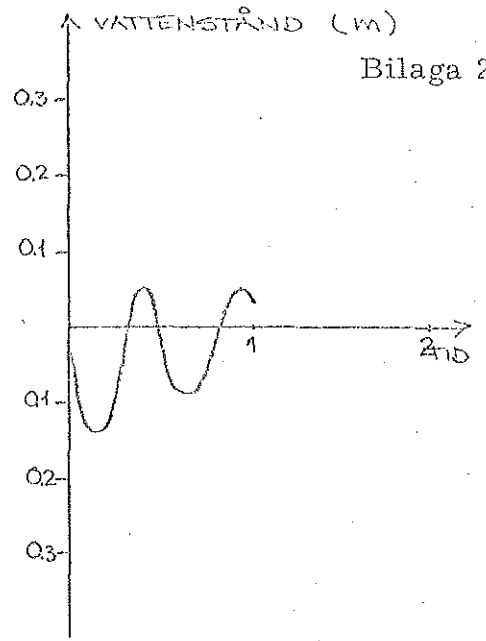
0 500 m

——— KONC  
 - - - - - TEMP  
 - - - - - SALT

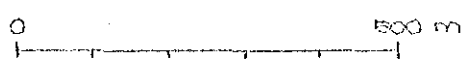
730619 - 1900



DOSERING: 4011 3	MÄTNING: 3
MÄNGD: 3L	TID: 730620-1100
TID: 730619-1100	MULTIPLIKATOR: $10^{-10}$

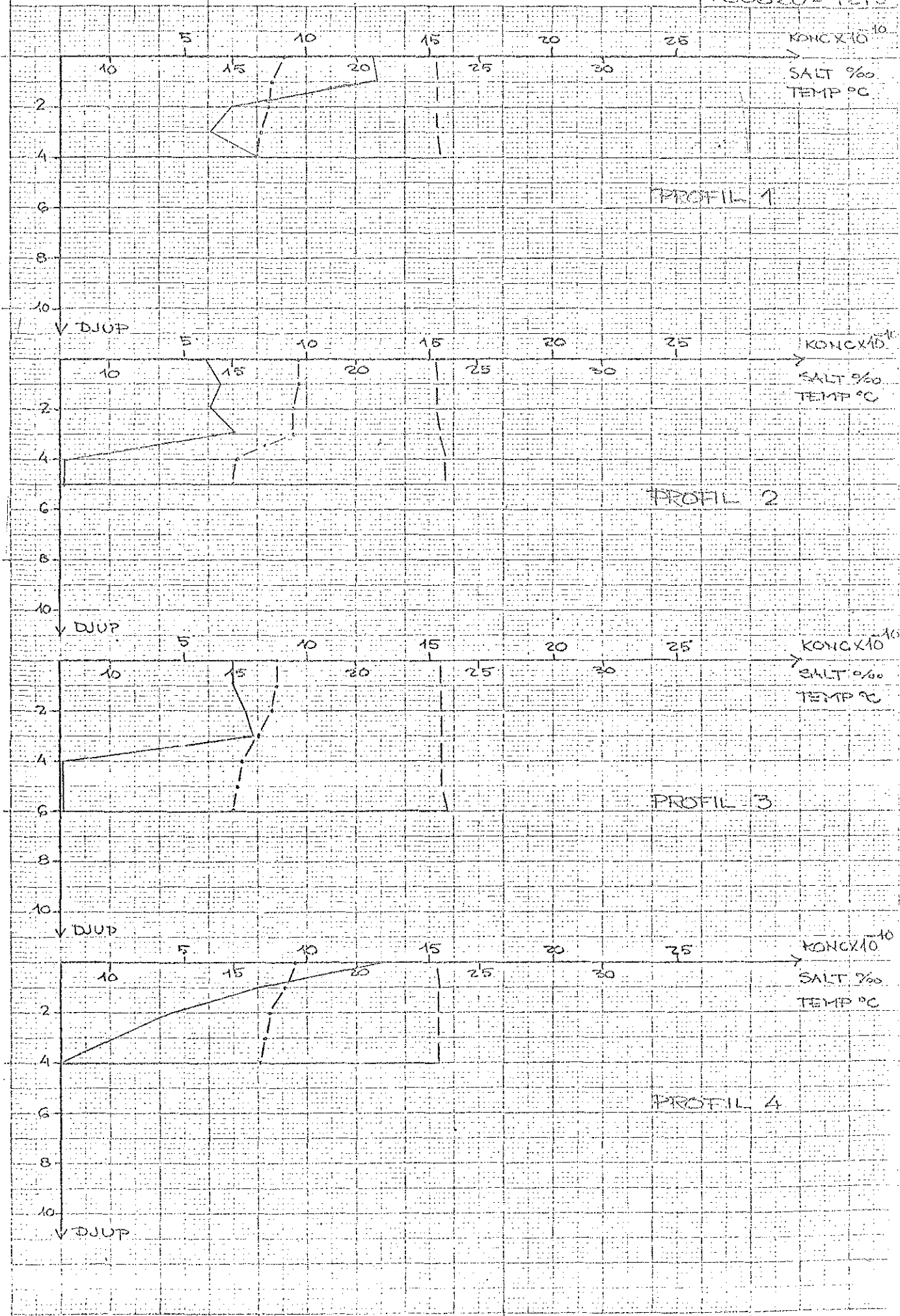


VIND
TID 730620-1100
RIKTN. V
HAST. 1 M/S



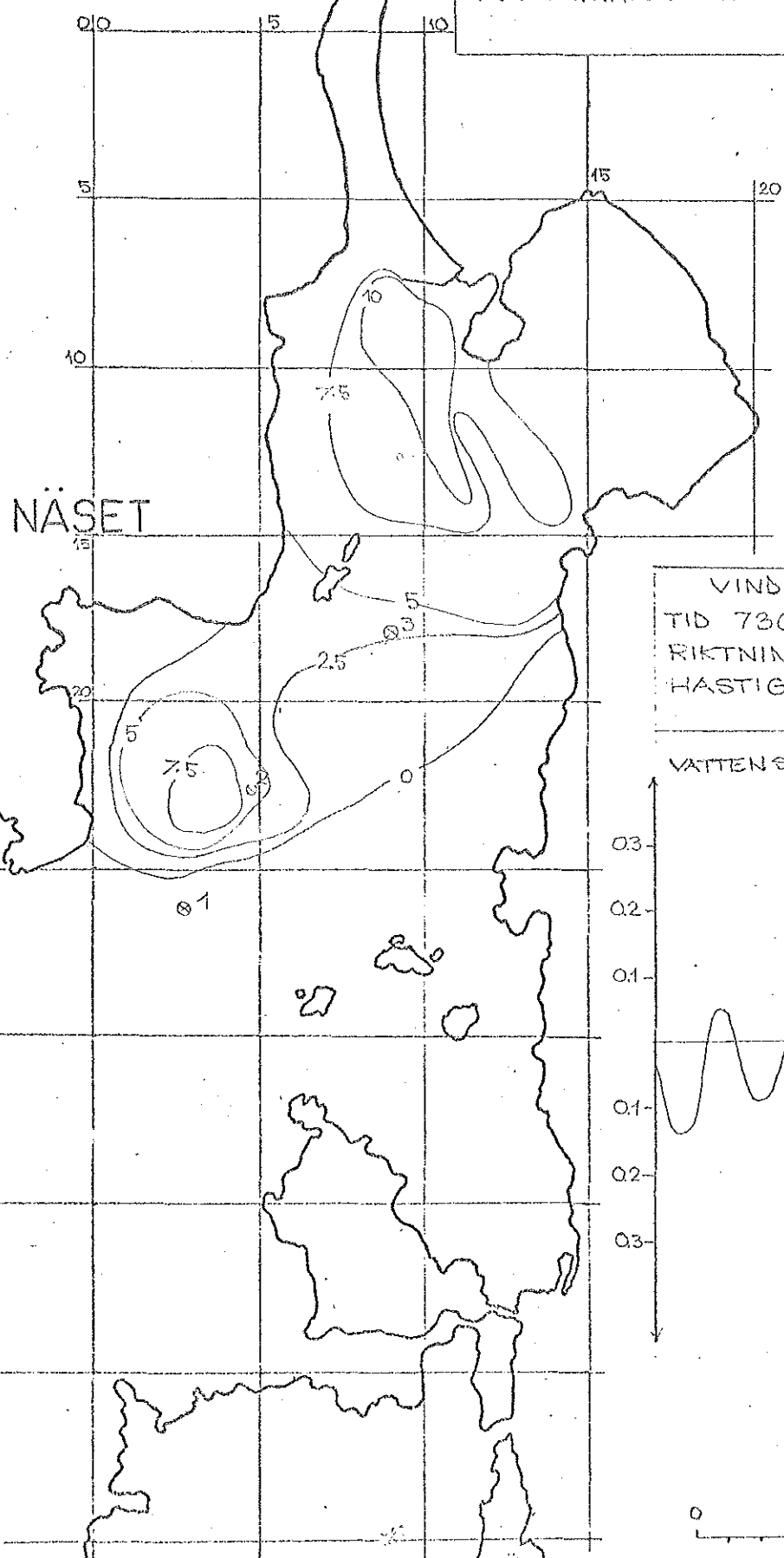
— KONC  
- - - TEMP  
- - - SALT

730620-1245

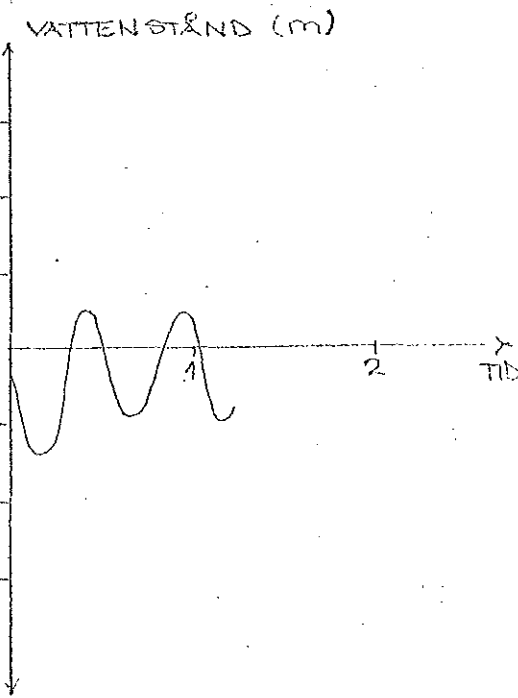


DOSERING: MOM 3  
MÄNÖD: 3L  
TID: 730619 - 1100

MÄTNING: 4  
TID: 730620 - 1730  
MULTIPLIKATOR: 10<sup>-10</sup>

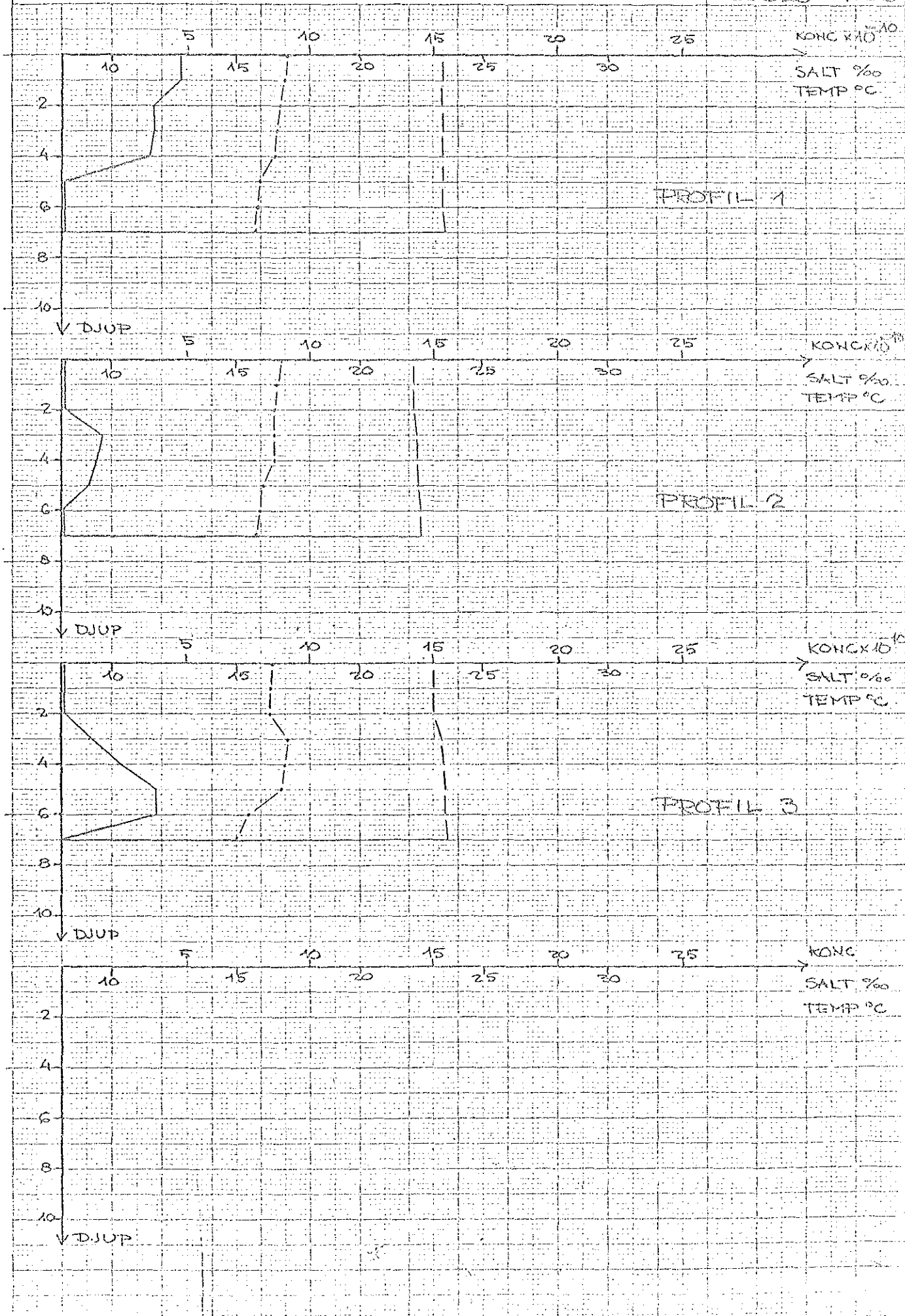


VIND  
TID 730620-1730  
RIKTNING VNV  
HASTIGHET 5 M/S



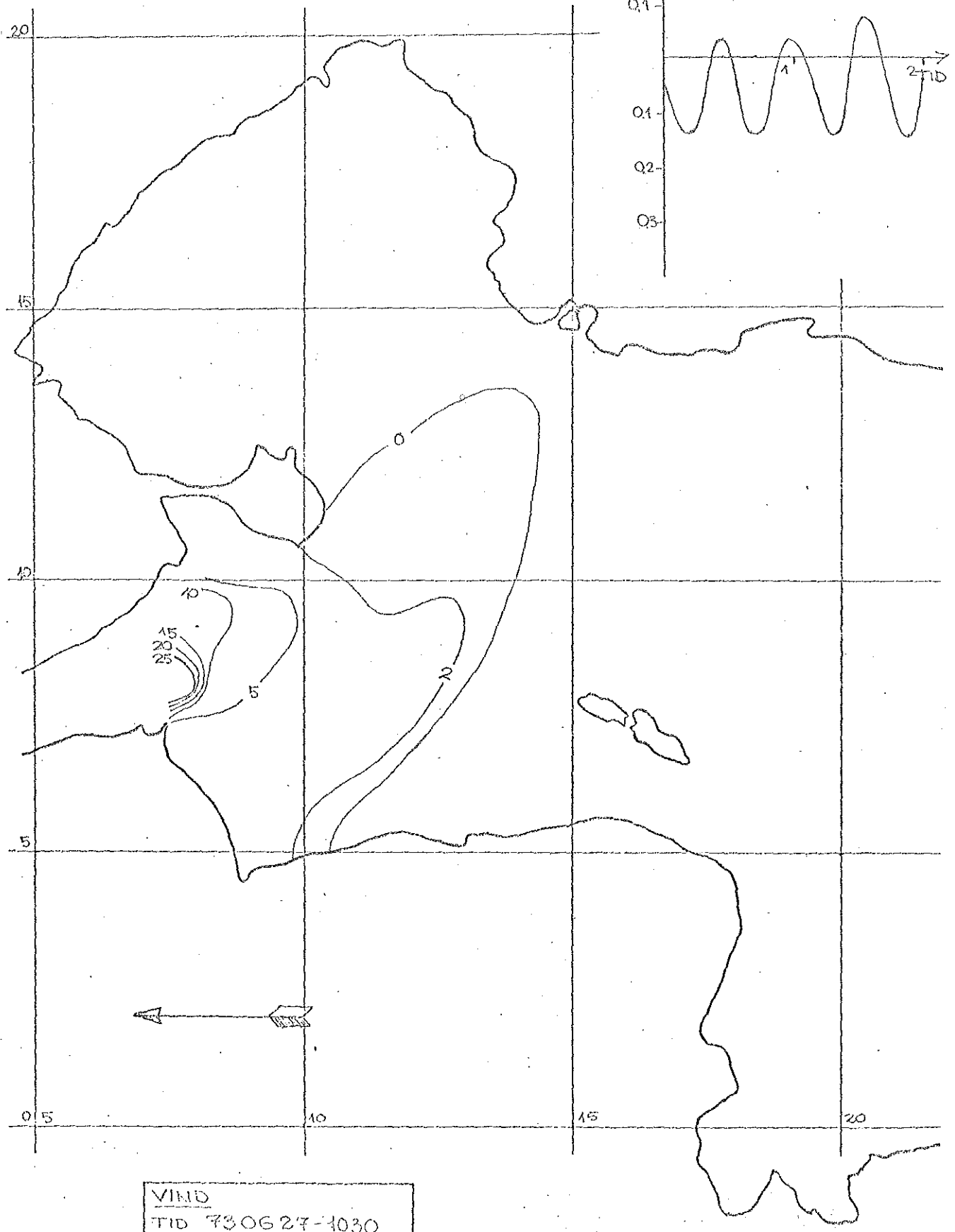
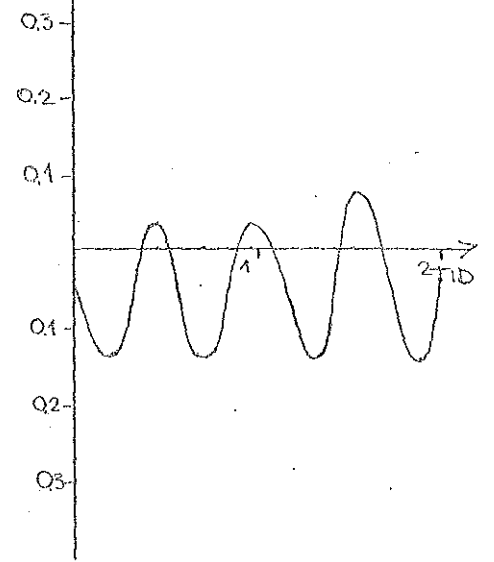
— KONC  
- - - - - TEMP  
- - - - - SALT

730620 - 1700

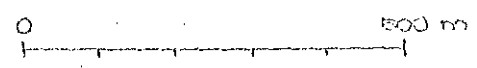


DOSERING: KONT	MÄTNING: 1
MÄNGD:	TID: 730627-1030
TID: 730625-1530	MULTIPLIKATOR: $10^{-10}$

VATTENSTÅND (m)  
Bilaga 26

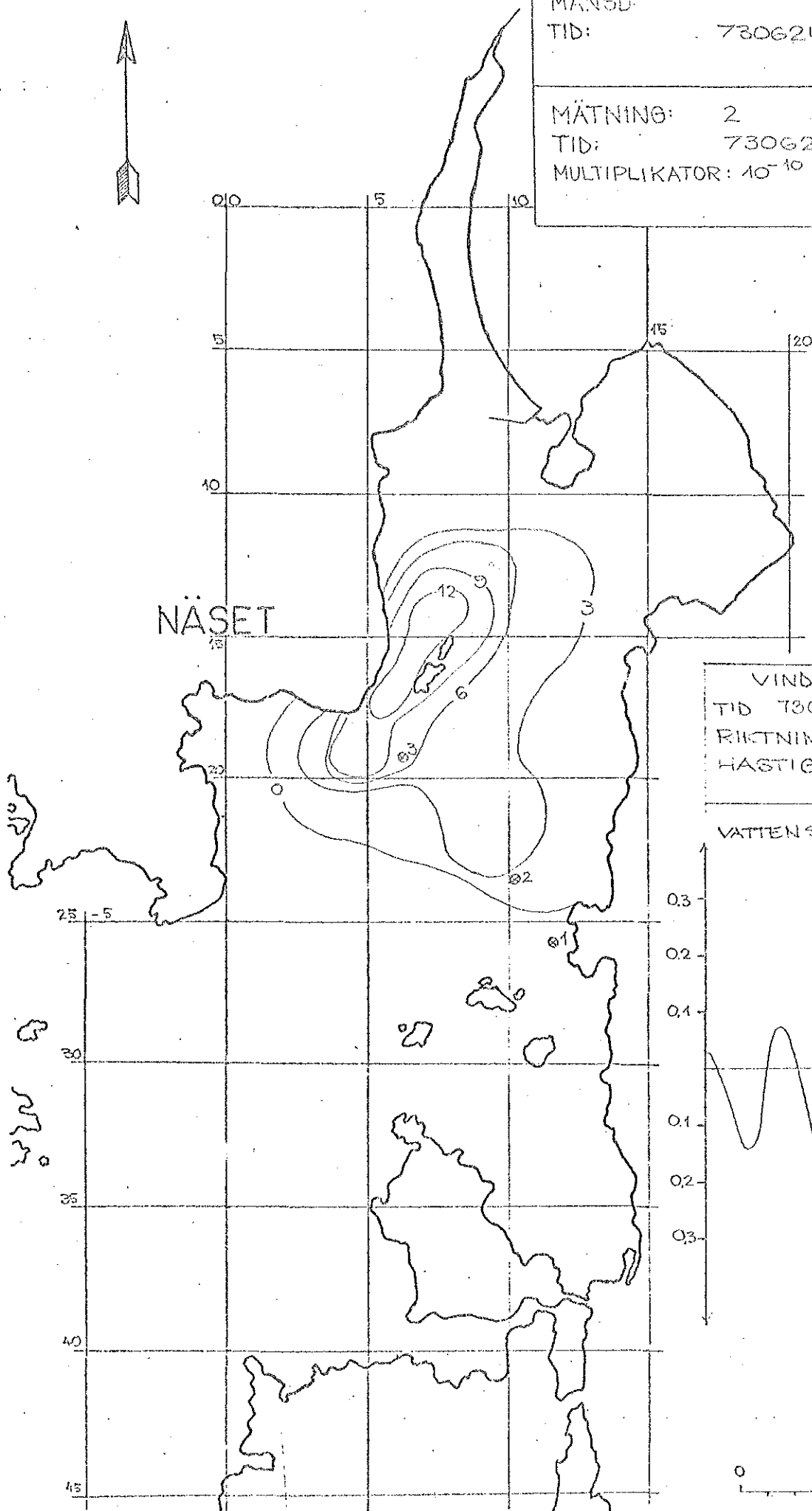


<u>VIND</u>
TID 730627-1030
RIKTN. SO
HAST. 8 M/S



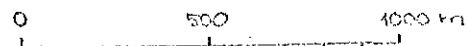
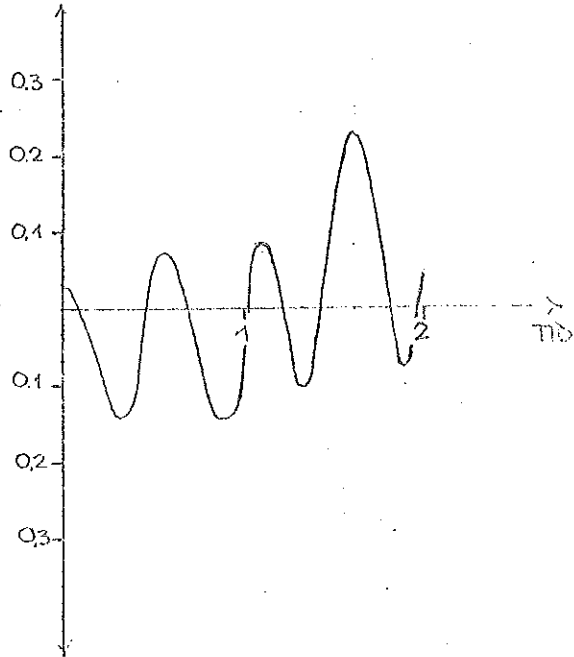
DOBERING: KONT  
MÄNSD:  
TID: 730625 - 1530

MÄTNING: 2  
TID: 730628 - 1200  
MULTIPLIKATOR: 10<sup>-10</sup>



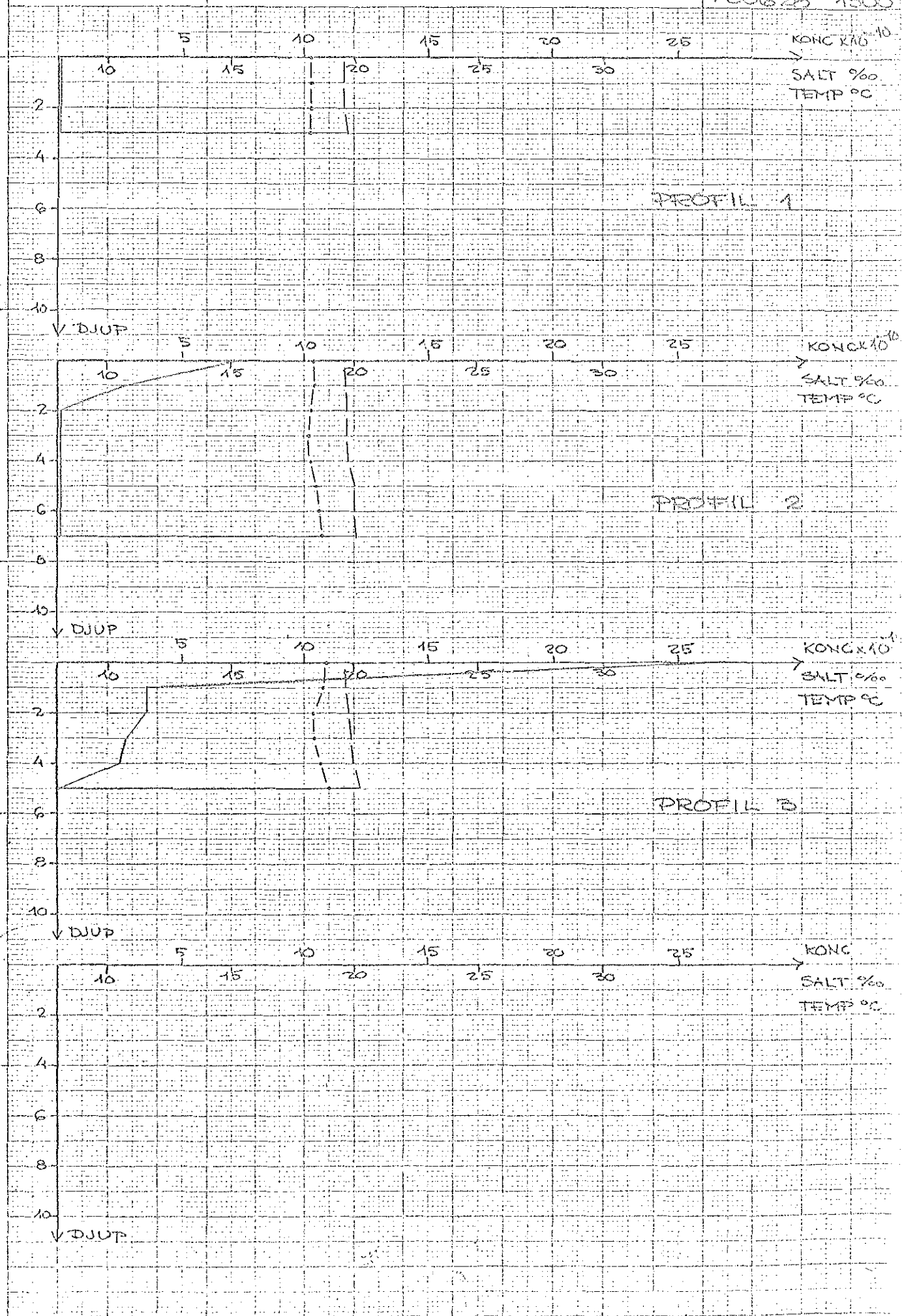
VIND  
TID 730628-1200  
RIKTNING VSV  
HASTIGHET 2M/S

VATTENSTÄND (m)

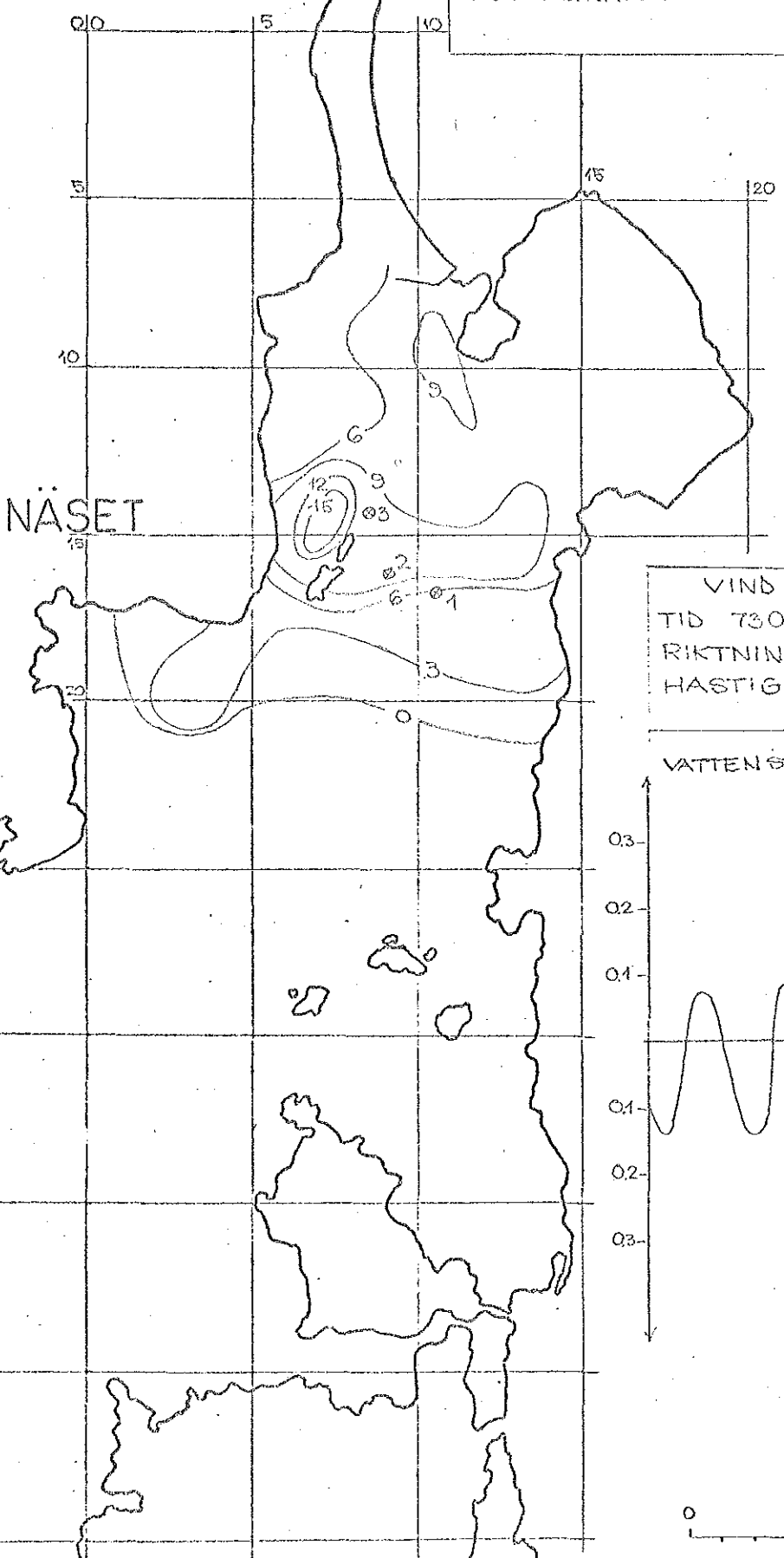


————— KONC  
 - - - - - TEMP  
 - - - - - SALT

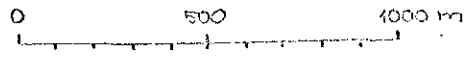
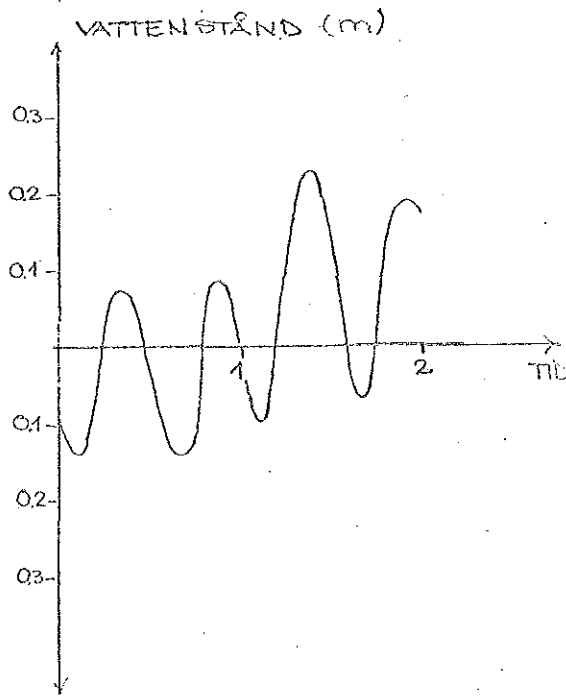
730628 1500



DOSERING: KONT  
 MÄNÖD:  
 TID: 730625 - 1530  
 MÄTNING: 3  
 TID: 730628 1530  
 MULTIPLIKATOR:  $10^{-10}$

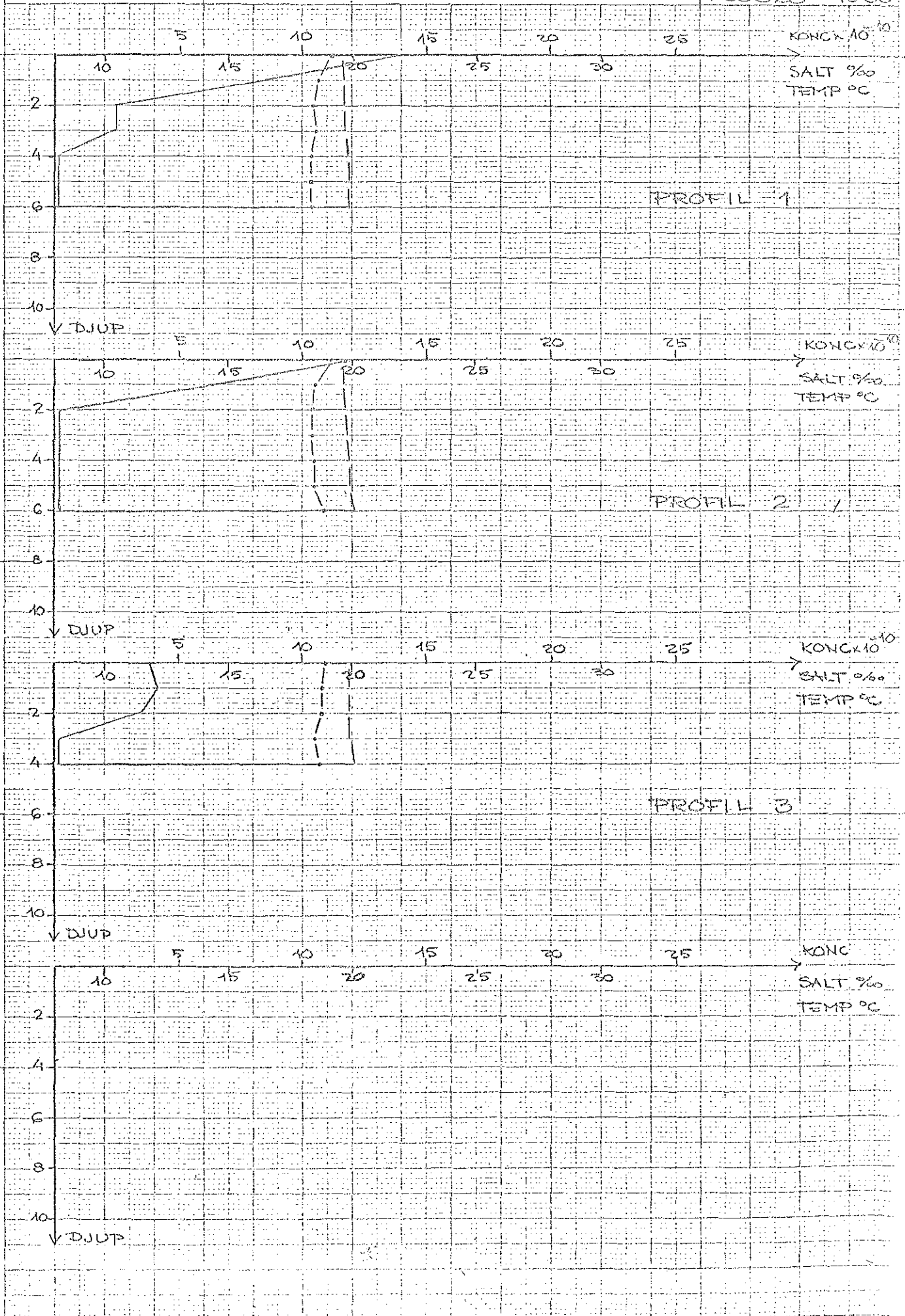


VIND  
 TID 730628 - 1530  
 RIKTNING V  
 HASTIGHET 2 M/S



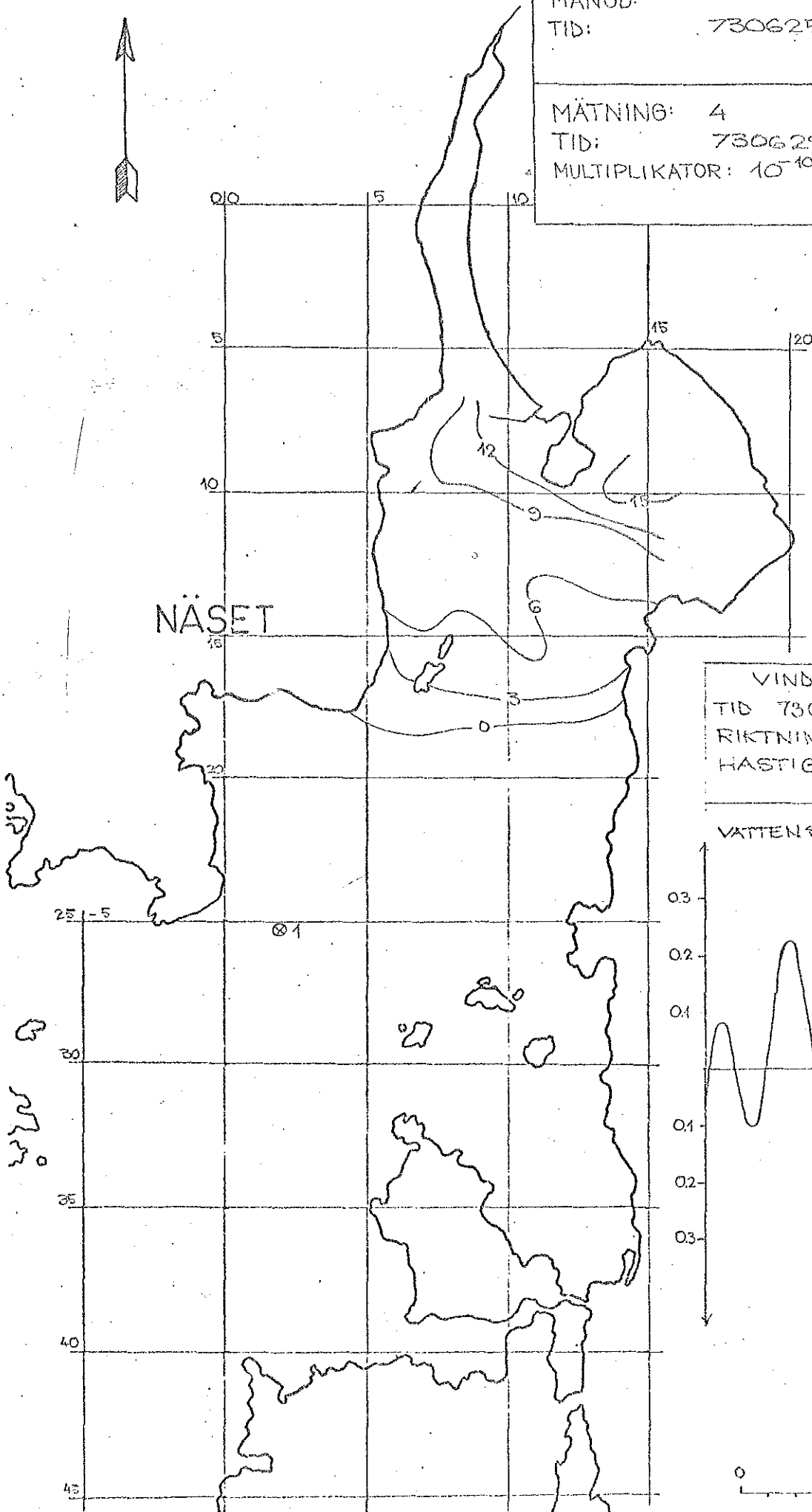
— KONC  
- - - TEMP  
- - - SALT

730628-1630

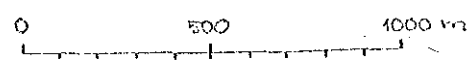
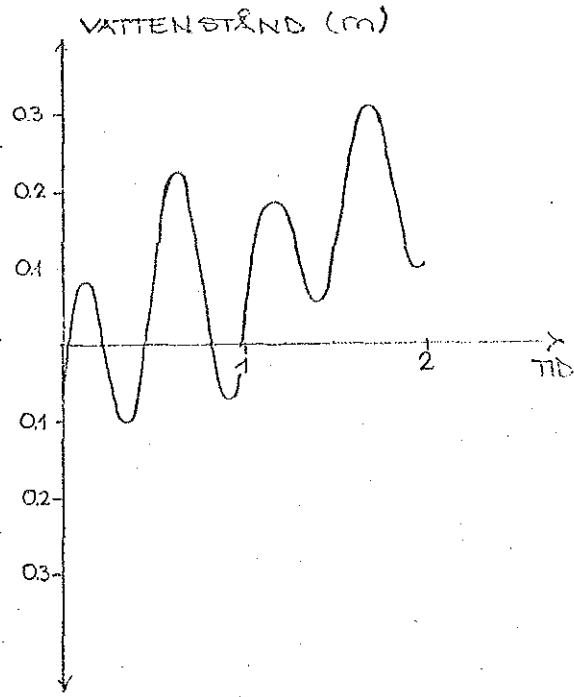


DOSERING: KONT  
MÄNÖD:  
TID: 730625 - 1530

MÄTNING: 4  
TID: 730629 - 1130  
MULTIPLIKATOR: 10<sup>-10</sup>

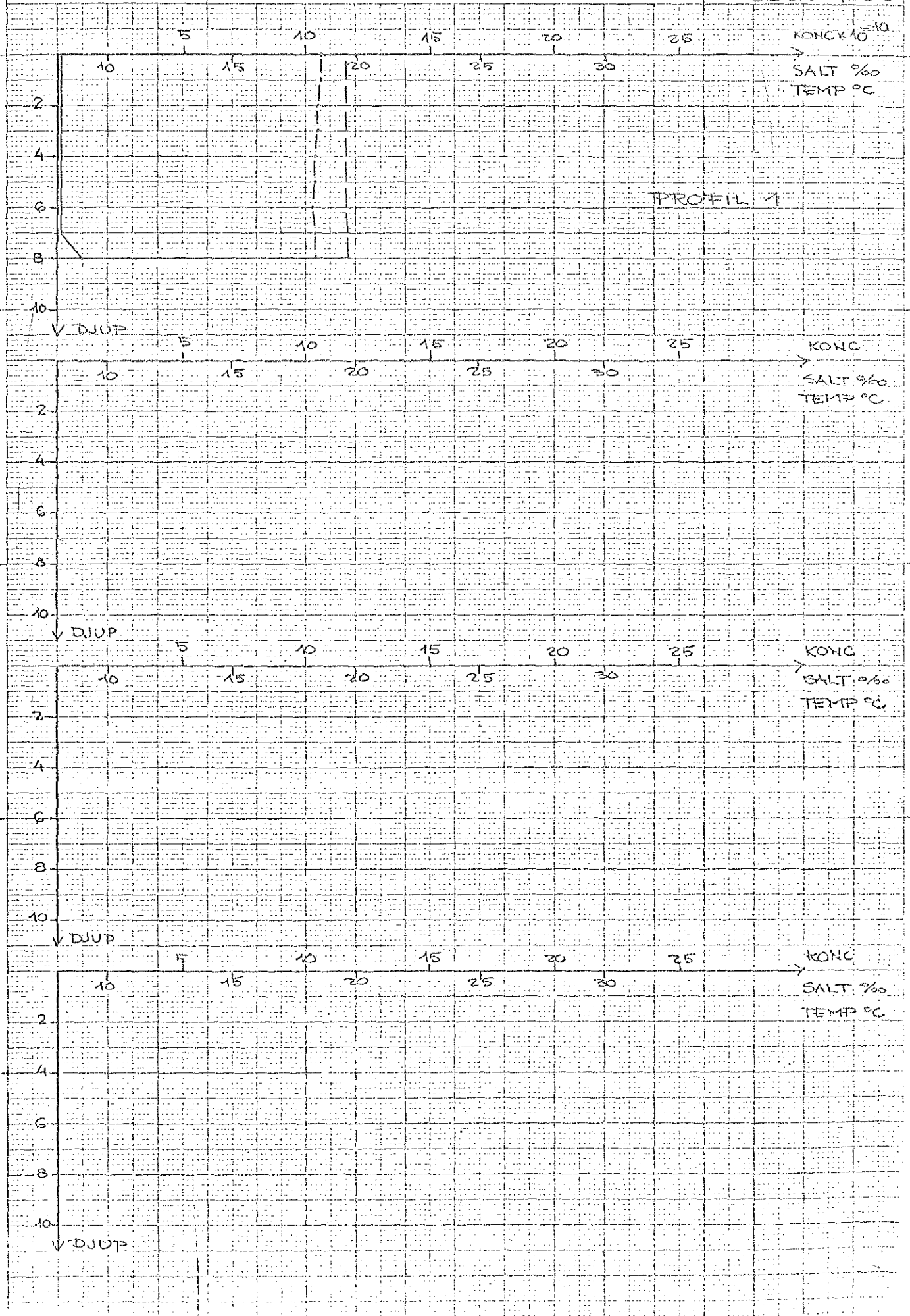


VIND  
TID 730629-1130  
RIKTNING VSV  
HASTIGHET 8M/S



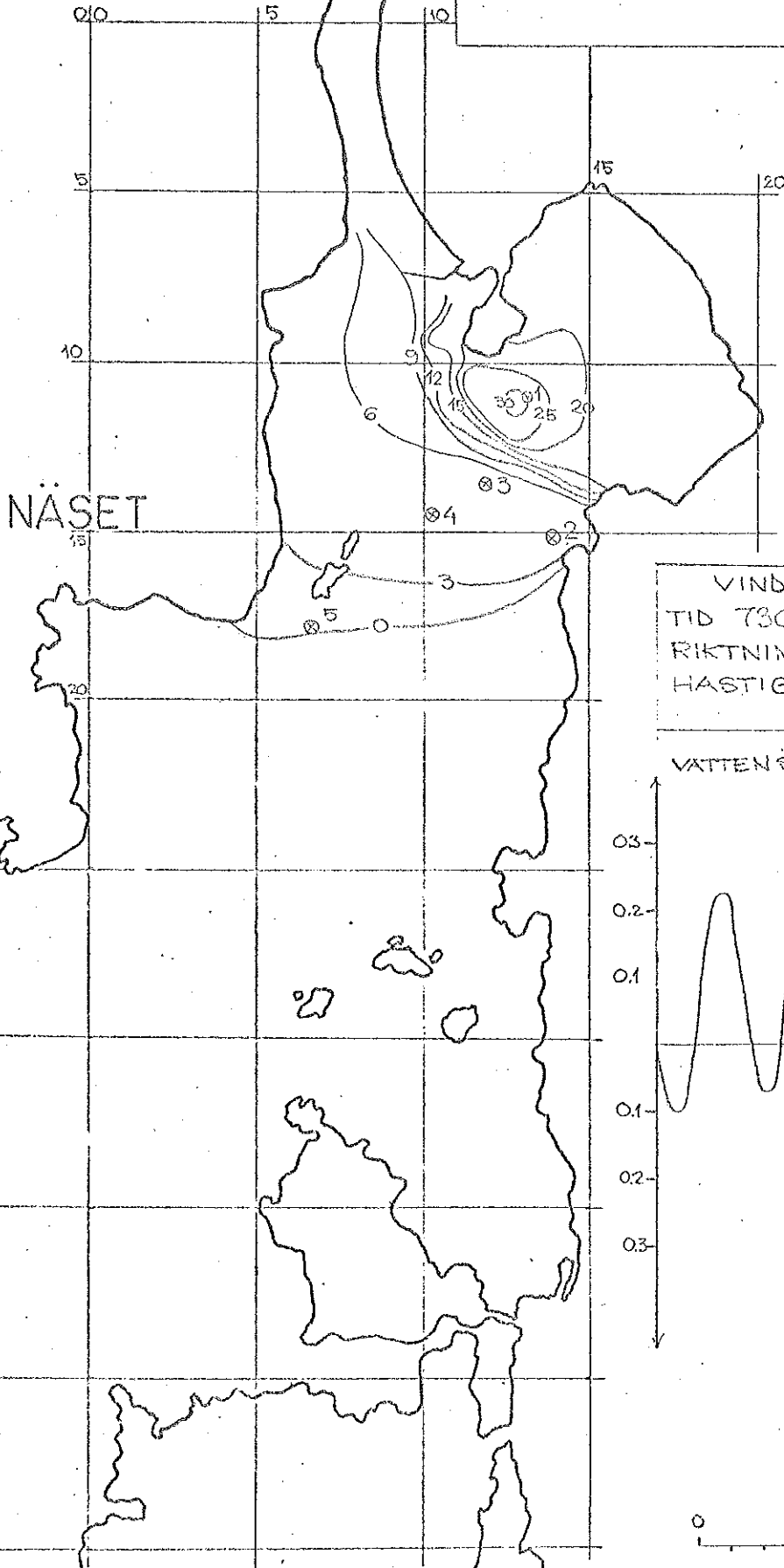
730629-1205

— KONC  
- - - TEMP  
- - - SALT

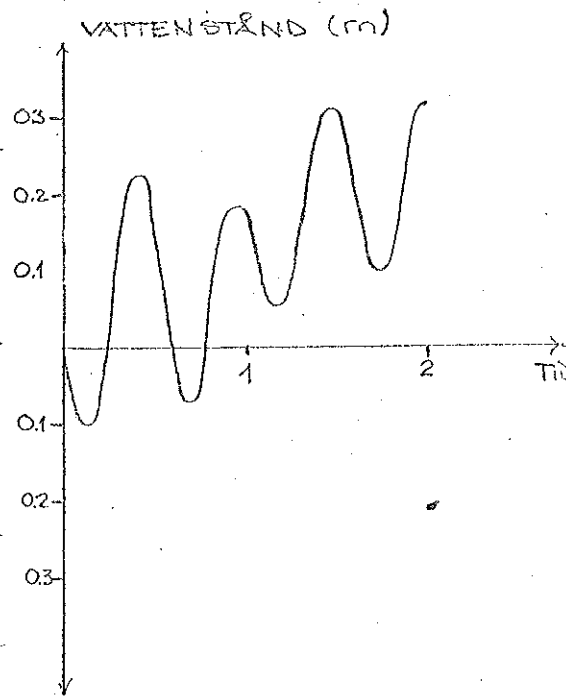


DOSERING: KONT  
MÄNGD:  
TID: 730625 - 1530

MÄTNING: 5  
TID: 730629 - 1500  
MULTIPLIKATOR:  $10^{-10}$

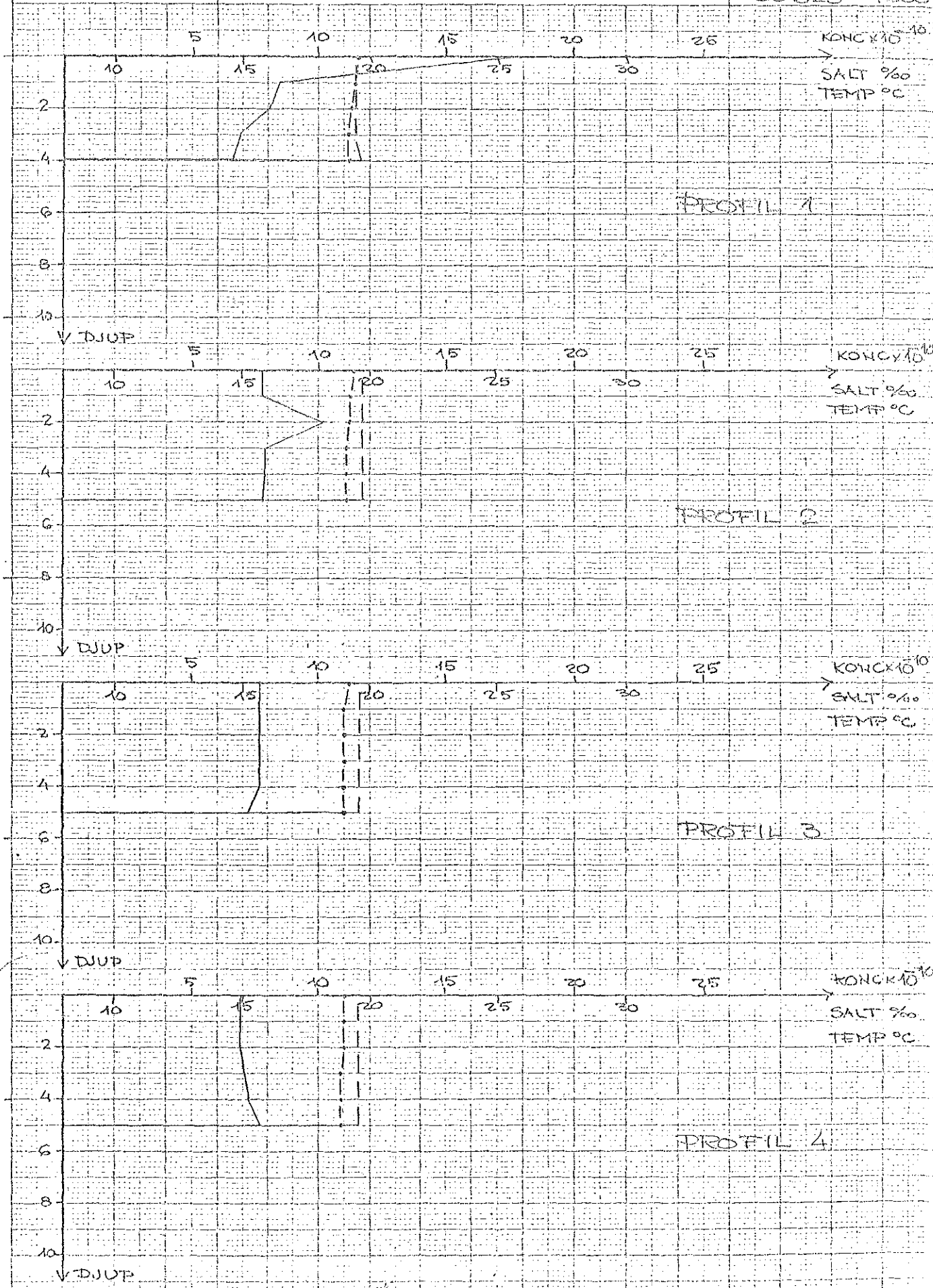


VIND  
TID 730629 - 1500  
RIKTNING SV  
HASTIGHET 9 M/S



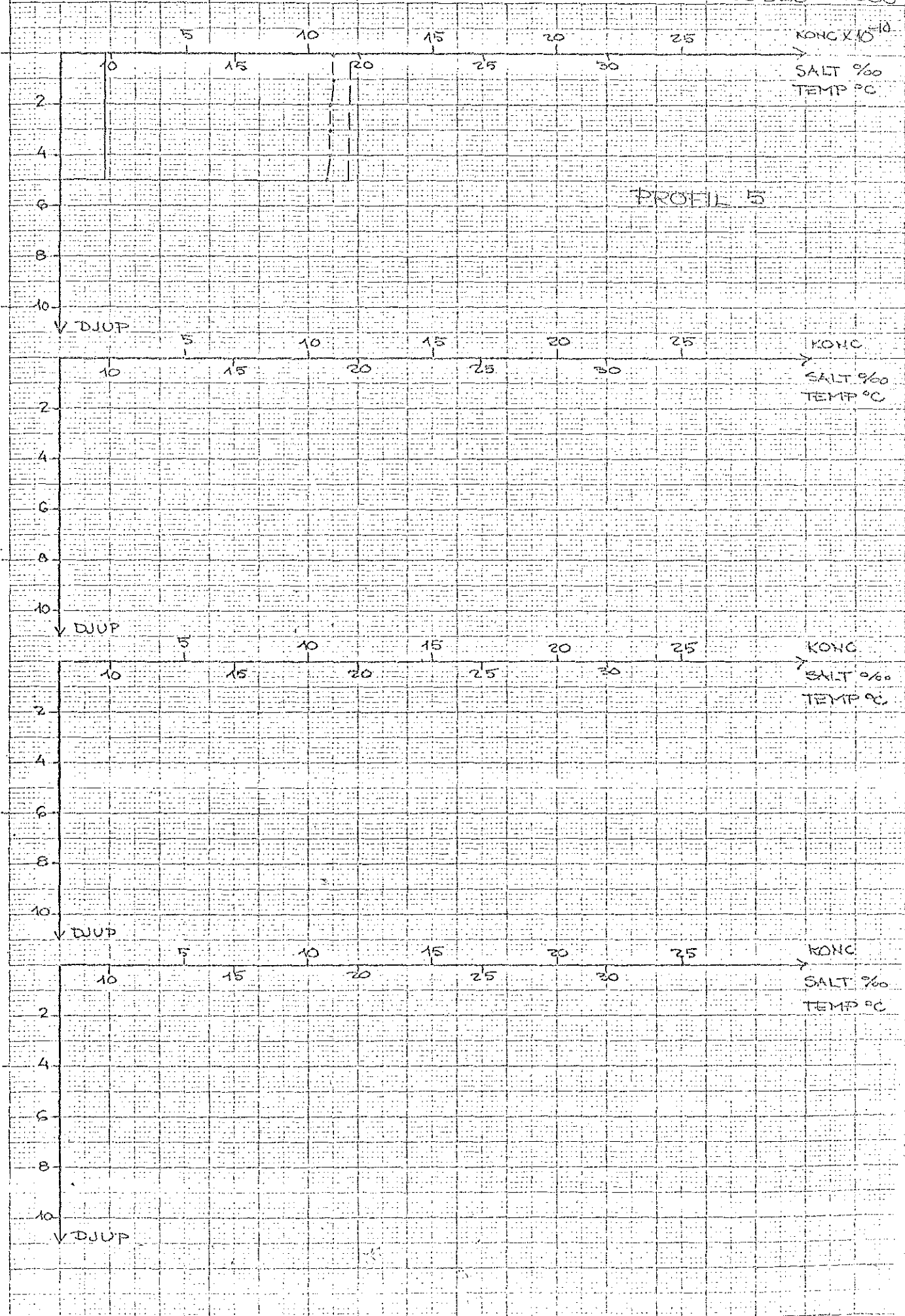
730629-1600

— KONC  
- - - TEMP  
- - - SALT



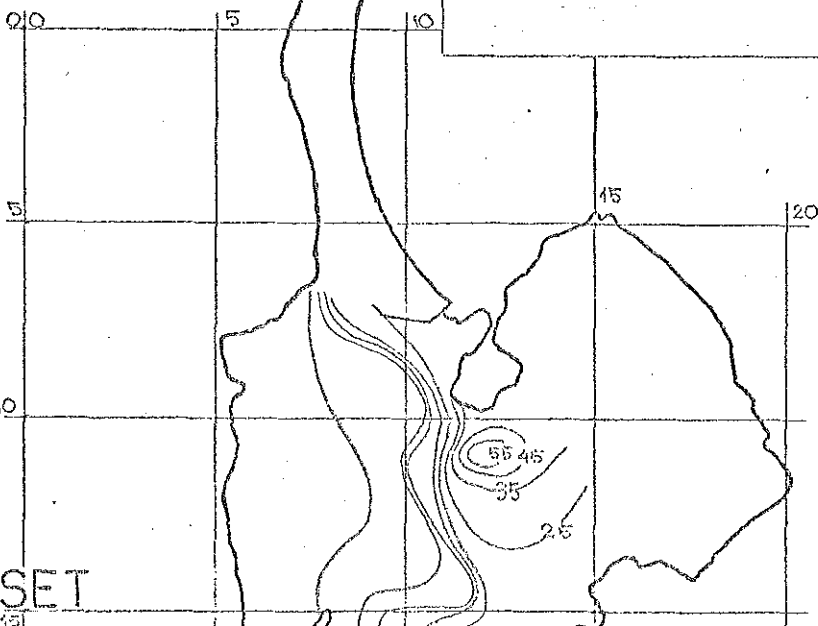
— KONG  
- - - - - TEMP  
- - - - - SALT

730629 - 1600



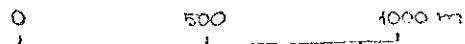
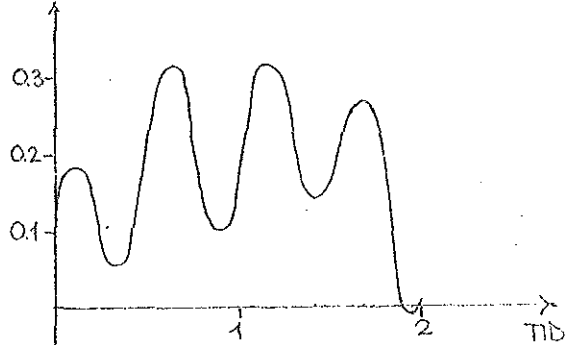
DOSERING: KONT  
MÄNSD:  
TID: 730625 - 1530

MÄTNING: 6  
TID: 730630 - 1100  
MULTIPLIKATOR: 10<sup>10</sup>



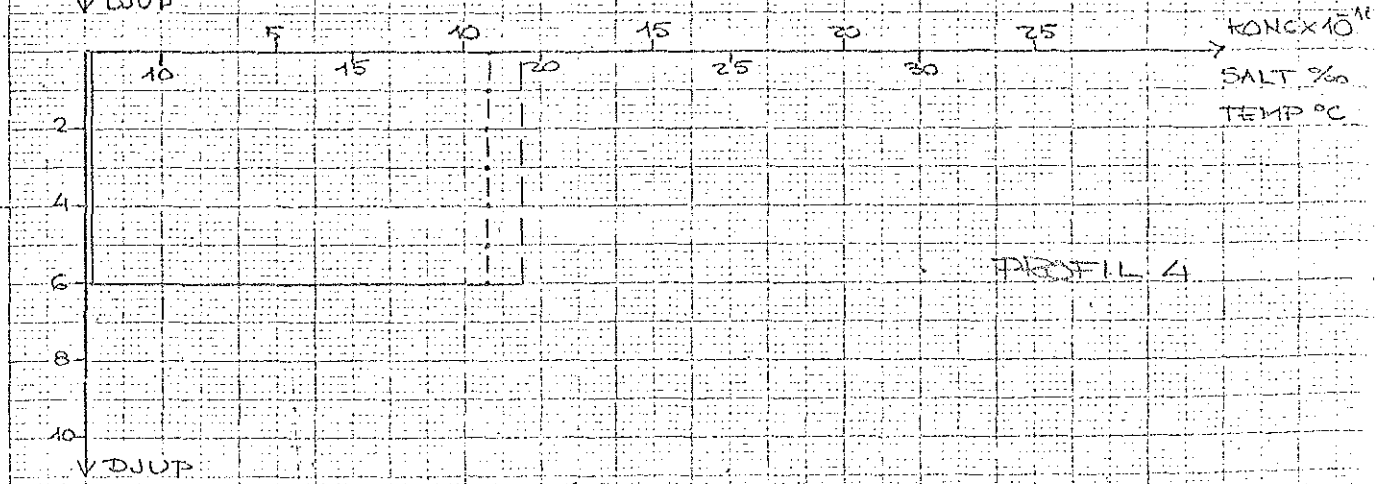
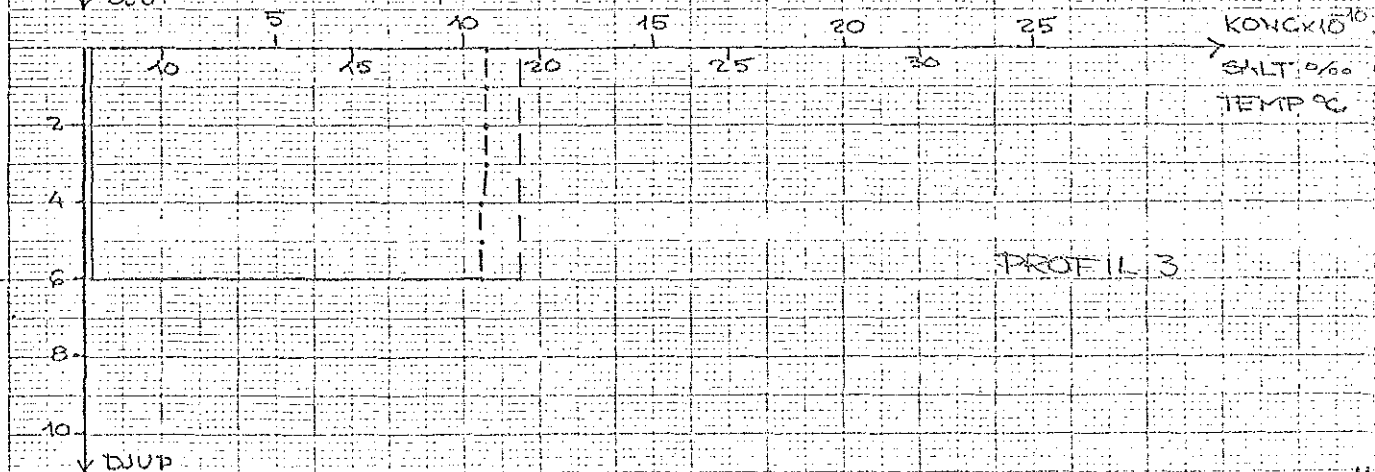
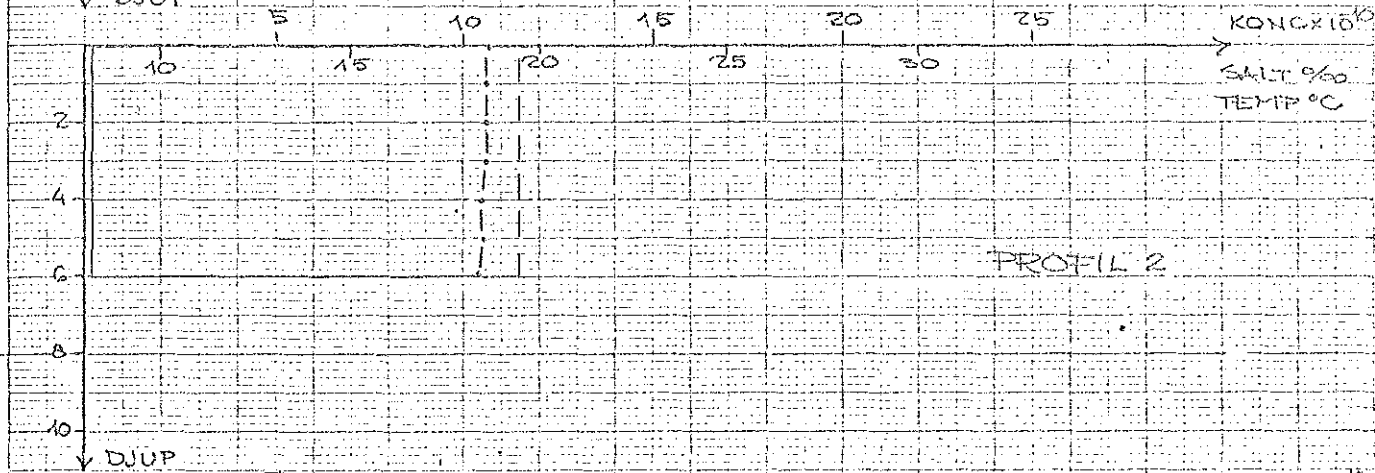
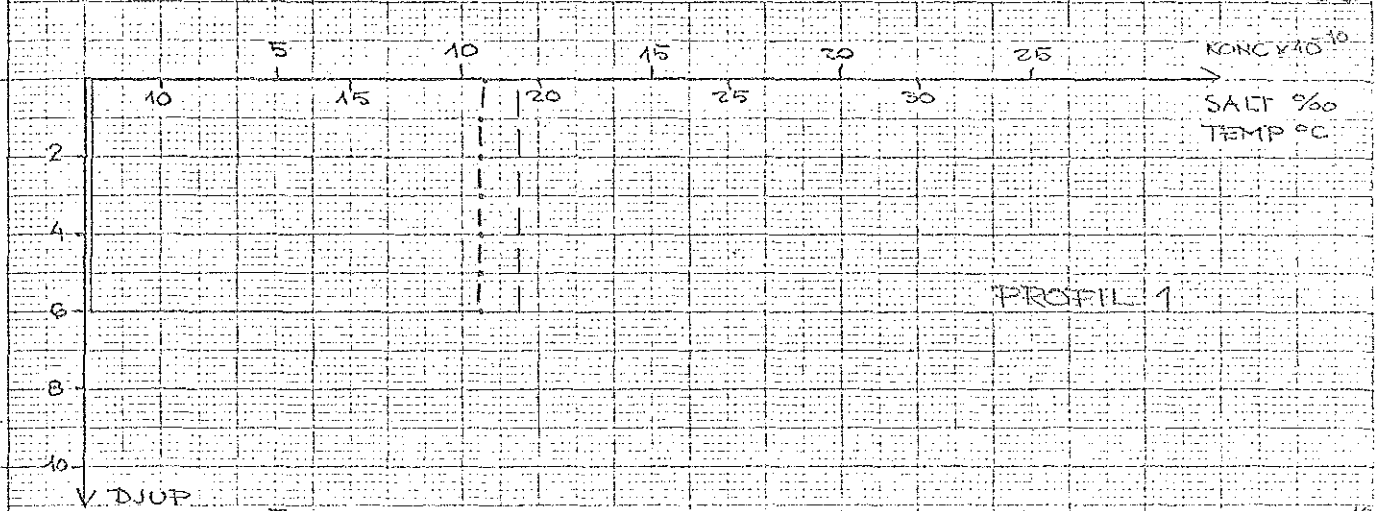
VIND  
TID 730630 - 1100  
RIKTNING SV  
HASTIGHET 4M/S

VATTENSTÄND (m)



— KONG  
- - - TEMP  
- - - SALT

730630--1200



DOSERING: KONT

Bilaga 38

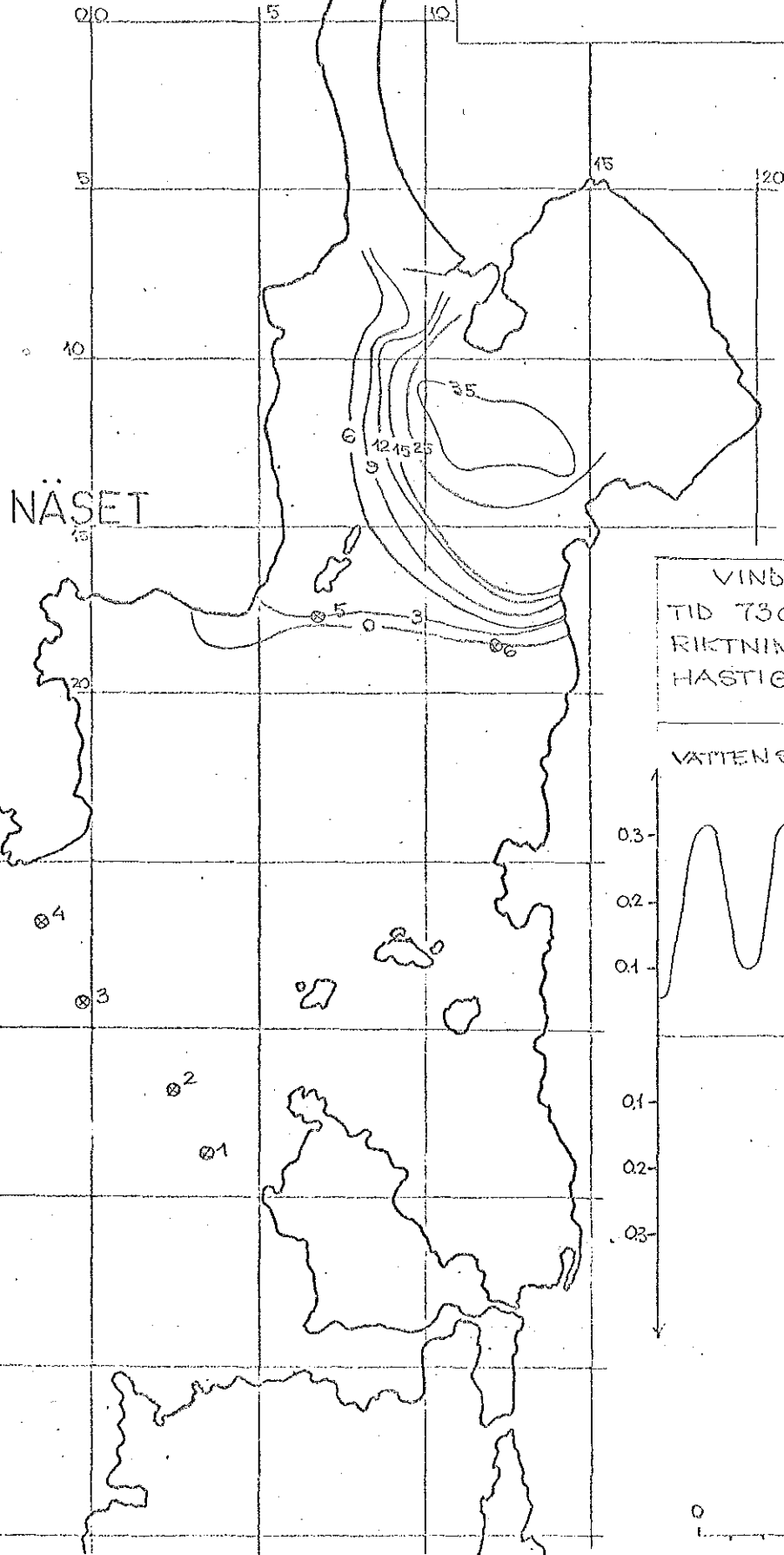
MÄNÖD:

TID: 730625 - 1530

MÄTNING: 7

TID: 730630 - 1900

MULTIPLIKATOR:  $10^{-10}$



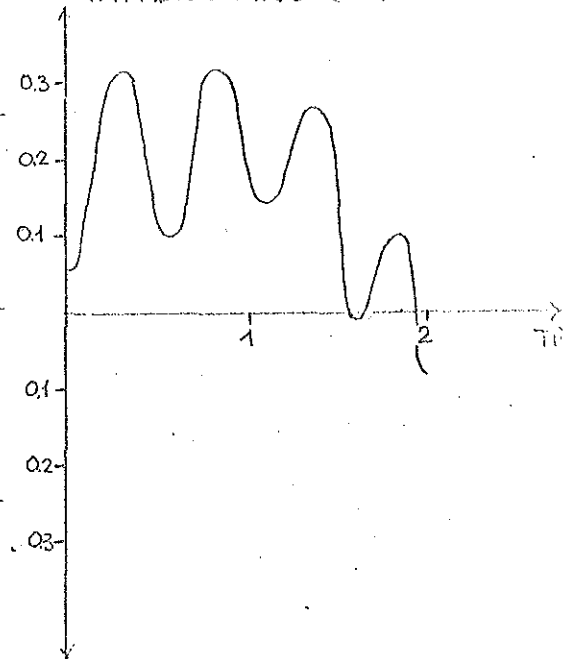
VINÖ

TID 730630 - 1900

RIKTNING SV

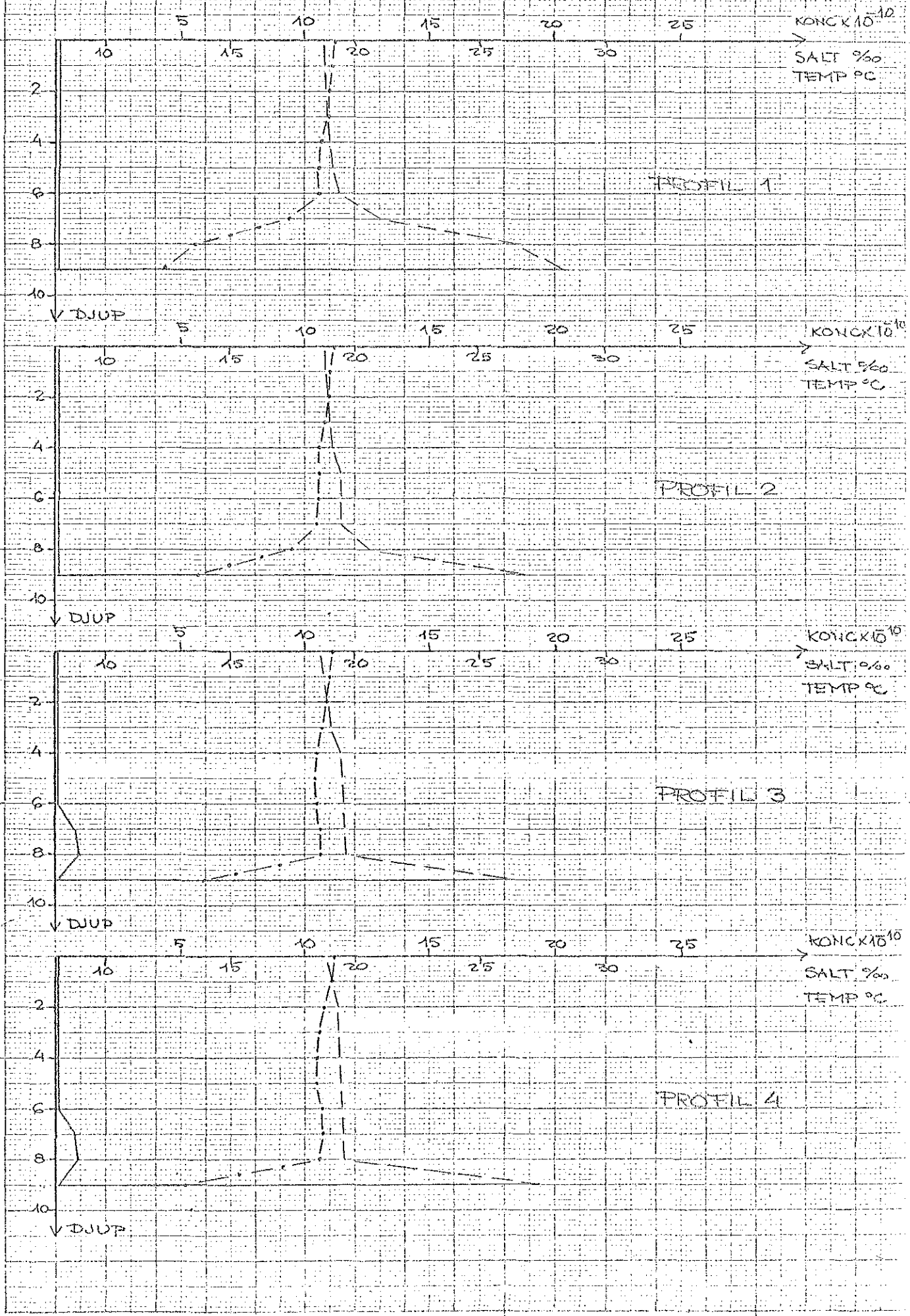
HASTIGHET 3M/S

VATTENSTÄND (m)



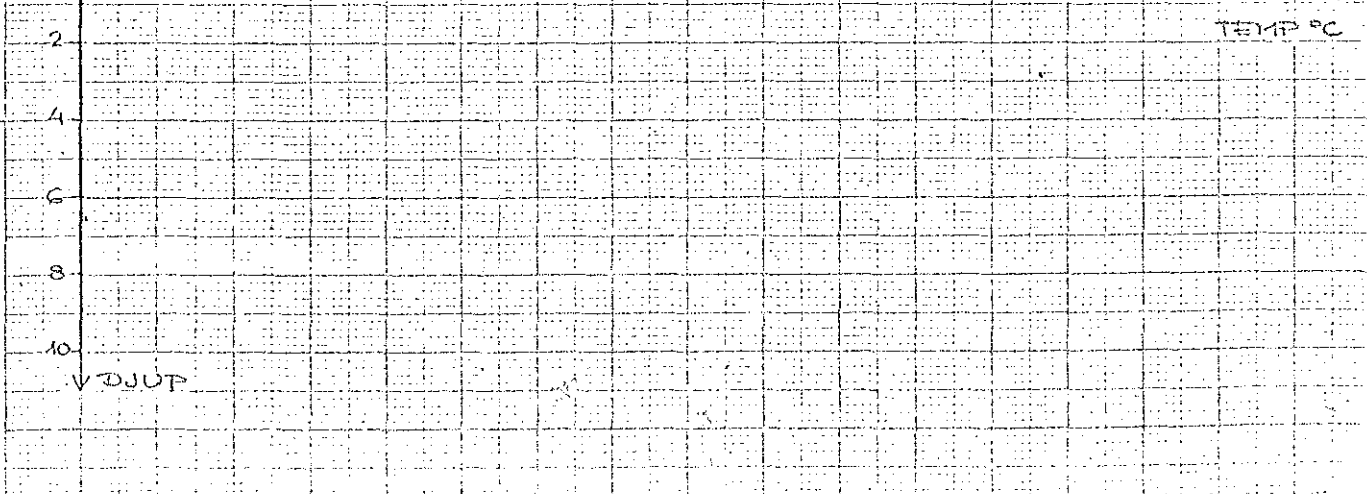
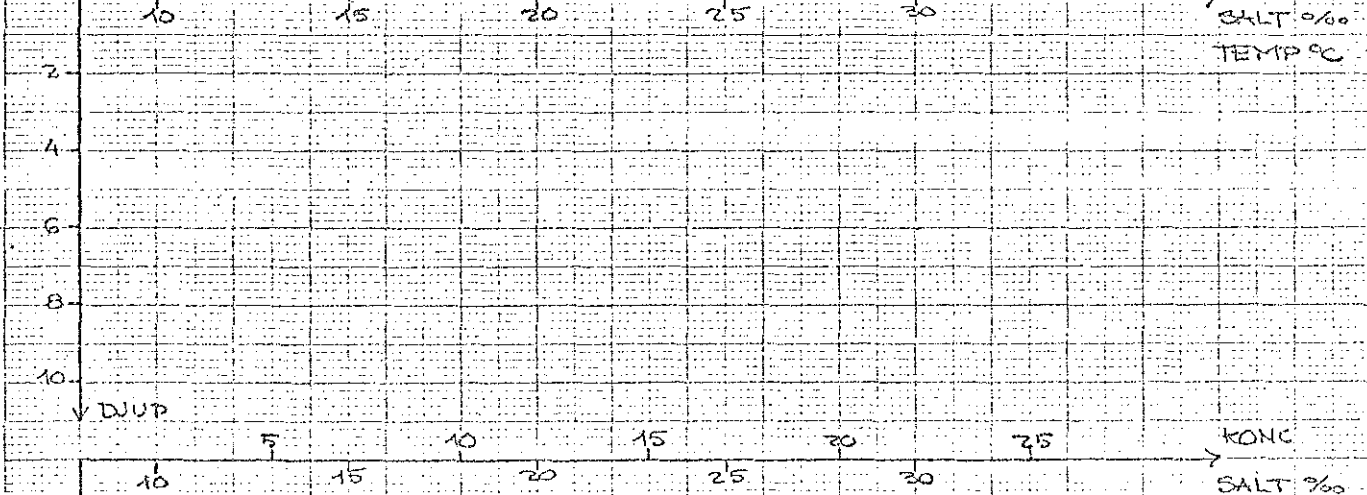
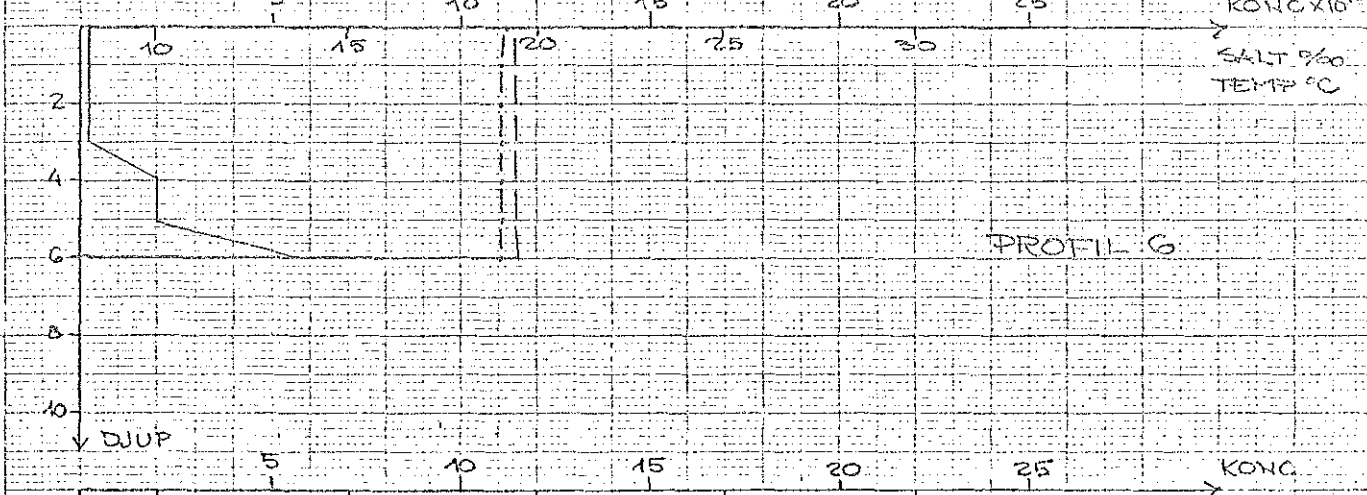
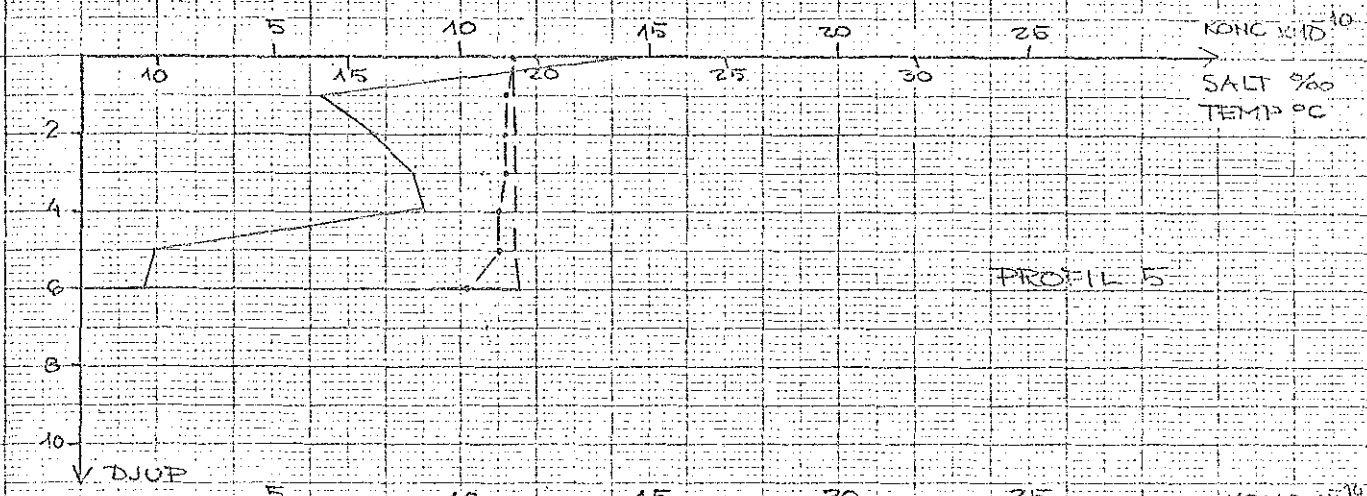
— KONC  
- - - TEMP  
- - - SALT

730630-1630



— KONC  
- - - TEMP  
- - - SALT

730630-1630



DOSERING: KONT

Bilaga 41

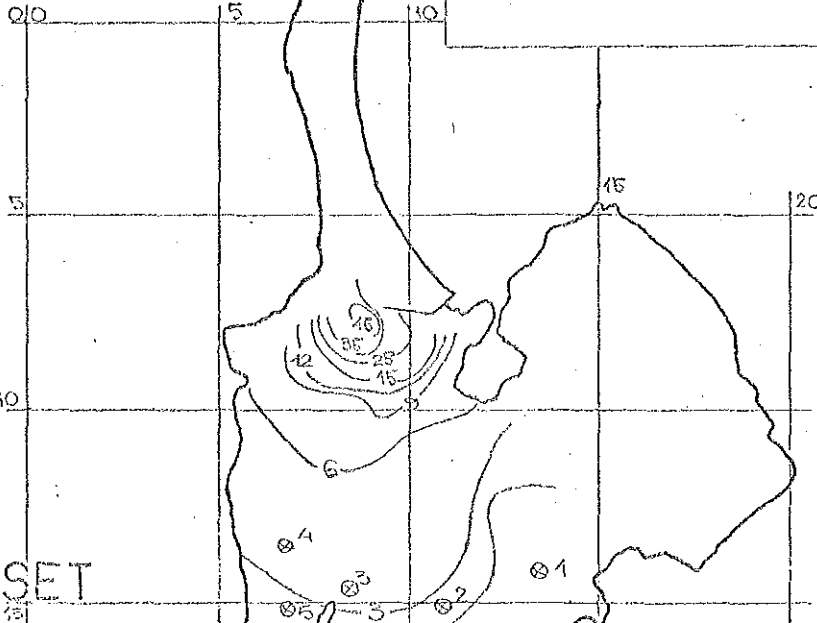
MÄNSD:

TID: 730625 - 1530

MÄTNING: 8

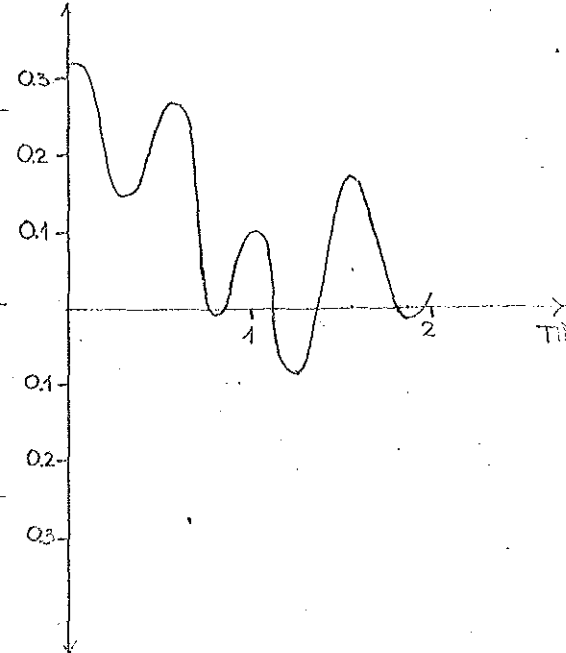
TID: 730701 - 1400

MULTIPLIKATOR:  $10^{-10}$

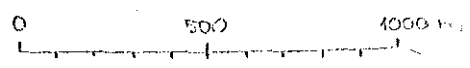


VIND  
TID 730701 - 1400  
RIKTNING 850  
HASTIGHET 3M/S

VATTENSTÄND (m)

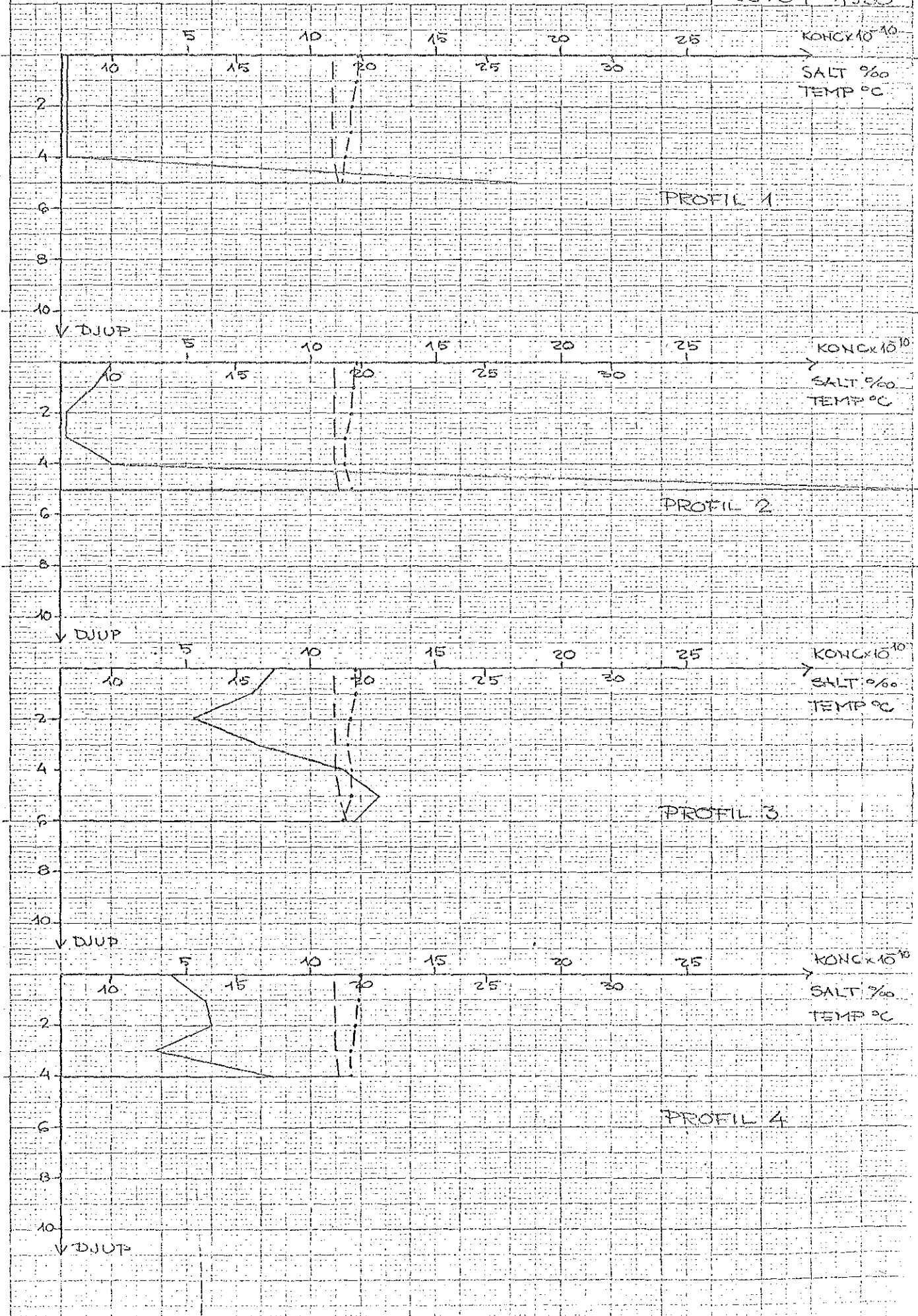


25 - 5



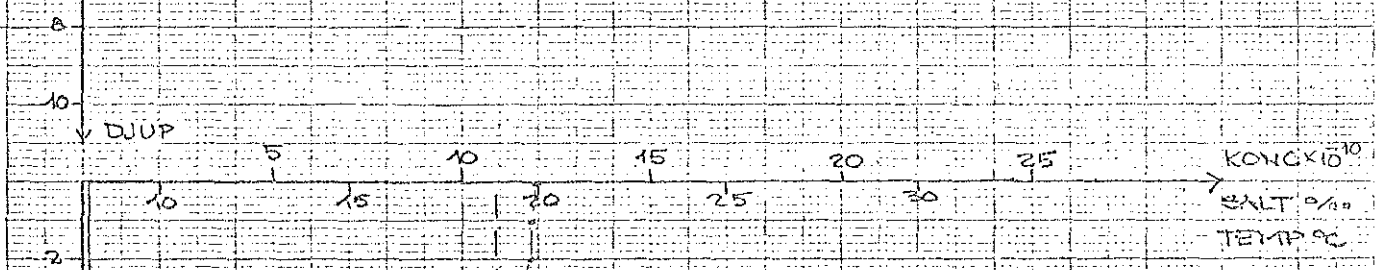
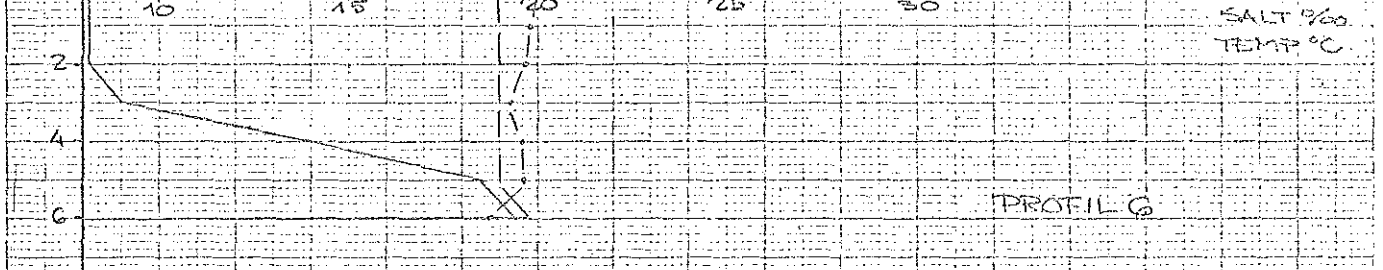
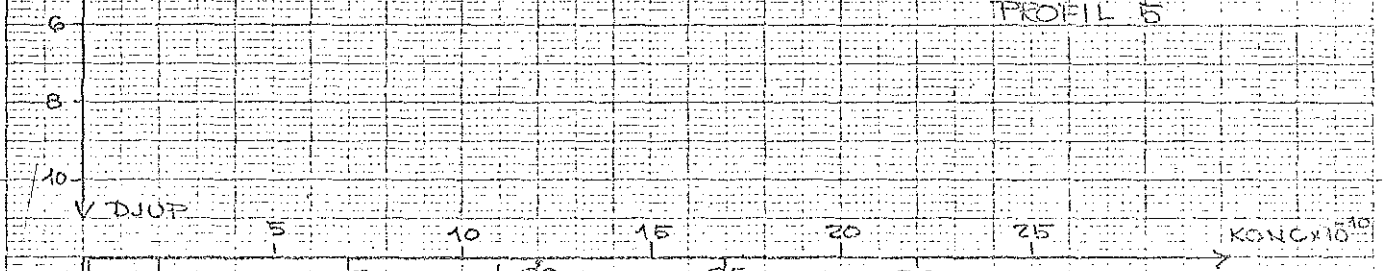
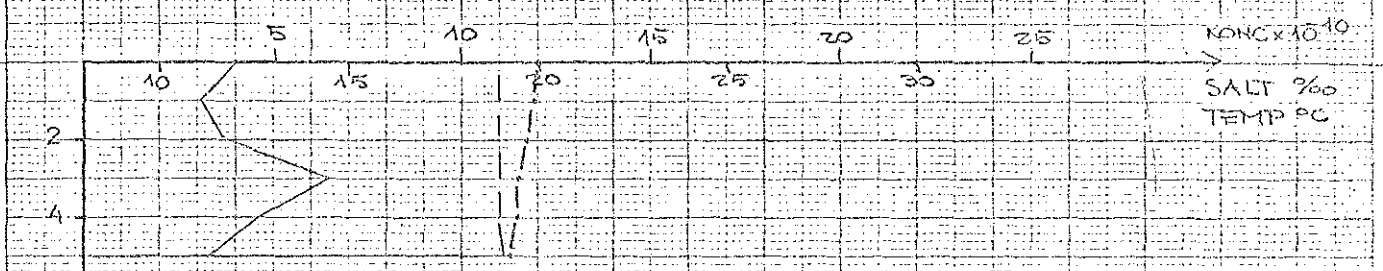
— KONG  
- - - TEMP  
- - - SALT

730701-1530



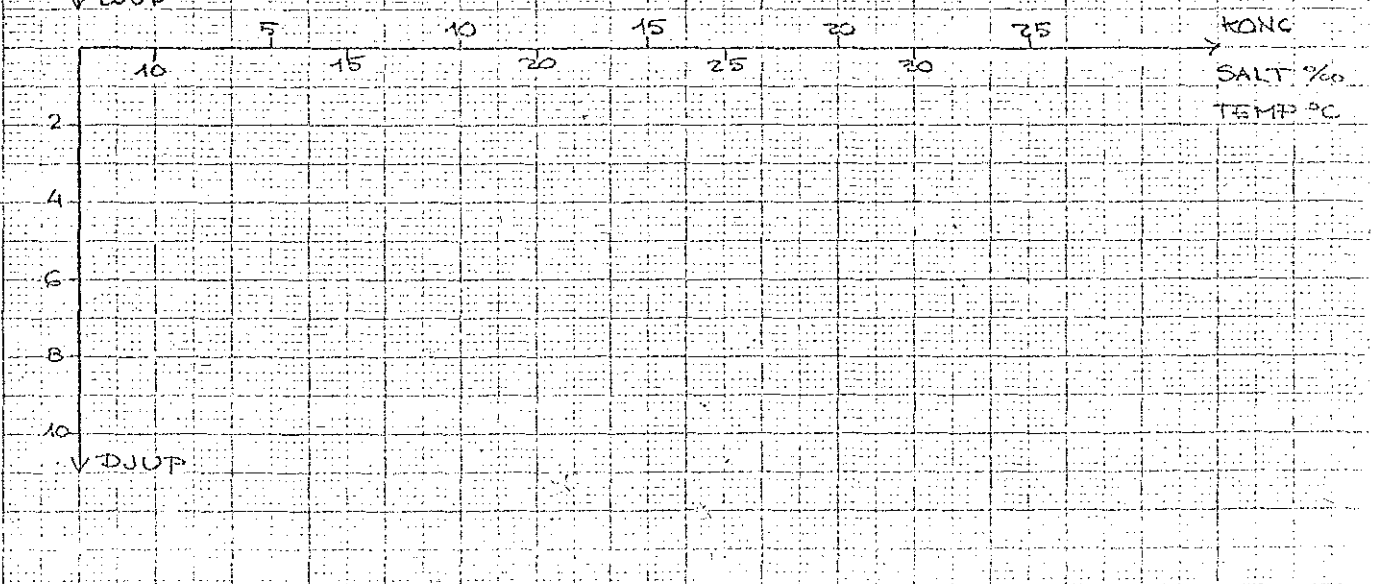
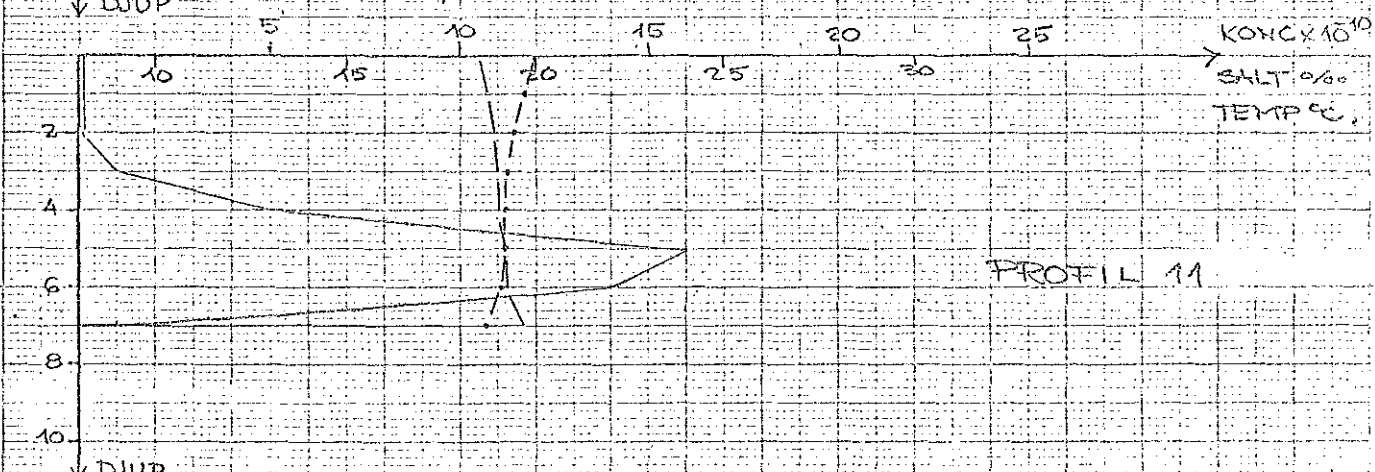
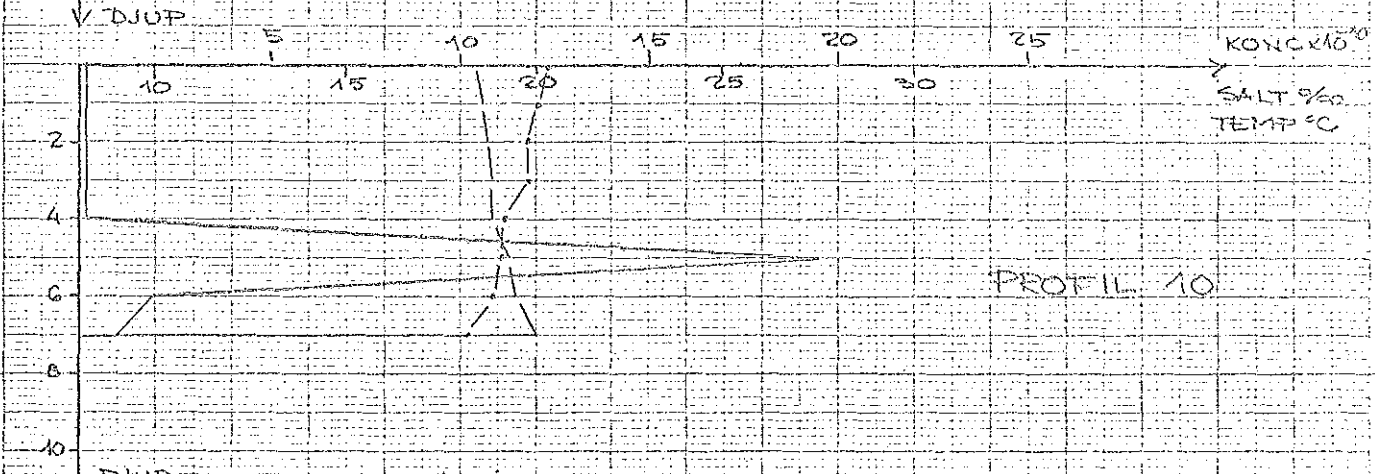
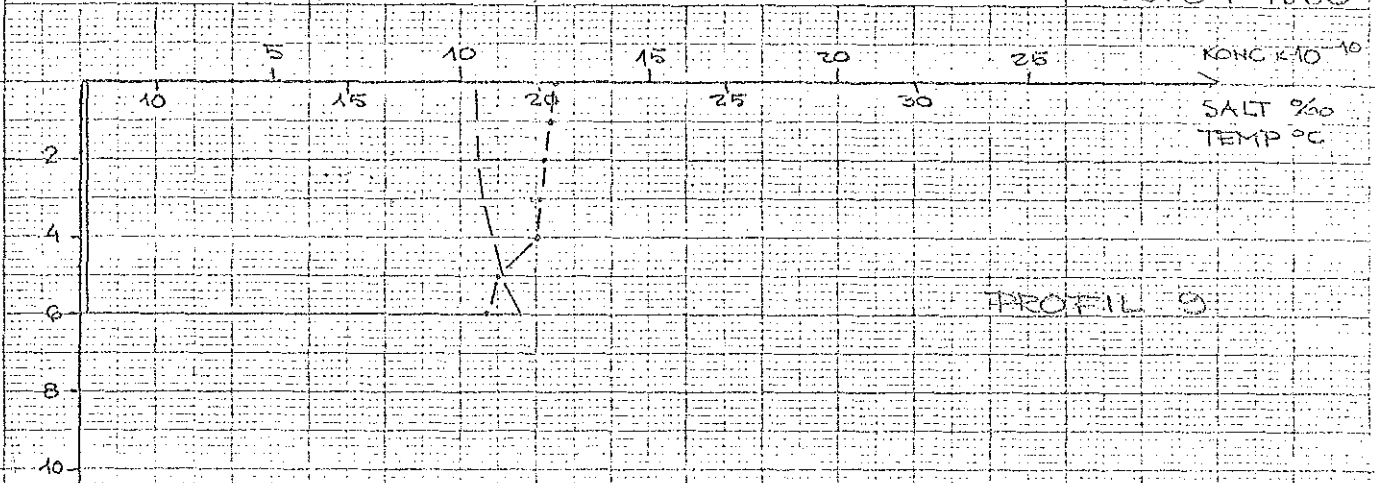
— KONG  
- - - TEMP  
- - - SALT

730701-1530

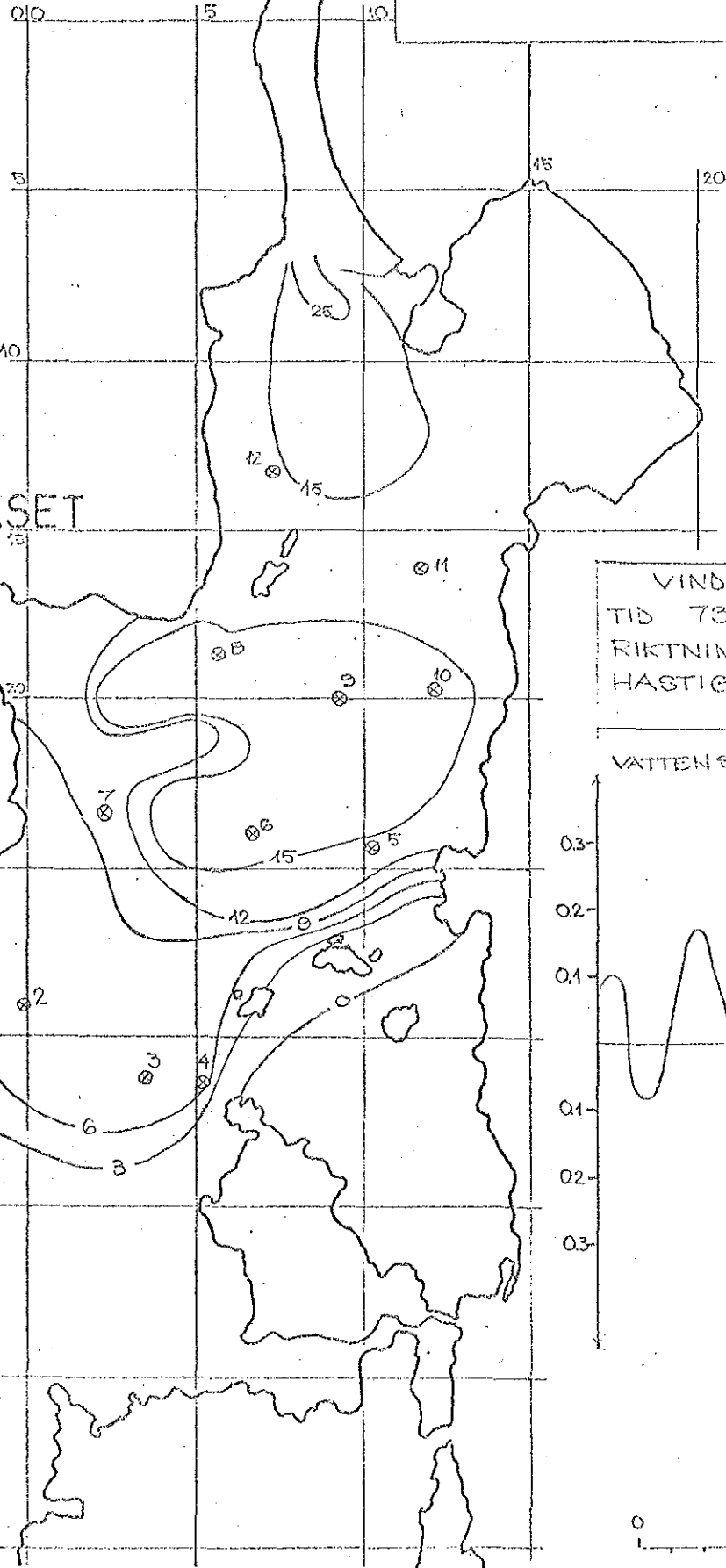


— KONC  
- - - TEMP  
- - - SALT

730701-1530

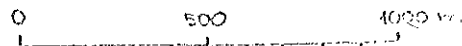
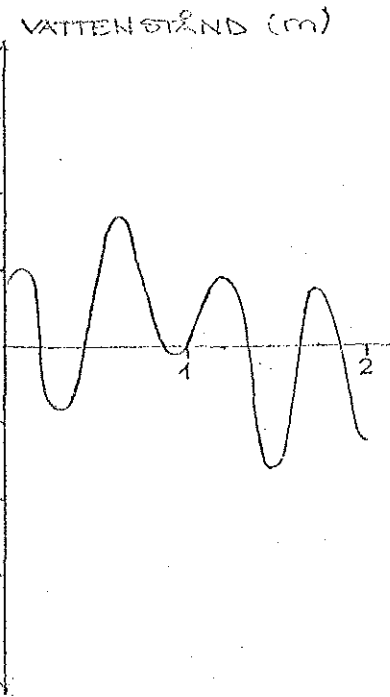


DOSERING:	KONT
MÄNÖD:	
TID:	730625 - 1530
MÄTNING:	9
TID:	730702 - 1200
MULTIPLIKATOR:	10 <sup>-10</sup>



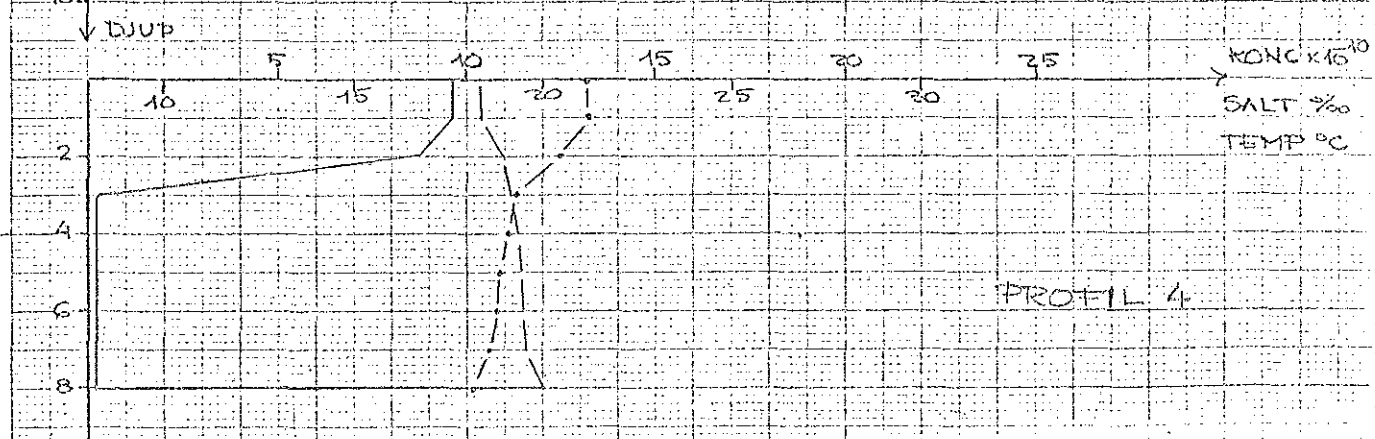
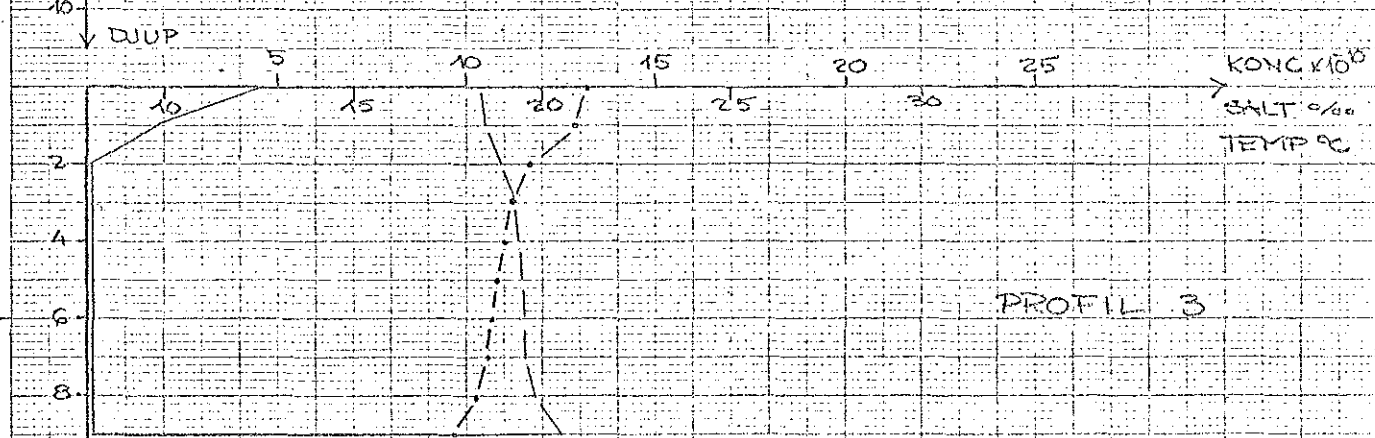
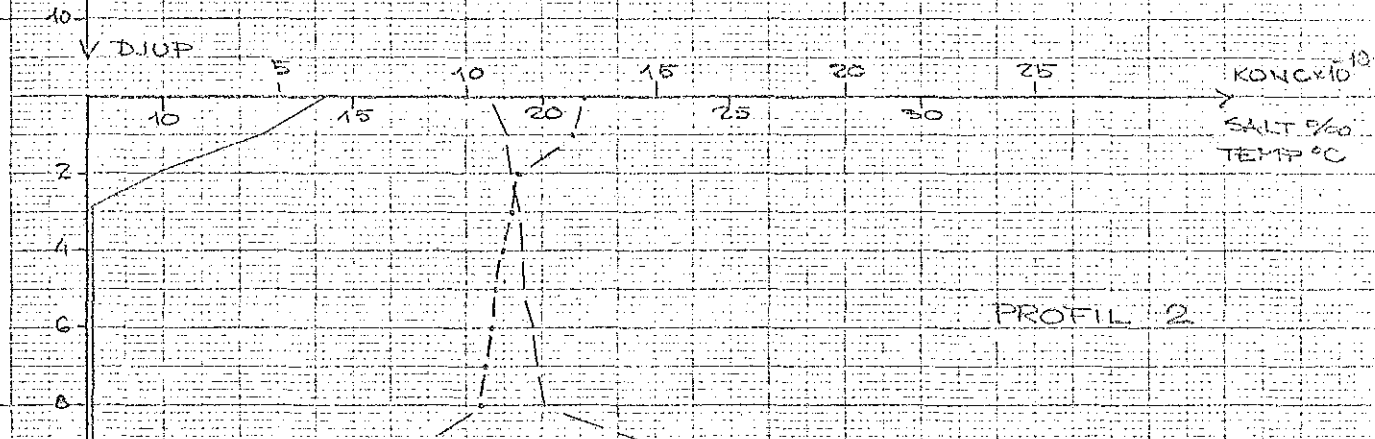
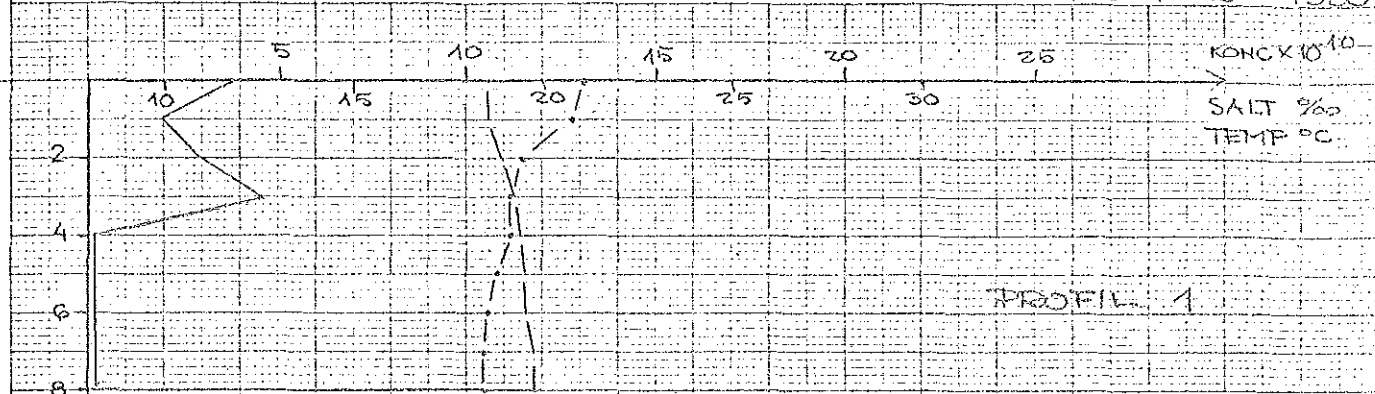
NÄSET

VIND
TID 730702 - 1200
RIKTNING 85V
HASTIGHET 2 M/S



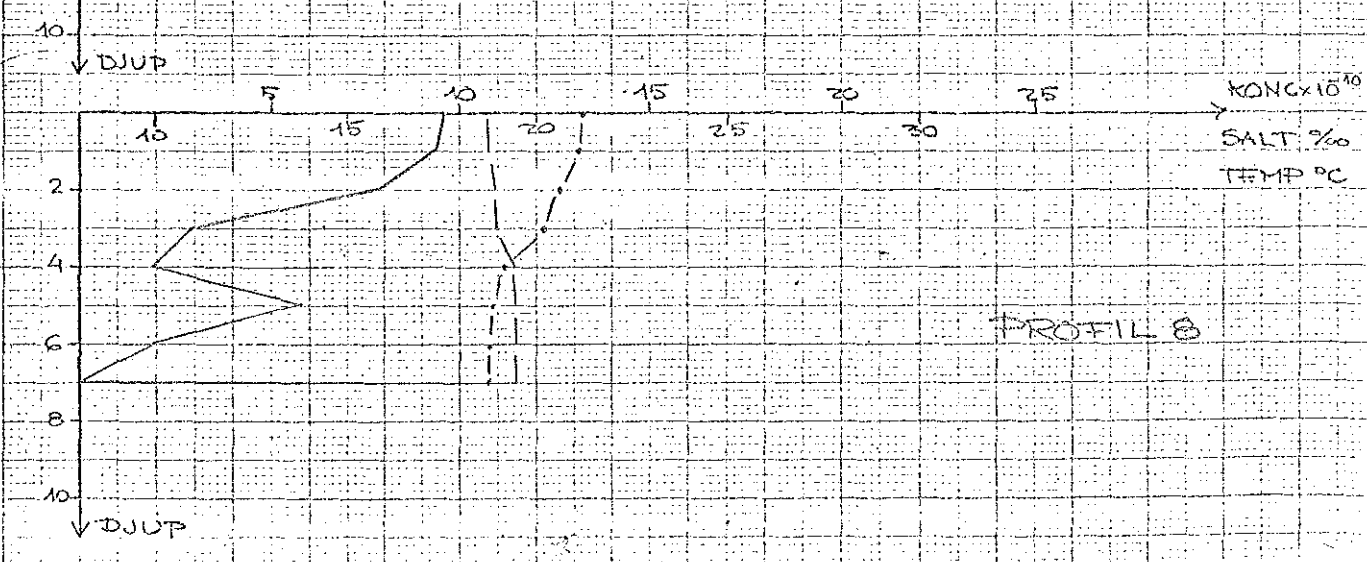
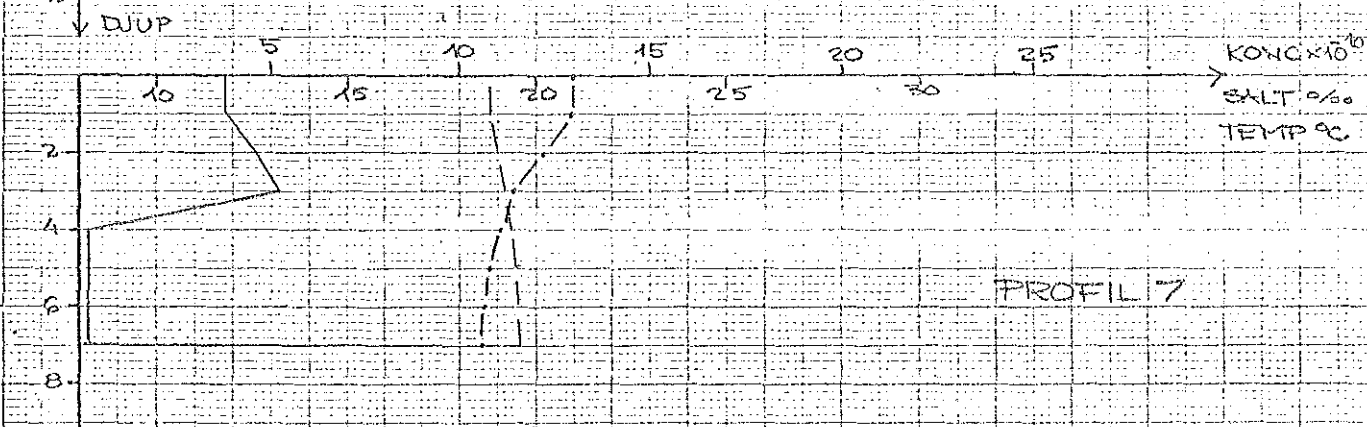
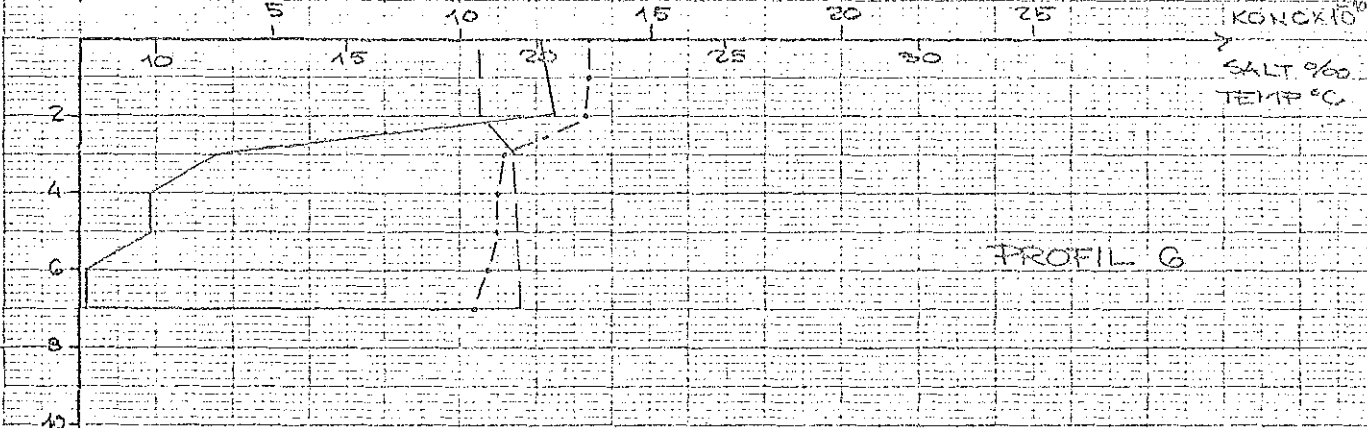
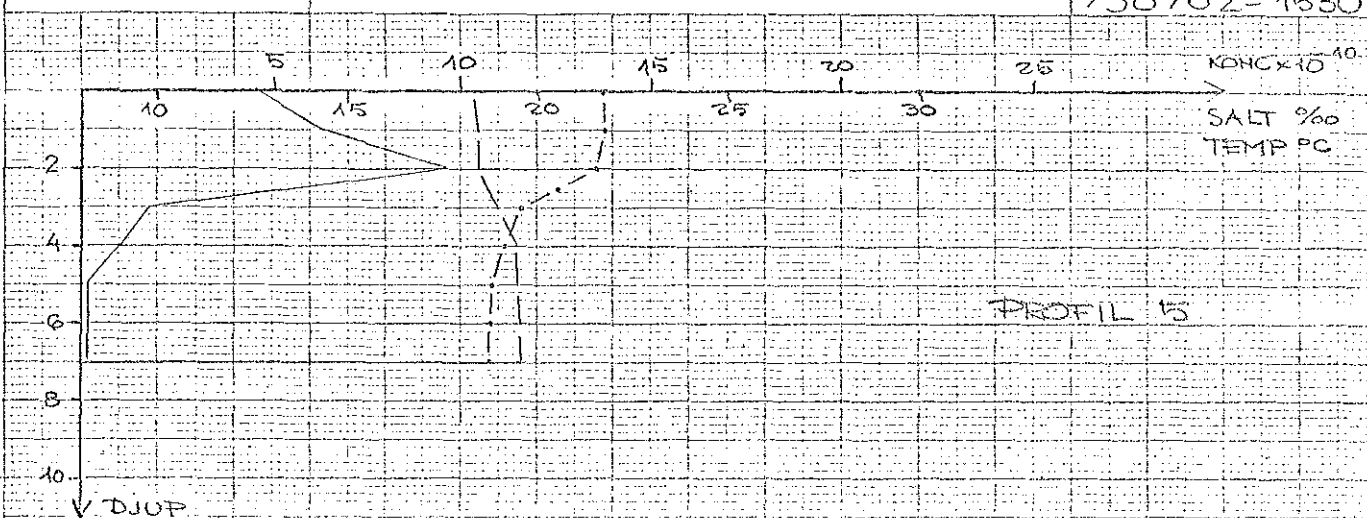
— KONG  
- - - TEMP  
- - - SALT

730702 - 1530



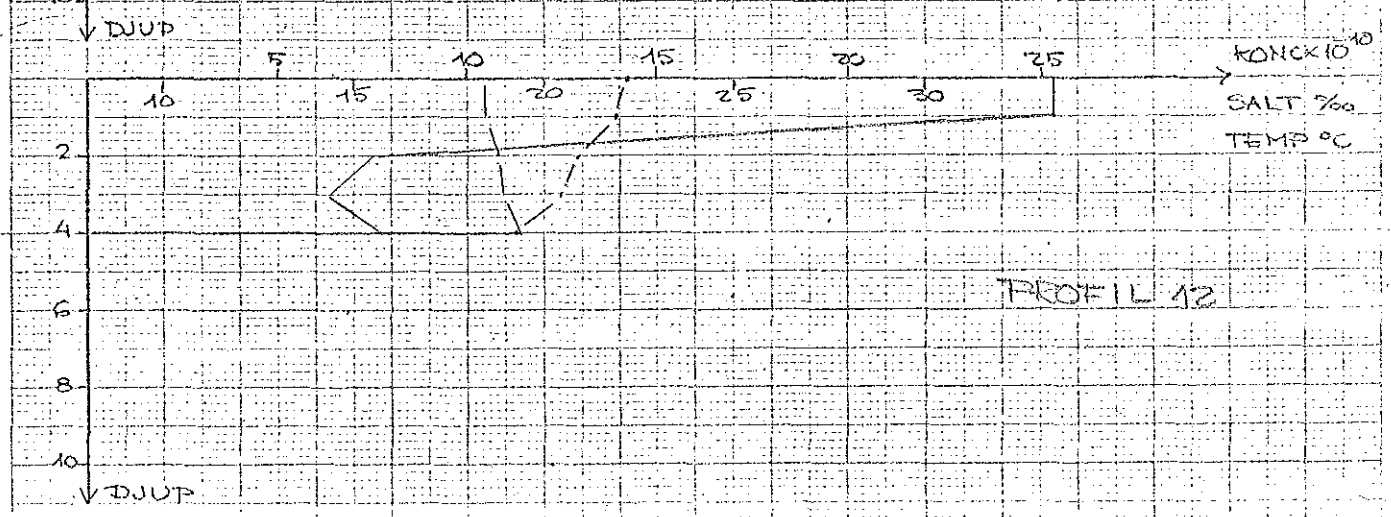
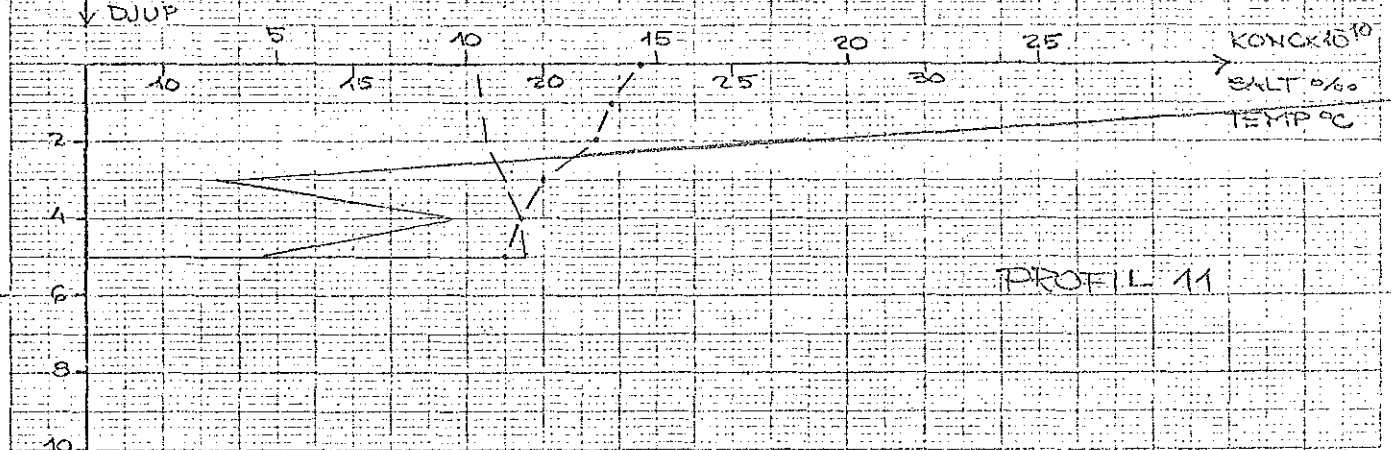
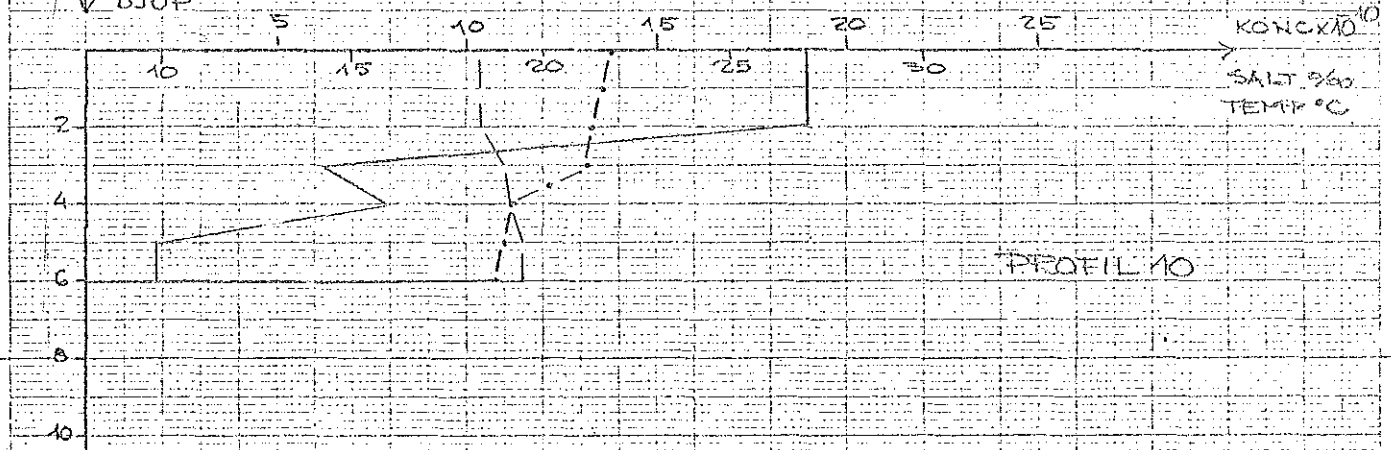
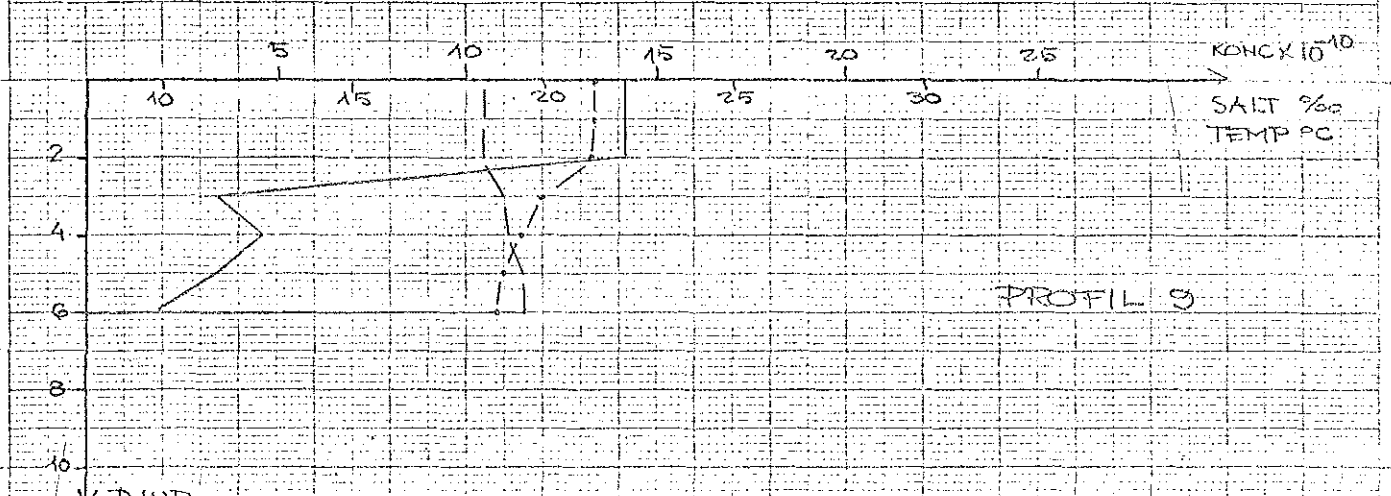
— KONG  
- - - TEMP  
- - - SALT

730702-1530



— KONC  
- - - TEMP  
- - - SALT

730702-1520



DOSERING: KONT Bilaga 49

MÄNÖD:

TID: 730625 - 1530

MÄTNING: 10

TID: 730703 - 1130

MULTIPLIKATOR:  $10^{-10}$



NÄSET

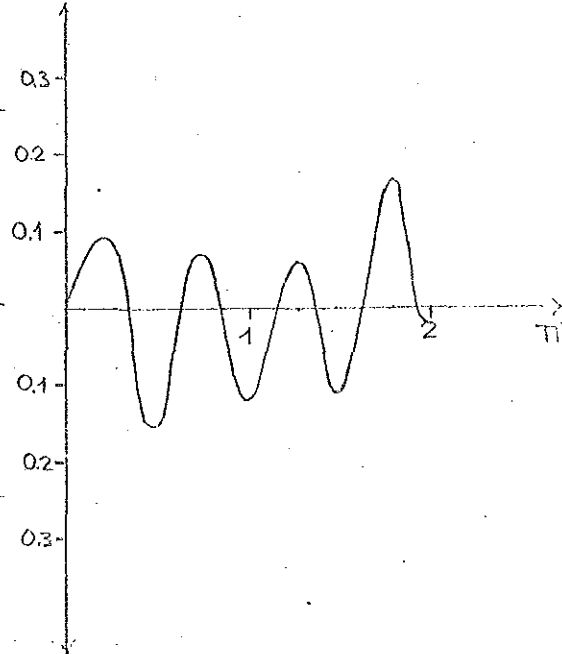
VIND

TID 730703-1130

RIKTNING 660

HASTIGHET 2 M/S

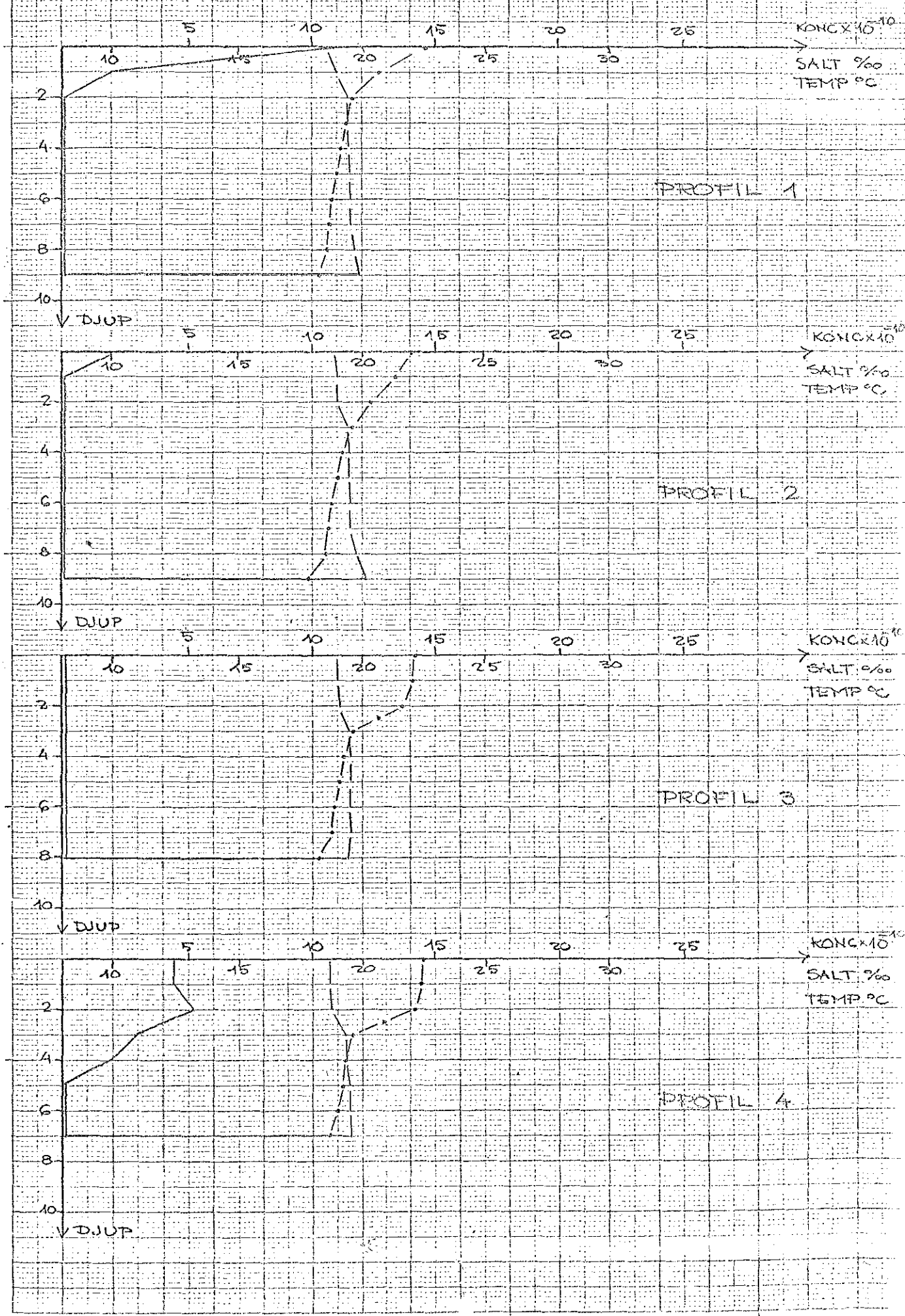
VATTENSTÄND (m)



0 500 1000 m

730703-1530

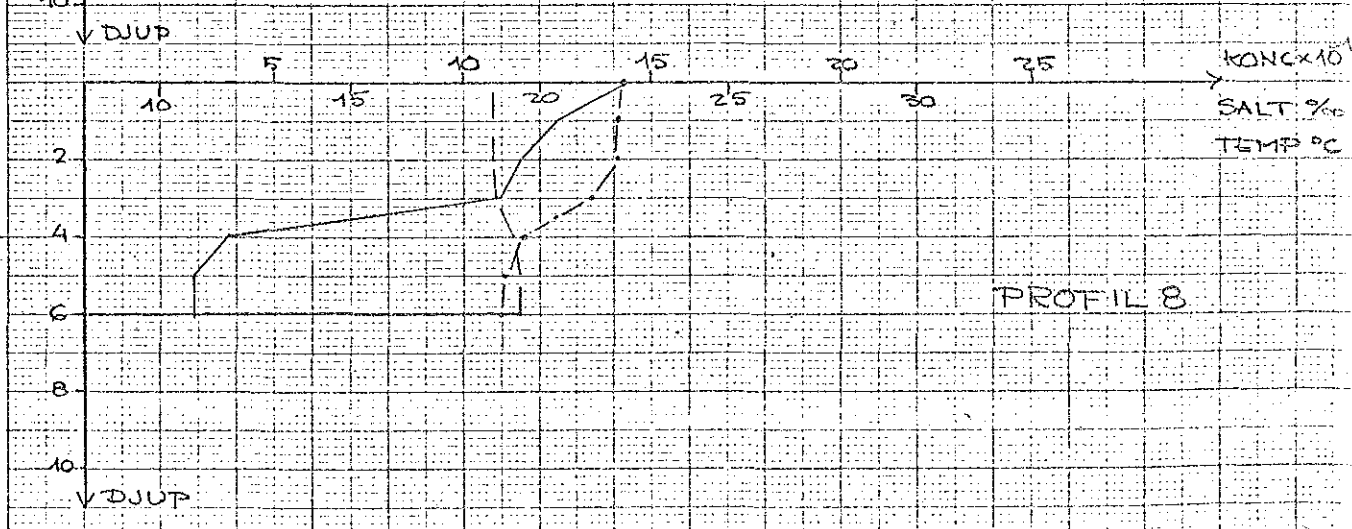
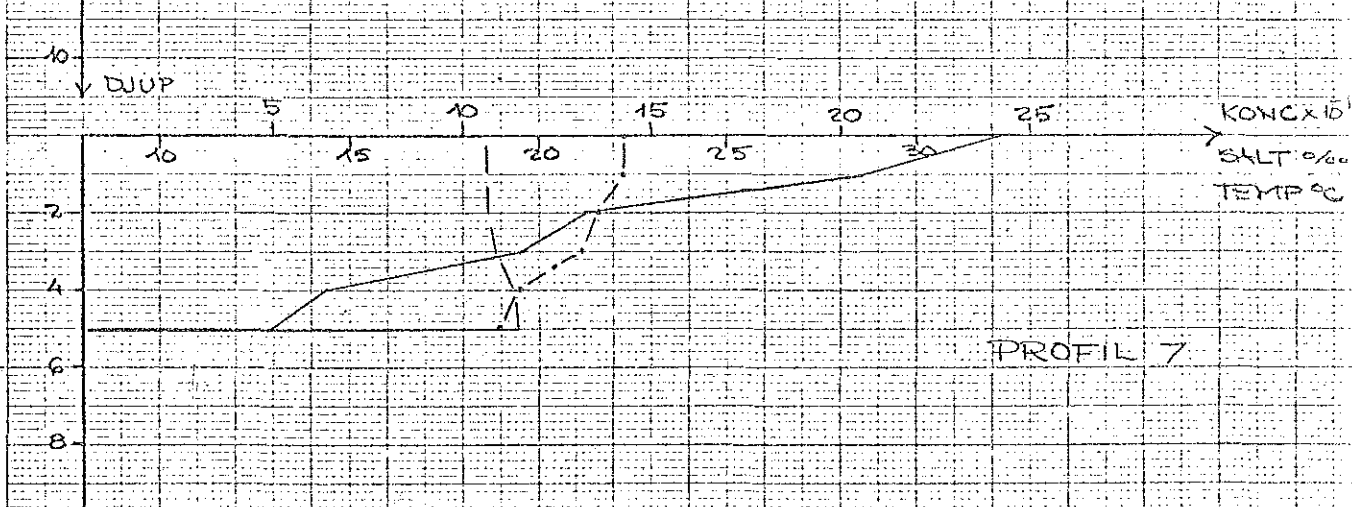
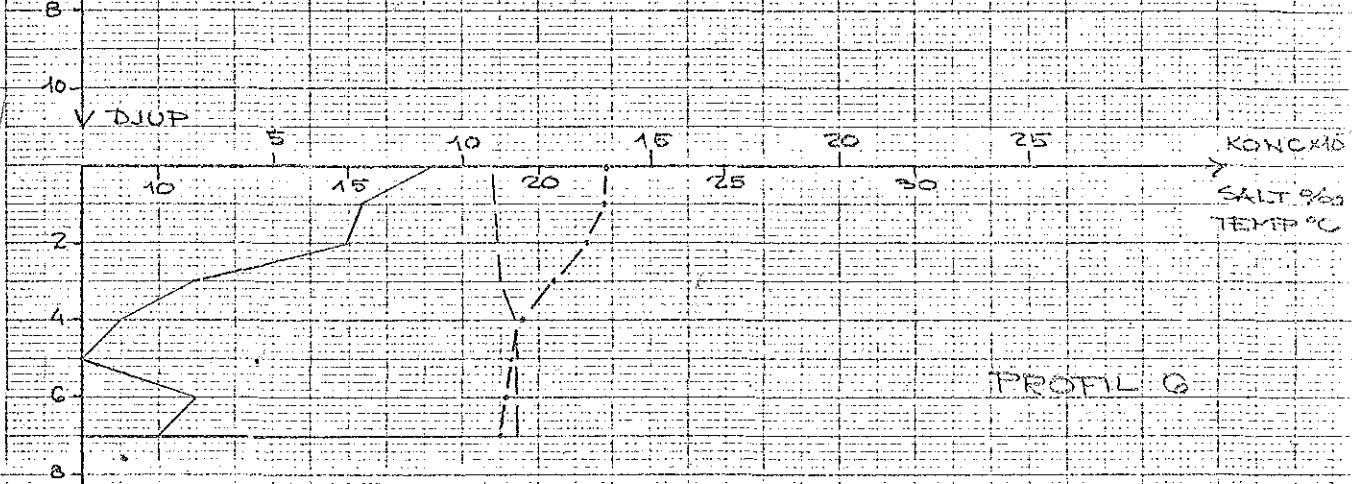
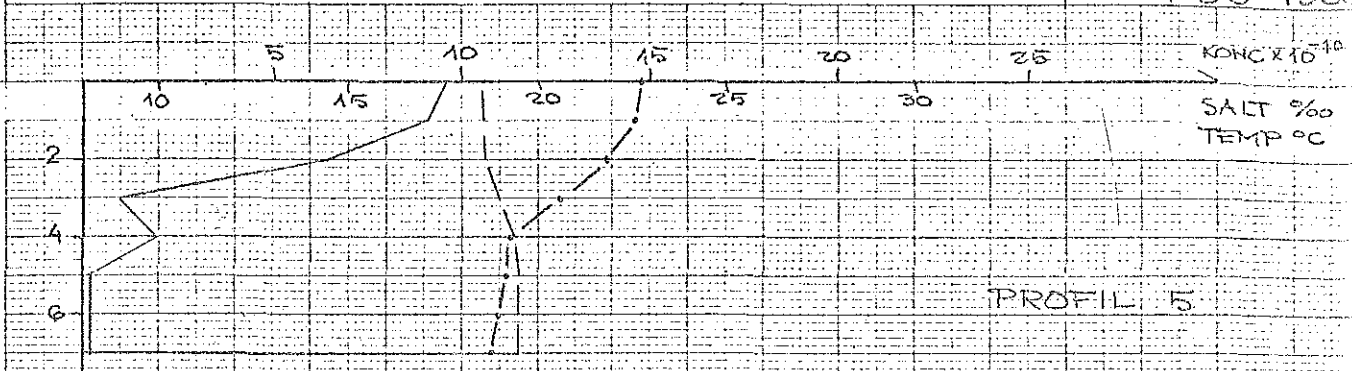
— KONG  
- - - TEMP  
- - - SALT



732501 - 514 A4 - 1 X 1 mm

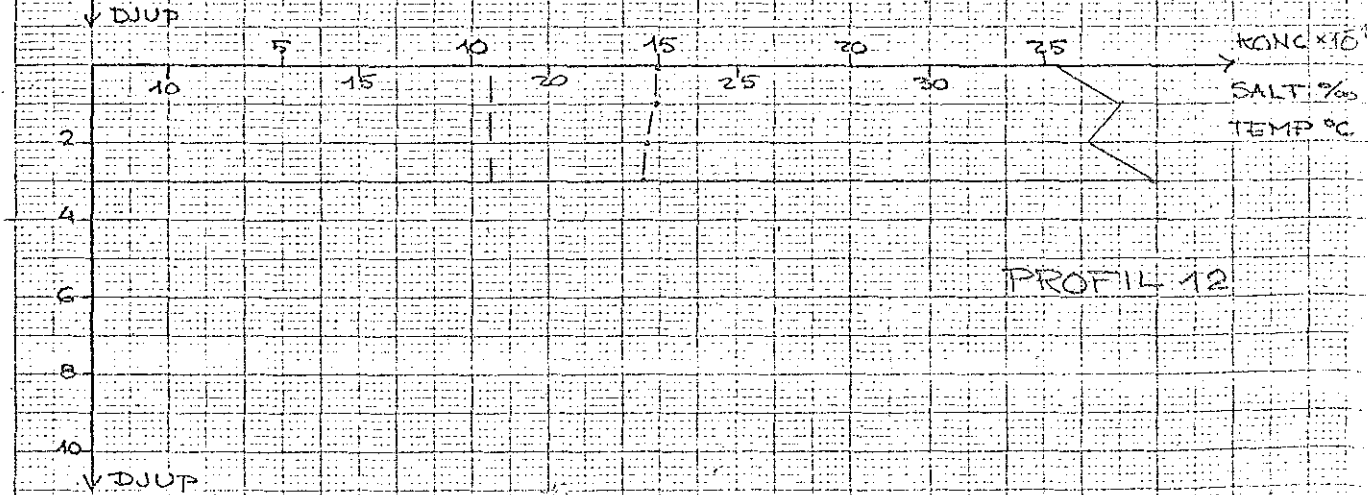
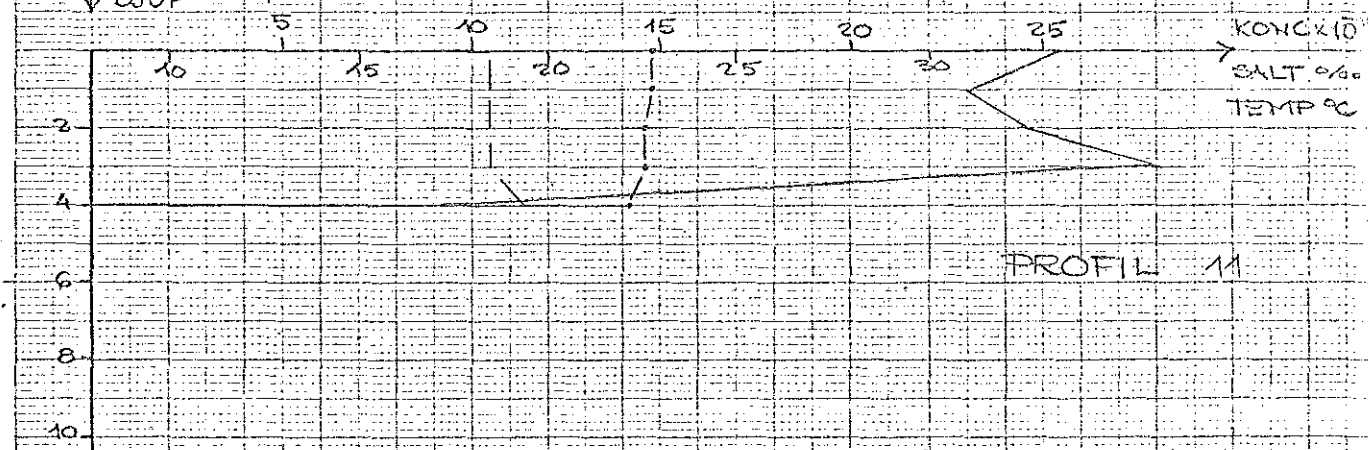
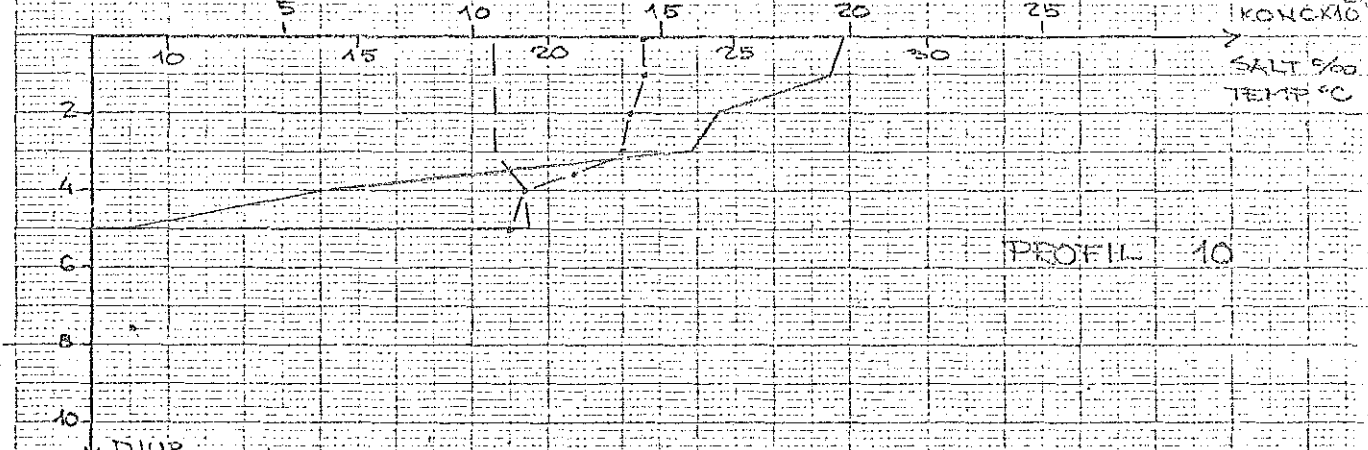
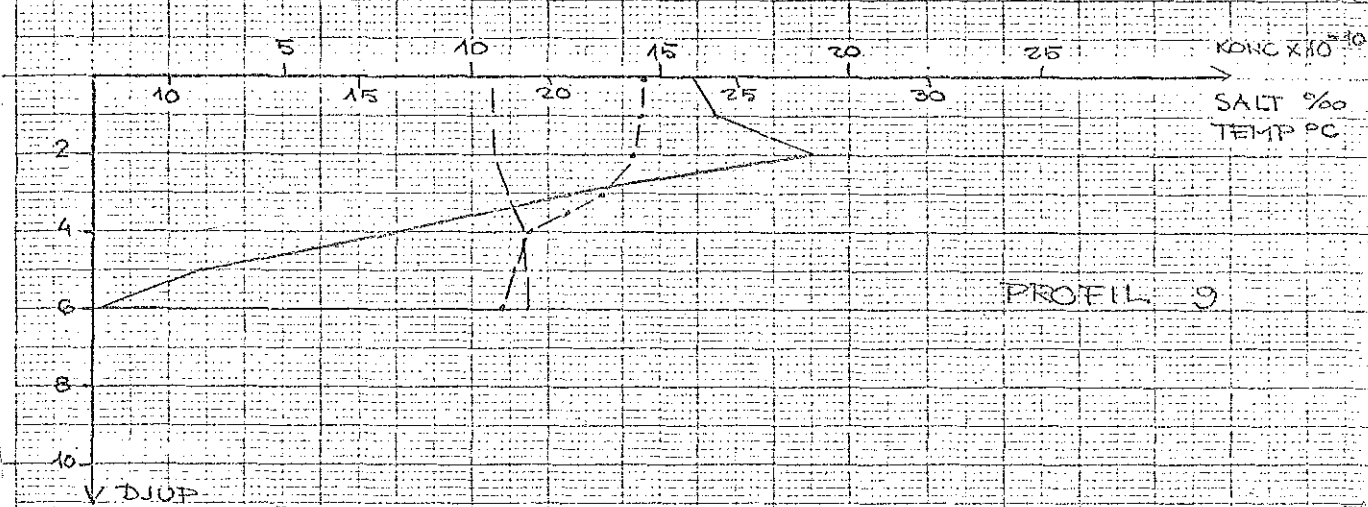
730703-1530

——— KONC  
 - - - - - TEMP  
 - - - - - SALT



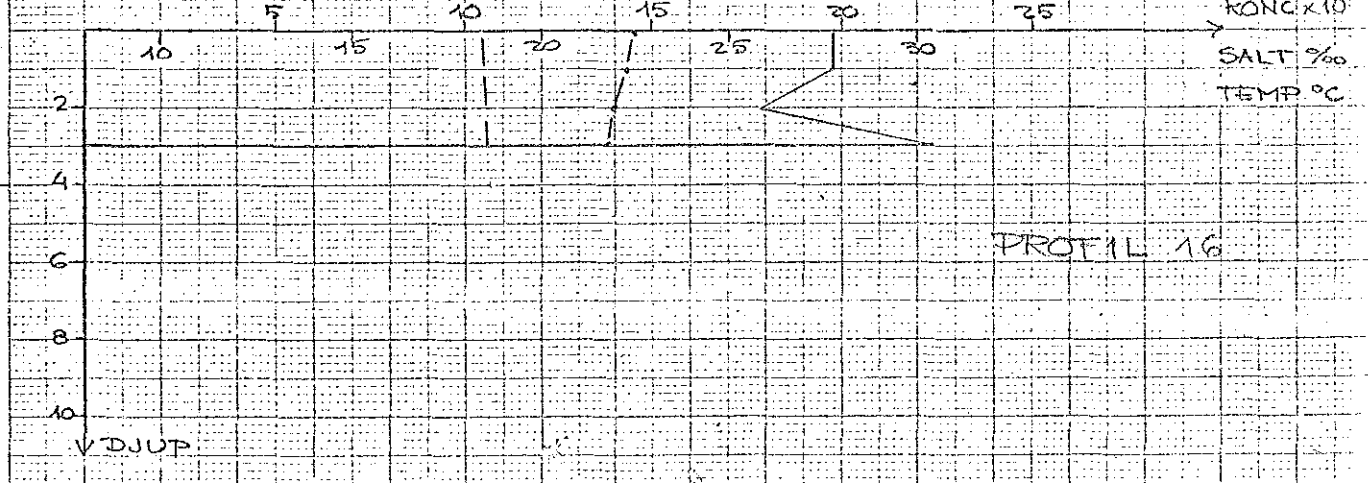
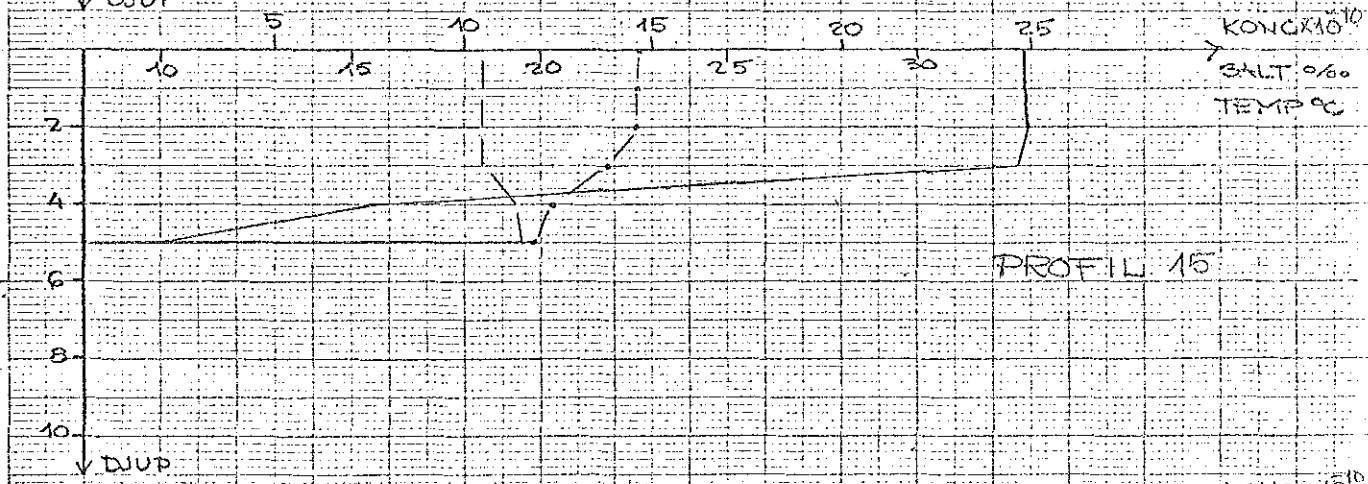
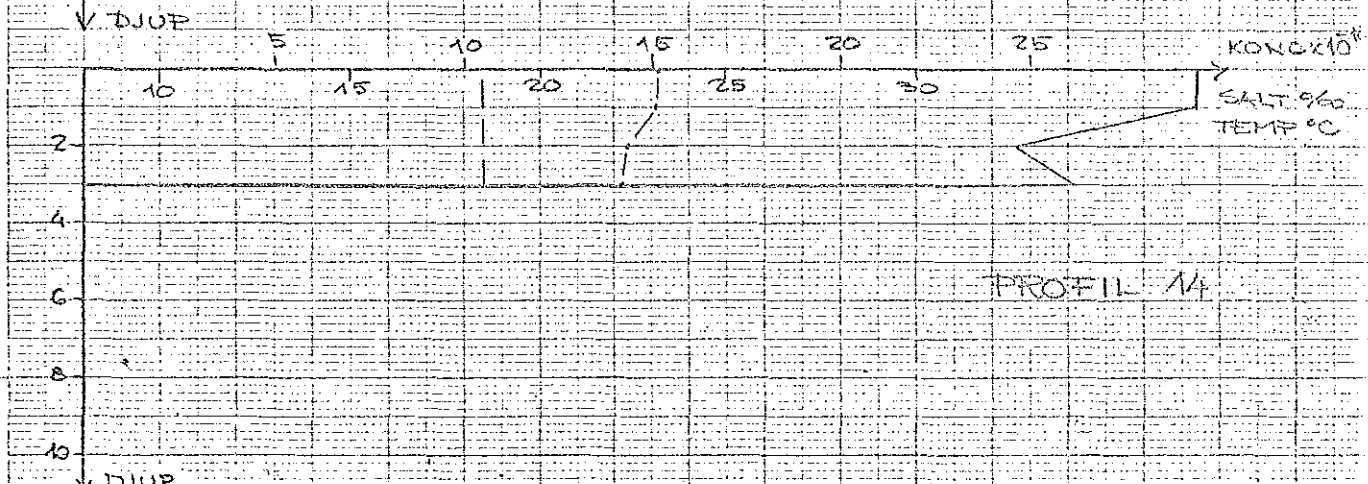
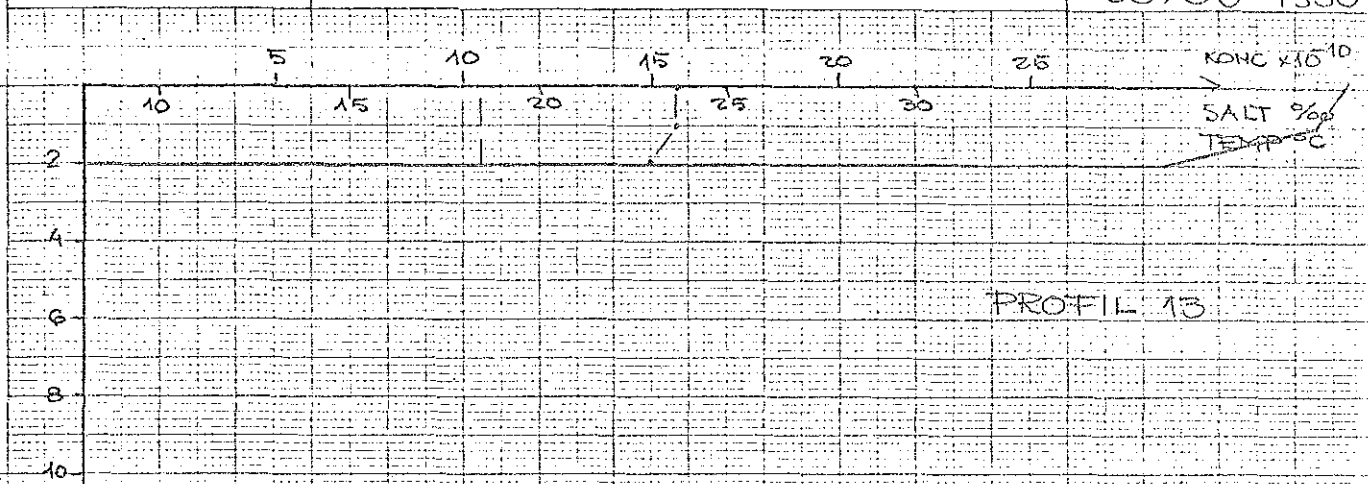
— KONG  
- - - TEMP  
- - - SALT

730703-1530



— KONC  
- - - TEMP  
- - - SALT

730703-1530



DOSERING: KONT

Bilaga 54

MÄNÖD:

TID: 730625 - 1530

MÄTNING: 11

TID: 730704 - 1100

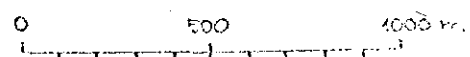
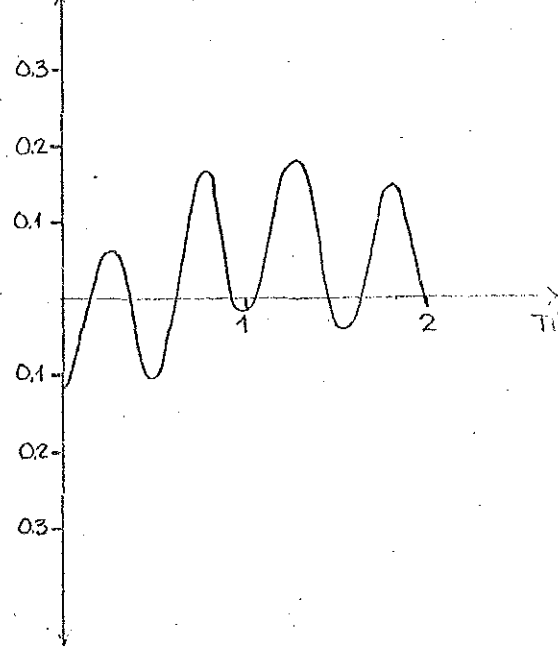
MULTIPLIKATOR:  $10^{-10}$



NÄSET

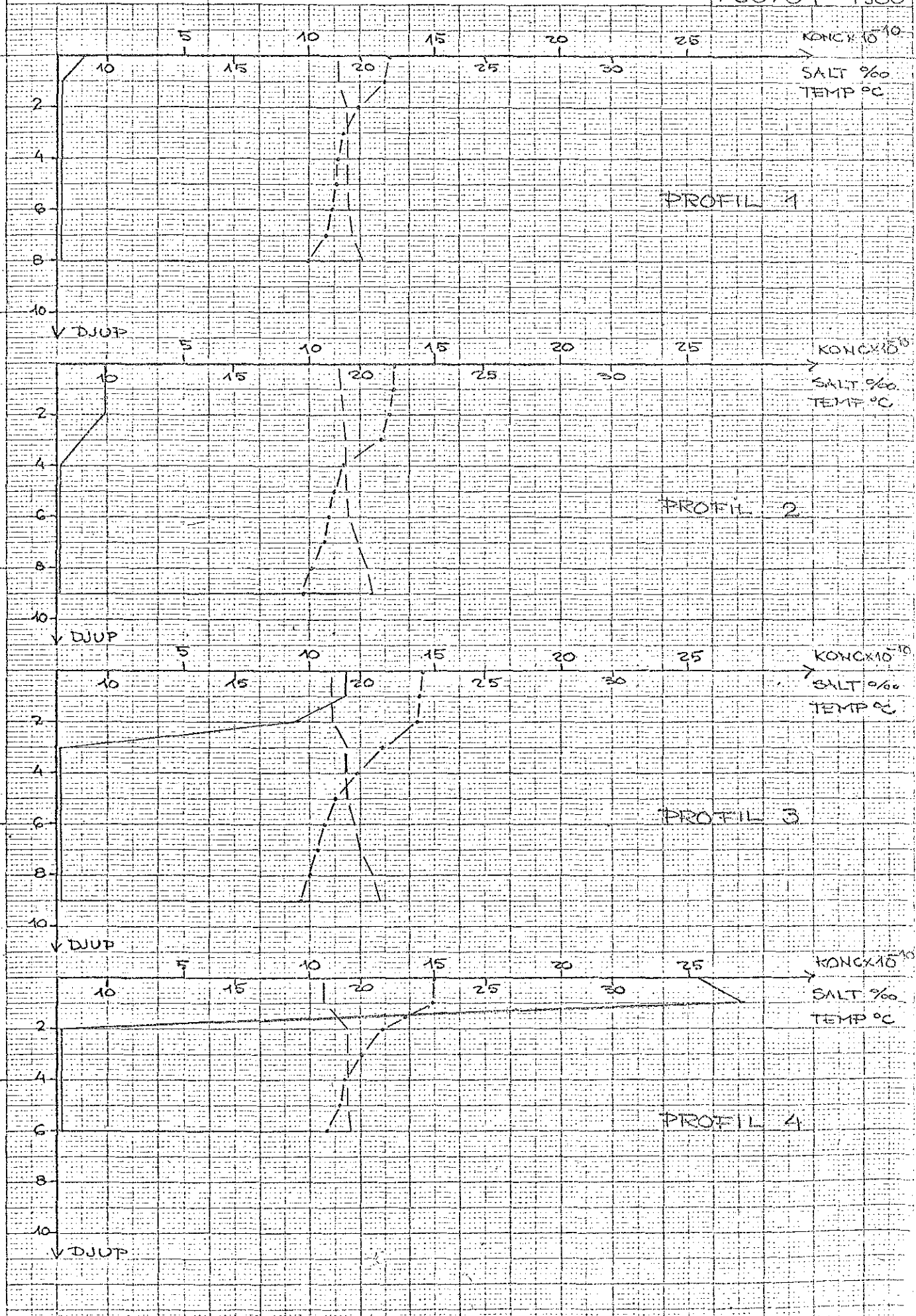
VIND  
TID 730704 - 1100  
RIKTNING VNV  
HASTIGHET 4M/S

VATTENSTÄND (m)



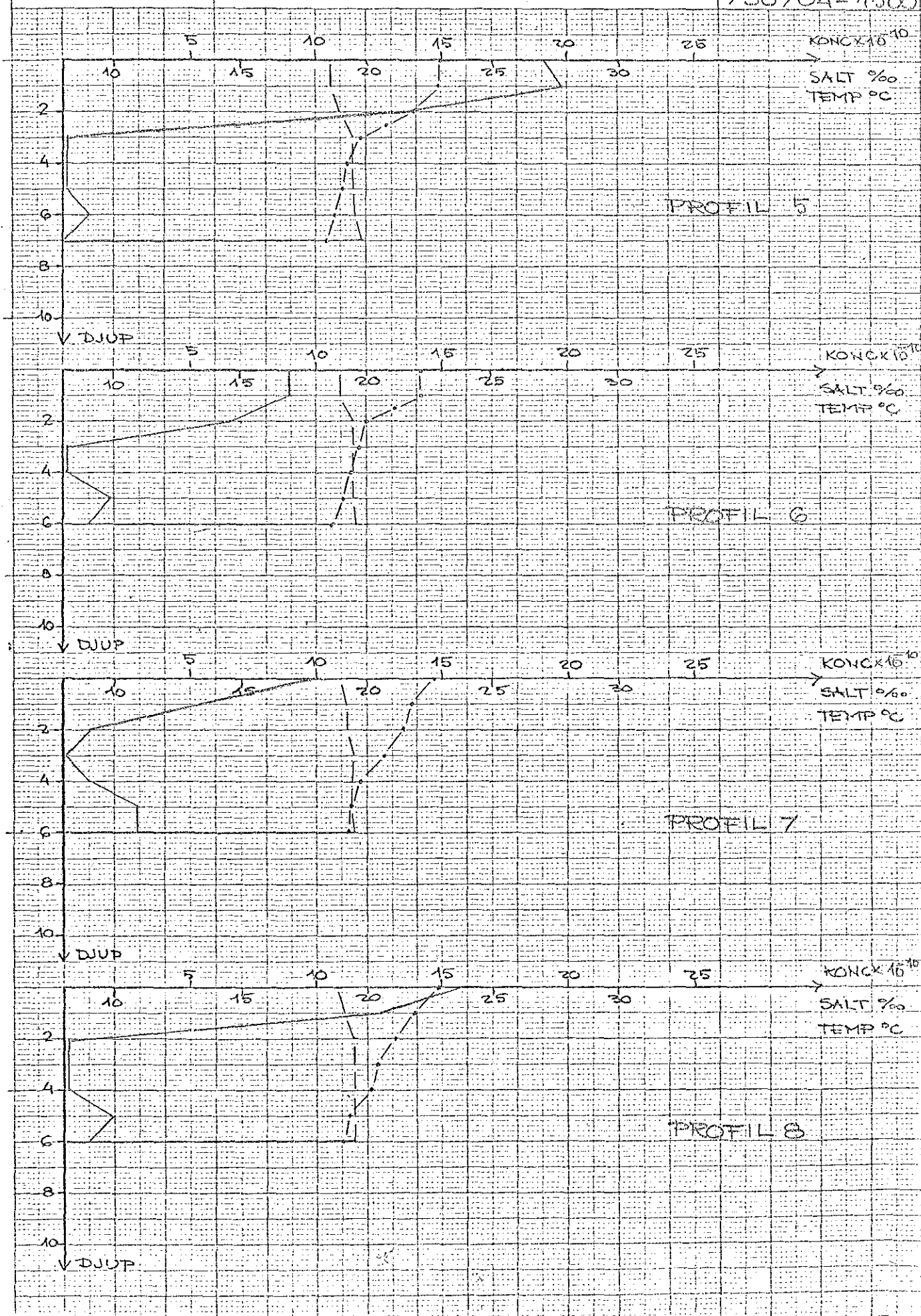
— KONC  
- - - TEMP  
- - - SALT

730704-1500



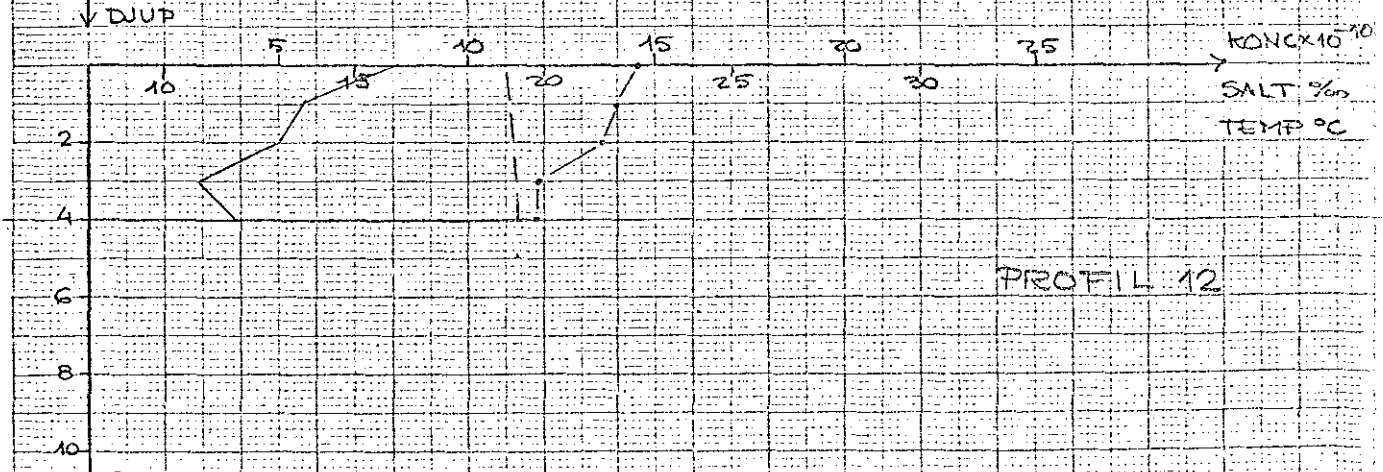
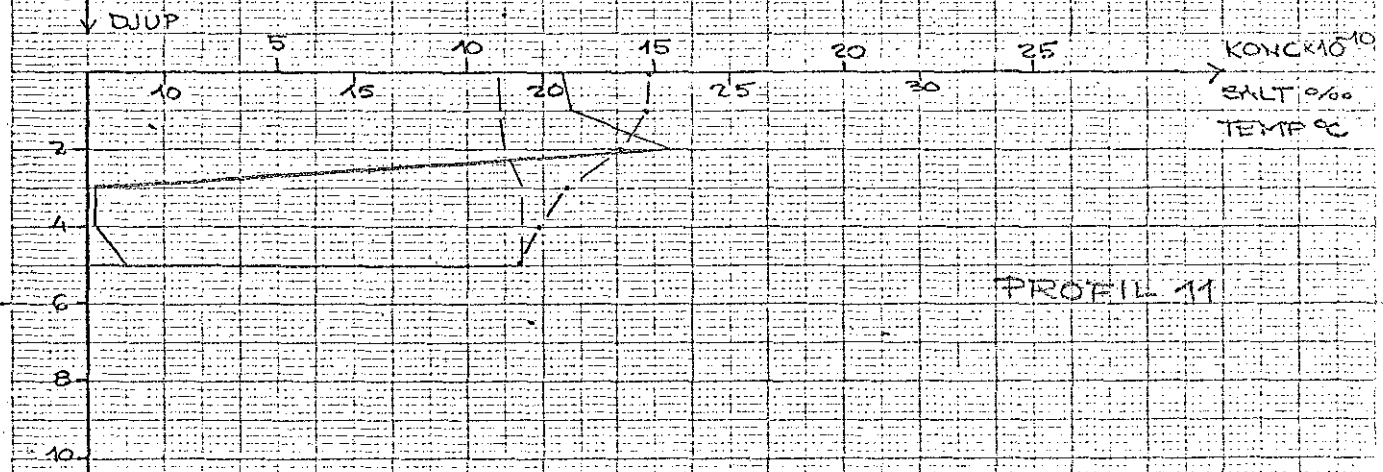
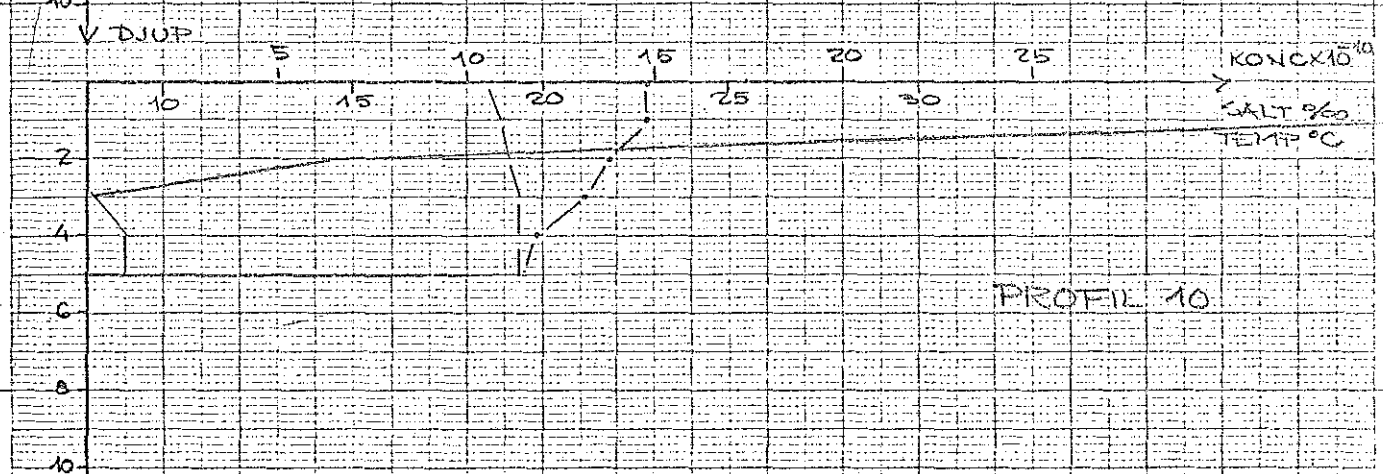
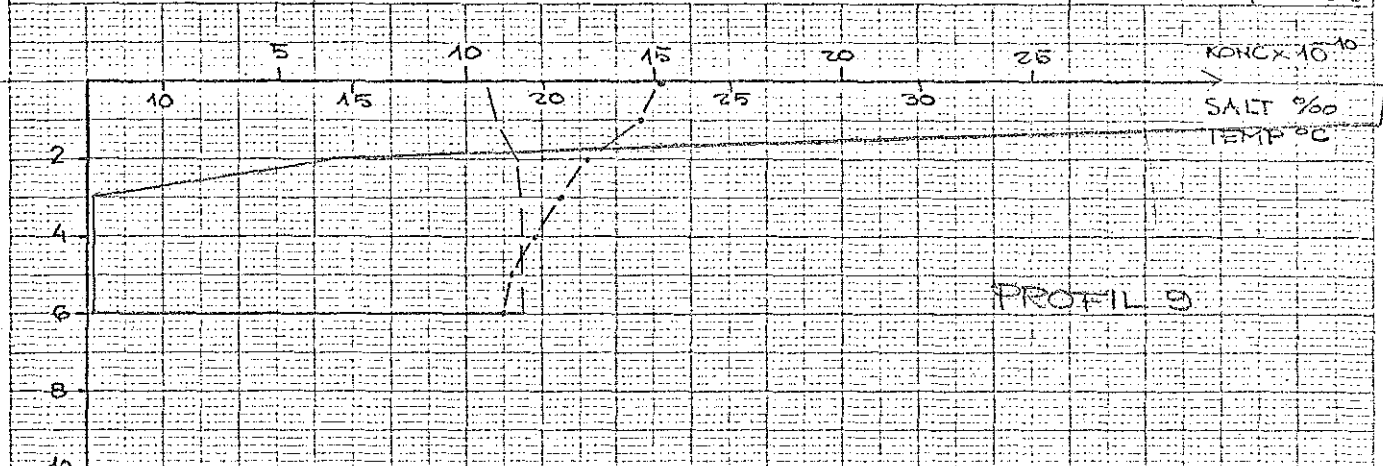
730704-1500

— KONC  
- - - TEMP  
- - - SALT



— KONC  
- - - TEMP  
- - - SALT

730704-1500



512 73401 21704 1410000

DOSERING: KONT

Bilaga 58

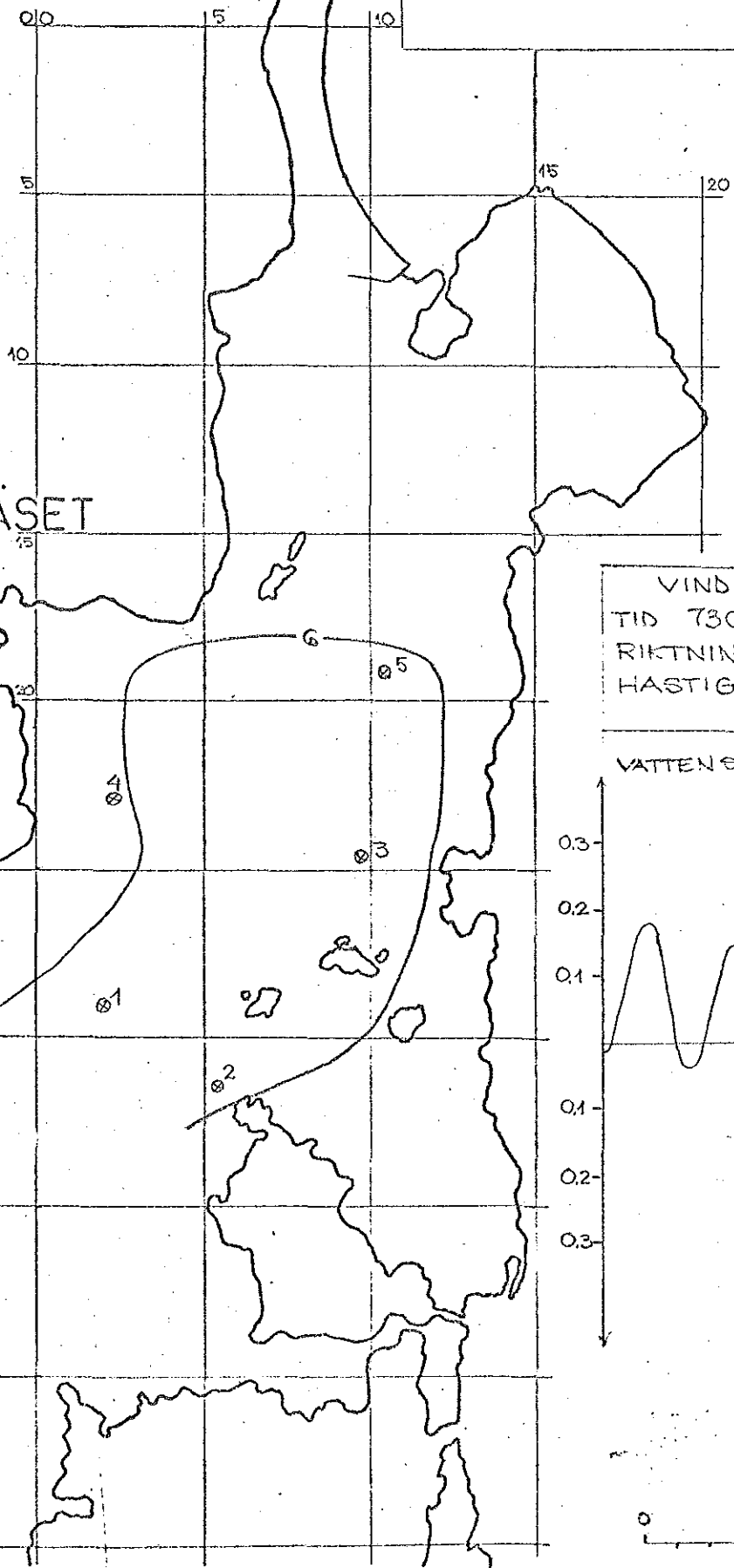
MÄNÖD:

TID: 730625 - 1530

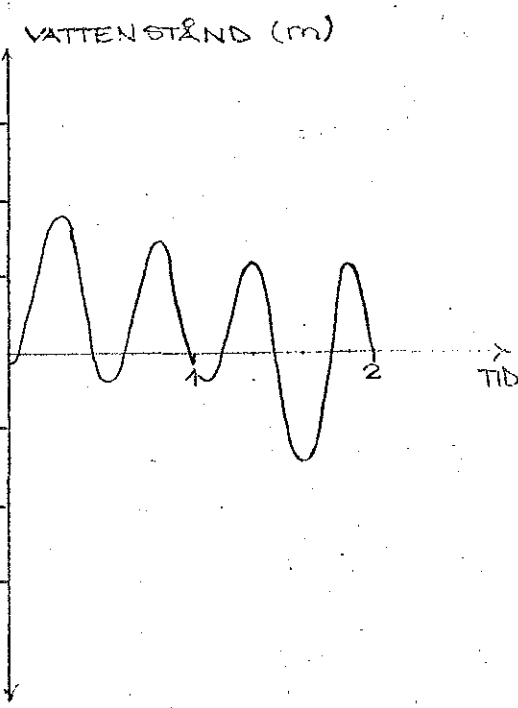
MÄTNING: 12

TID: 730705 - 1130

MULTIPLIKATOR:  $10^{10}$

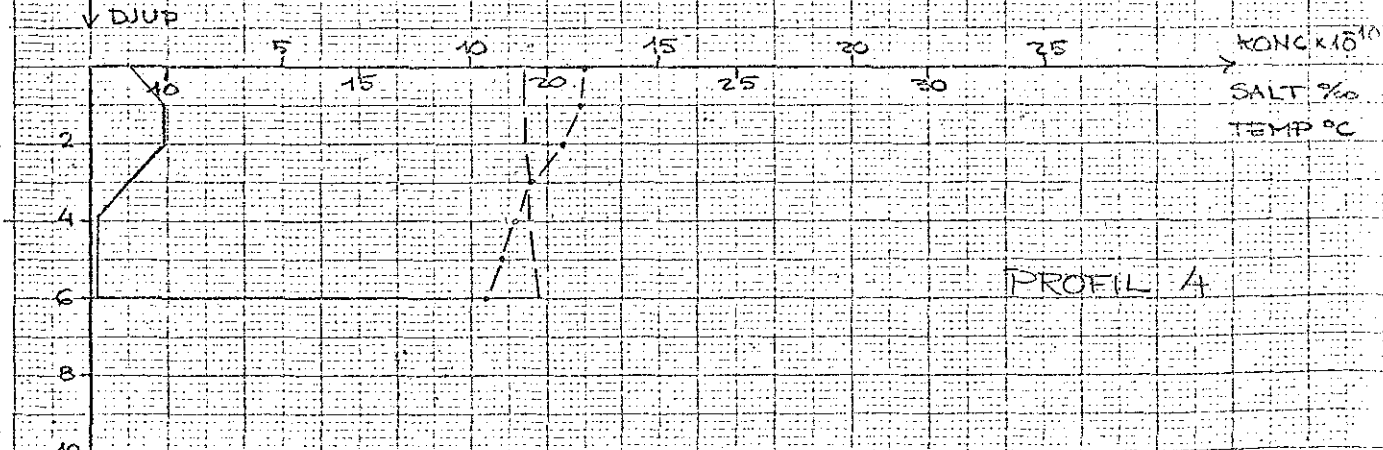
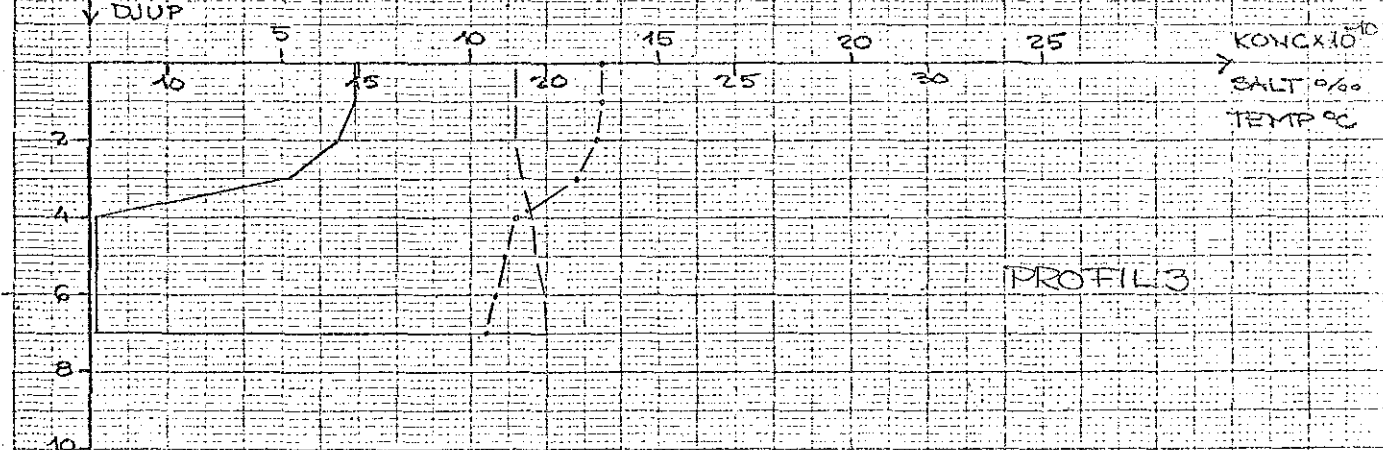
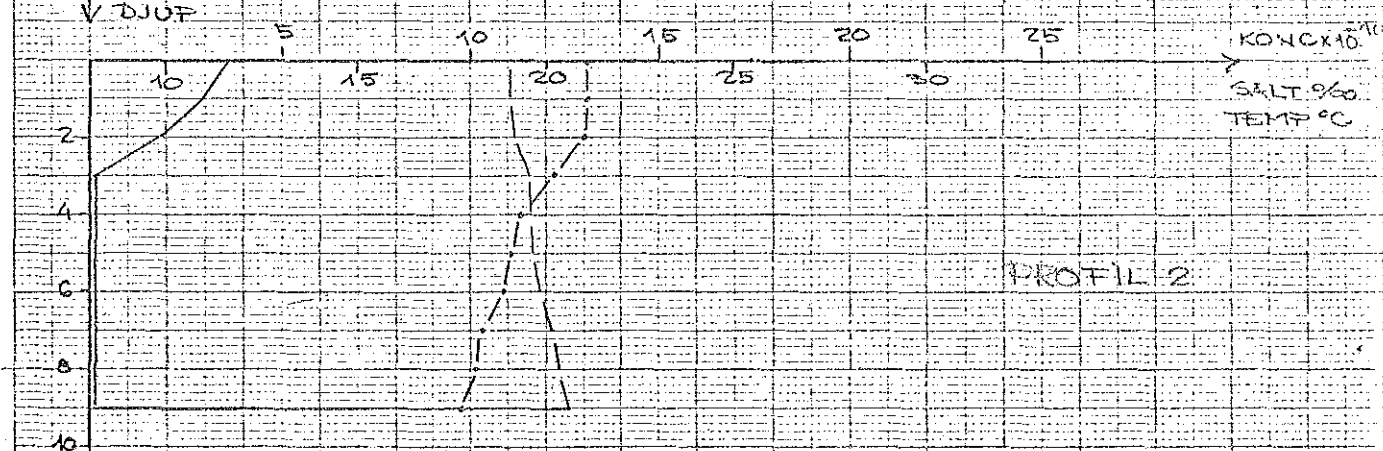
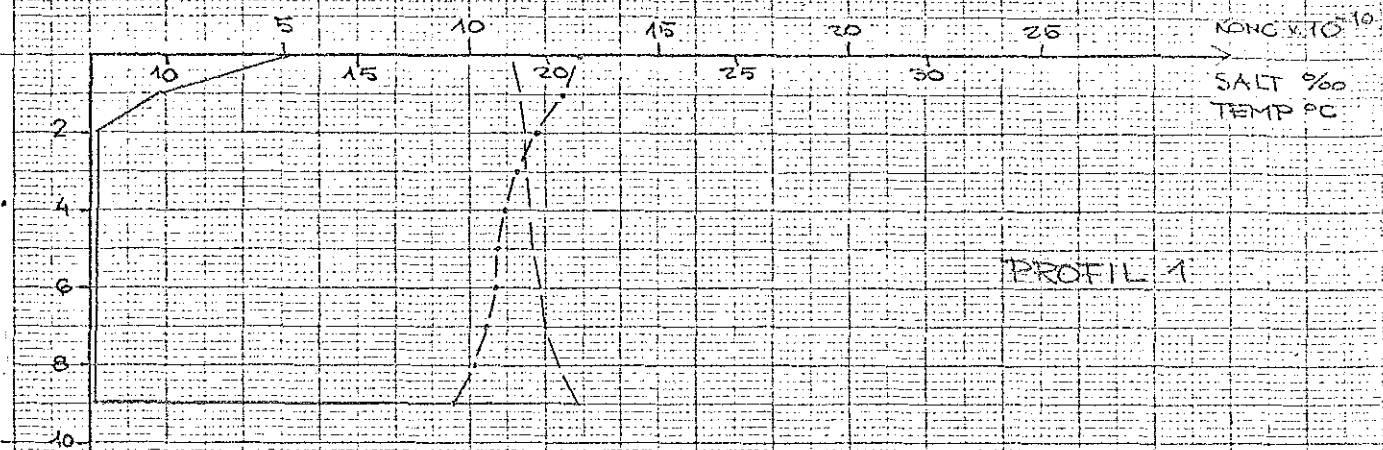


VIND  
TID 730705 - 1130  
RIKTNING VNV  
HASTIGHET 2 M/S



730705-1330

— KONG  
- - - TEMP  
- - - SALT



— KONC  
- - - TEMP  
- - - SALT

730705-1320

