

Examensarbete i vattenbyggnad 1974:4

RECIPIENTUNDERSÖKNING

I MARSTRAND 1974

av

Göran Olausson Folke Sahlin

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	sid
1. INLEDNING	1.1
1.1 Förord	1.1
1.2 PM för examensarbetet	1.2
2. ALLMÄNT	2.1
2.1 Allmänna oceanografiska förhållanden	2.1
2.2 Marstrandsfjorden	2.1
2.3 Nuvarande föroreningssituation	2.3
2.4 Framtida förhållanden	2.3
2.5 Koordinatsystem	2.3
2.6 Målsättning	2.3
3. AVLOPPSVATTNETS SPRIDNING	3.1
3.1 Allmänt	3.1
3.2 Initiell blandning	3.1
3.3 Borttransportfasen	3.3
4. SPÅRÄMNETS EGENSKAPER	4.1
4.1 Allmänt	4.1
4.2 Påverkan av yttre faktorer	4.1
5. SIMULERING AV AVLOPPSUTSLÄPP	5.1
5.1 Allmänt	5.1
5.2 Metodval	5.1
5.3 Doseringsutrustning för momentan dosering	5.1
5.4 Utsläppspunkter	5.2
5.5 Mätutrustning	5.2
5.6 Mätmetodik	5.4
6. BEARBETNING AV INSAMLADE MÄTDATA	6.1
6.1 Allmänt	6.1
6.2 Vind	6.1
6.3 Vattenstånd	6.1
6.4 Salthalt	6.1
6.5 Temperatur	6.1
6.6 Täthet	6.4
6.7 Rodamin	6.4

	sid
7. UTVÄRDERING AV MÄTDATA	7.1
7.1 Allmänt	7.1
7.2 Dosering I	7.1
7.3 Dosering II	7.5
7.4 Dosering III	7.11
7.5 Dosering IV	7.27
7.6 Dosering V	7.39
8. SAMMANFATTNING	8.1
8.1 Allmänt	8.1
8.2 Förslag	8.2
9. LITTERATURLISTA	9.1

1. INLEDNING

1.1 Förord

Kungälv's kommun har beslutat att anlägga ett avloppsreningsverk som skall betjäna Marstrands samhälle. Reningsverket är under projektering av konsulten Göteborgs Förorter.

Föreliggande examensarbete syftar till att i anslutning till projekteringen utgöra ett bredare underlag för fastställandet av utsläppspunkten för det renade avloppsvattnet. Handedare för arbetet har varit C-G Göransson.

För värdefull hjälp tackar vi, förutom vår handledare, även ordföranden i Marstrands hamnstyrelse, Hilmer Wängdahl. Dessutom vill vi tacka Ann-Marie Holmdahl för hjälp med utskriften av detta arbete.

Göteborg i maj 1975

Göran Olausson

Folke Sahlin

1.2 PM för examensarbete

Spårämnesförsök för simulering av avloppsutsläpp från ett blivande avloppsreningsverk i Marstrand

Kungälv's kommun avser att inom en nära framtid bygga ett avloppsreningsverk i Marstrand. Projektering av reningsverket pågår och verkets placering är bestämd, medan utsläppspunkt i recipienten ej hittills fastställts. Som stöd för val av utsläppspunkt har kommunens konsult, Göteborgs Förorter, utfört recipientundersökningar i enlighet med Länsstyrelsens direktiv, dvs strömkorsmätningar vid några olika vindförhållanden.

Avsikten med föreliggande examensarbete är därför att, som komplement till strömmätningarna, simulera spridningen av avloppsvattnet i recipienten med färgspårämne från några alternativa utsläppsplatser. Dessa väljs förslagsvis så att bottendjupet på respektive plats är ca 12, 18 och 25 m. Detta för att belysa utsläppsdjupets betydelse för avloppsvattensspridningen.

Med utgångspunkt från de valda utsläppsdjupen och utloppsledningens utformning beräknas avloppsvattnets inlagringsnivå för några tillfällen med olika täthetsskiktning i recipienten, dvs både tidigare uppmätta liksom under försöket rådande.

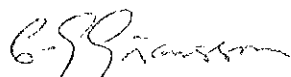
Simuleringar av avloppsutsläppet utförs av praktiska skäl i form av momentana doseringar av spårämnet på olika inlagringsnivåer enligt beräkningar ovan. Doseringar såväl i ytan som på relativt stort djup, ca 15 m, bör utföras. Rent praktiskt utförs doseringen så att vatten från det aktuella doseringsdjupet pumpas upp i en behållare där det blandas med spårämne. Därefter reverseras pumpen och blandningen pumpas ned på det avsedda djupet samtidigt som båten långsamt rör sig i allt vidare cirklar så att en viss volym vatten blir "infärgat" av spårämnet. Mängden spårämne per försök anpassas efter vunna erfarenheter. För de första försöken rekommenderas 2 - 5 liter.

Registreringen av färgspårämnets utbredning sker kontinuerligt med ett fluorescensmätande instrument, en sk fluorometer, placerad i institutens mätbåt, Albin 25, vilken körs efter ett visst inmätningssystem. Spårämnets vertikala fördelning mäts i ett antal punkter i direkt anslutning till den kontinuerliga inmätningen.

Recipientens skiktning, vilken spelar en avgörande roll för avloppsvattnets inlagringsnivå mäts dagligen i samband med rodaminmätningarna. Utgående från dessa mätningar görs innan varje ny dosering påbörjas en beräkning av vilken nivå utsläppet i detta fall skall ske på för att efterlikna utsläpp av avloppsvatten från de alternativa utsläppsdjupen.

Spridningsförhållandena för spårämnet relateras till de för fjordens vattenomsättning väsentligaste påverkande faktorerna, nämligen vattenståndsvariationen (främst tidvatten) och vind. Vattenstånd mäts med egen pegel och vinduppgifter insamlas från SMHI:s mätstation på Måseskär.

Göteborg 1974-05-31



C-G Göransson

Civ.ing.

2. ALLMÄNT

2.1 Allmänna oceanografiska förhållanden

Havsvattnet längs den svenska västkusten är, på grund av den stora avrinningen genom vattendragen och bräckvattentillförseln från Östersjön genom den s k Baltiska strömmen, skiktad med mindre salt och lättare vatten lagrat ovanpå saltare, tyngre vatten. Ytskiktets täthet är emellertid inte konstant utan varierar dels årstidsmässigt beroende på klimatologiska variationer beträffande framför allt temperatur och sötvattentillförsel dels kortfristigt beroende på mer kortvariga fluktuationer i de nämnda parametrarna men framför allt beroende på växlande vindförhållanden. Vinden kan t ex den ena dagen pressa det utsötade ytskiktet in mot kusten och sålunda sänka ytsalthalten där. Den andra dagen kan vinden driva samma vatten ut till havs så att saltare vatten från djupare skikt väller upp intill kusten. Den vertikala täthetsskiktningen är störst sommartid när temperatur- och salthaltsskiktningen samverkar och minst vintertid då avkylningen av ytvattnet orsakat vertikala blandningsprocesser, s k termohalin cirkulation, samtidigt som sötvattentillskottet är litet.

2.2 Marstrandsfjorden

Marstrandsfjorden, som omgärdar Marstrandsön, möter i NO Hakefjorden och står i övrigt i direkt förbindelse med Kattegatt (se fig 2:1). Vattnet har fri passage kring Marstrandsön, med en förträngning mellan Klåverön-Marstrandsön-Koön, där även en uppgrundning (7-11 m) äger rum.

Sötvattentillförseln till fjordsystemet via åar och andra vattendrag är försumbar.

Marstrandsfjordens hydrografi kännetecknas av ett vindkänsligt språngskikt. Vid ihållande vind kan fjorden, till visst djup, bli helt täthetshomogen.

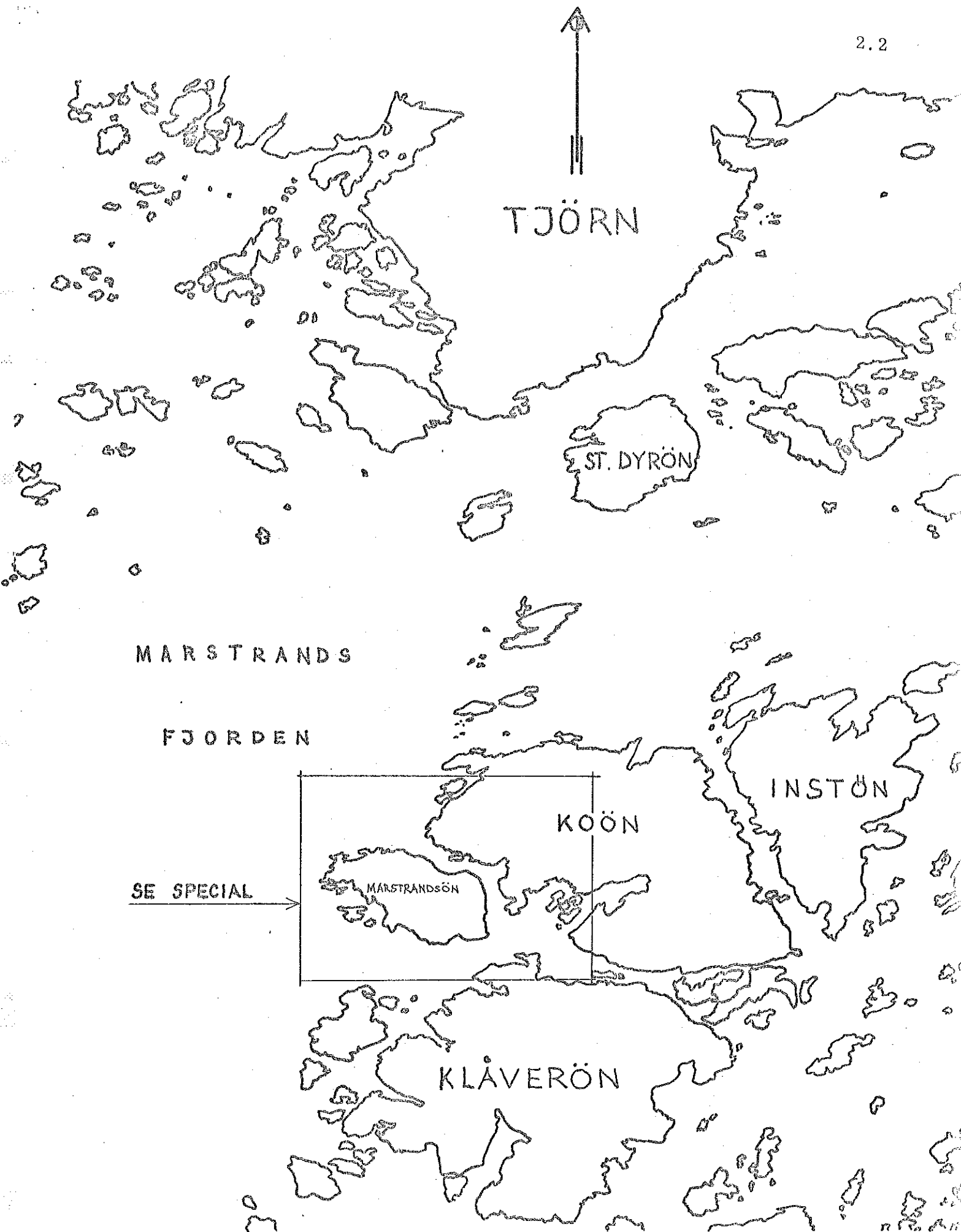


Fig. 2:1

2.3 Nuvarande föroreningssituation

Detta examensarbete avser endast att behandla de till Marstrandsfjorden från Koöns och Marstrands samhällen tillförda föroreningarna.

De dominerande förorenarna utgörs av en fiskindustri samt en med årstiden varierande folkmängd. Den bofasta befolkningen under vinterhalvåret är ca 1000 p. Under sommarhalvåret utökas denna till totalt ca 5000 p. För närvarande släppes allt avloppsvatten orenat ut i recipienten.

2.4 Framtida förhållanden

Reningsverket är ej färdigprojekterat men torde bli av mekanisk-kemisk typ. Man har härvid antagit att fosfor är minimifaktor och reducerar således fosforhalten genom fällning med järnklorid. Vad gäller biokemisk syreförbrukning (BS_7), har man ansett denna vara av sekundär betydelse för recipienten, varför man inte reducerat speciellt med avseende på denna faktor. BS -reduktionen förväntas dock bli ca 60 % och fosforreduktionen ca 90 %.

Reningsverket är föreslaget att anläggas på Koön, med tuben mynnande ett hundratal meter ut i Marstrandsfjorden. Spridningsanordningen är tänkt att bestå av två perforerade ståltuber placerade i Y-formation (fig 2:2).

2.5 Koordinatsystem

För att underlätta överföringen av inmätta data till kartor, upprättades ett internt koordinatsystem för Marstrandsfjorden. Huvudaxlarna är belägna i NS och VÖ-riktning med origo i farleden syd Malö pärt (se fig 2:2).

2.6 Målsättning

Avsikten med föreliggande arbete är att studera avloppsvattnets spridning och utspädning vid alternativa utsläppsdjup, samt under olika meteorologiska och hydrologiska förhållanden.

Resultatet av dessa studier skall sedan tjäna som komplement till av Göteborgs Förorter gjorda strömkorsmätningar.

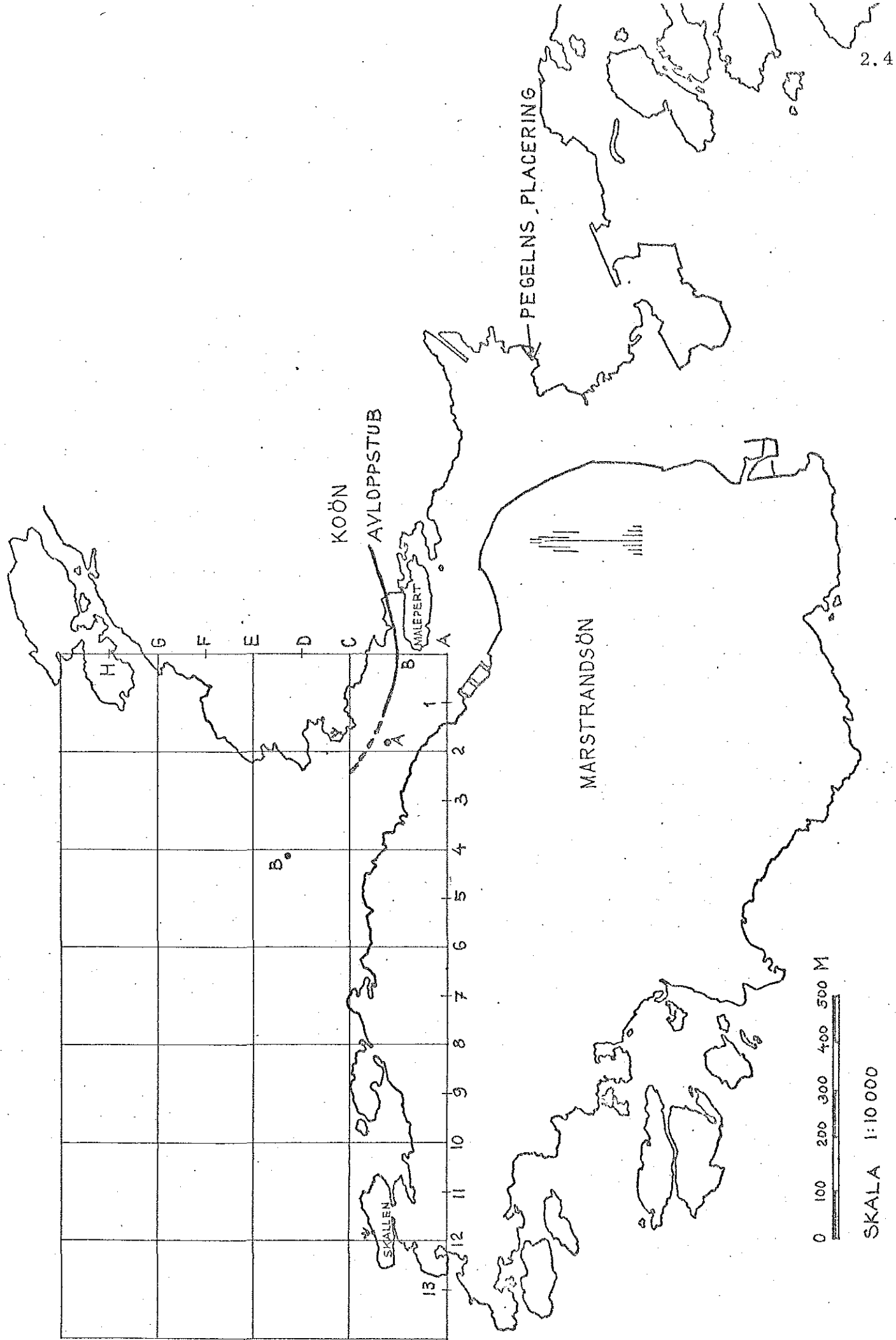


Fig 2:2

3. AVLOPPSVATTNETS SPRIDNING

3.1 Allmänt

Då man studerar spridningsförloppet av avloppsvatten i en recipient, är det speciellt två skeden av förloppet man är intresserad av, nämligen:

1. Initiell blandning styrd av utsläppets geometriska utformning och vattenföring samt recipientens lokala egenskaper
2. Borttransportfasen där avloppsvattnet förs från utsläppsområdet och blandas med recipientvattnet. Denna fas styrs helt av recipientförhållandena

Det senare skedet är ofta mycket svårt att beräkna analytiskt, varför just spårämnesförsök i fält fått en stor betydelse.

3.2 Initiell blandning

Den initiella blandningen är ett stråldiffusionsproblem och de viktigaste faktorerna som styr förloppet under den första blandningsfasen är följande:

Utsläppsanordningens utformning:

För att få så stor initiell inblandning som möjligt brukar utsläppsanordningen utformas som en diffusor, dvs ett rör försett med ett antal utsläppshål utmed rörsidorna. Enligt Göteborgs Förorter kommer troligen diffusordelen att utformas i V-formation.

Deplacementskrafter: Eftersom avloppsvattnet har nästan samma densitet som färskvatten, är det ung. 2,6 % lättare än havsvatten. Trots att skillnaden är liten är deplacementkraftens inverkan på utloppsstrålen av stor betydelse. Vid ett horisontellt utsläpp fås nära mynningen ett jetliknande förlopp, som snart på grund av att resultanten till deplacementskraften är riktad uppåt, kan övergå i ett plymliknande förlopp, se fig 3:1. Vid täthets-homogen recipient kommer strålens form att likna en modifierad kastparabel.

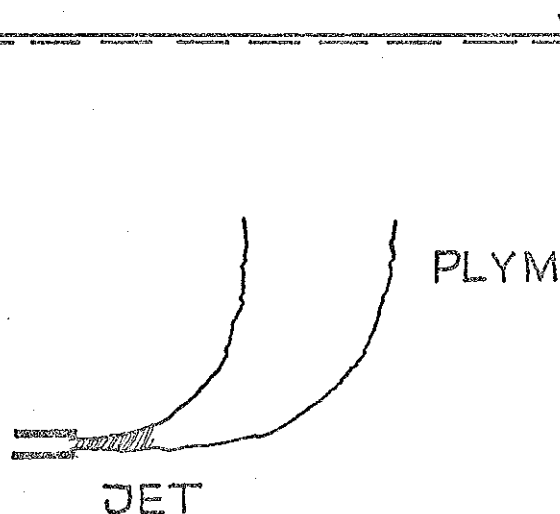


Fig. 3:1

Täthetsskiktningen: På grund av olikformig temperatur och/eller salthalt är våra hav och sjöar ofta täthetsskiktade. I sådana vatten dämpas den vertikala omsättningen på grund av att det fordras ett icke oväsentligt energitillskott för att utjämna täthetsdifferenserna. Om omgivande vatten är tyngre, så kröker kurvan i fig. 3.1 uppåt och då recipientvattnet är lättare än avloppsvattnet, kröker den nedåt. En S-formad strålkurva kan observeras i strömmande vatten och/eller när täthetsgradienten är kraftig. Täthetsskiktningen kan ha den effekten att strålen hejdas och inlagras ett stycke under vattenytan. Djupinlagring av avloppsvattnet i recipienten kan härvid ske.

Vid avloppsutsläpp i ett kustområde på djupt vatten kommer den uppåtstigande strålen att blandas med tungt bottenvatten varvid strålens täthet ökar och kan fångas upp av täthetsgradients i recipienten närmare ytan. I fig 3:2 visas ett horisontellt utsläpp i tyngre omgivande vatten, där djupinlagring har skett.

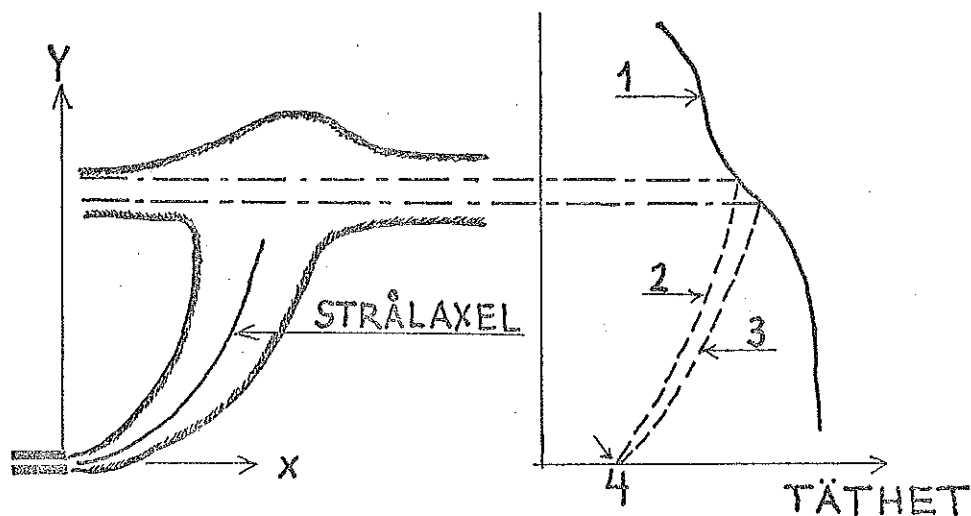


Fig 3:2 1. Recipientens täthet
 2. Tätheten vid stråloxeln
 3. Medeltätheten över stråltvärnittet
 4. Utsläppsvätskans täthet

3.3 Borttransportfasen

De konsekvenser ett avloppsvattenutsläpp får på förhållandena i recipienten är naturligtvis beroende på hur föroreningen sprids från utsläppskällan och hur effektivt utspädningen med recipientvattnet därvid sker. Förutsättningarna att på teoretisk väg prognosticera spridningsbilden är tämligen små, varför man med fördel tillgriper metoder med spårämnesförsök.

4. SPÅRÄMNETS EGENSKAPER

4.1 Allmänt

Vid försöken har det fluoroscerande färgämnet Rodamin B200 använts. Rodamin B200 är lämpligt på grund av att det är helt ofarligt och detekterbart även vid mycket stora utspädningar. Rodamin kan mätas medelst fluorometer ned till en koncentration av $5 \cdot 10^{-11}$. Tätheten har bestämts till 1.113 g/cm^3 för den saluförda rodaminlösningen.

4.2 Påverkan av yttre faktorer

Temperatur:

Sambandet kan tecknas

$$F = F_0 e^{n(t-t_0)}$$

där F = aktuell fluorescens uttryckt i godtycklig enhet

F_0 = motsvarande fluorescens vid vald referenstemperatur, t_0

n = karaktäristisk konstant

t = aktuell temperatur

Storleken på n har genom laborieförsök bestämts till $-0.027 (^{\circ}\text{C}^{-1})$. Exempelvis medför 7°C avvikelser från vald normaltemperatur 10 % avvikelse i fluorescens, och ju högre temperatur desto lägre fluorescens. Korrigering med avseende på temperatur har därför gjorts. En kalibreringskurva som beskriver sambandet mellan mätutslag på den fluorometer vi använde och rodaminkoncentrationen har upprättats vid laborieundersökningar (fig 4:1).

Inverkan av recipientvattnet

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.

KALIBRERINGSKURVA FÖR FLUOROMETER 3087

TEMPERATUR 17.8 °C

DATUM 74.06.06.

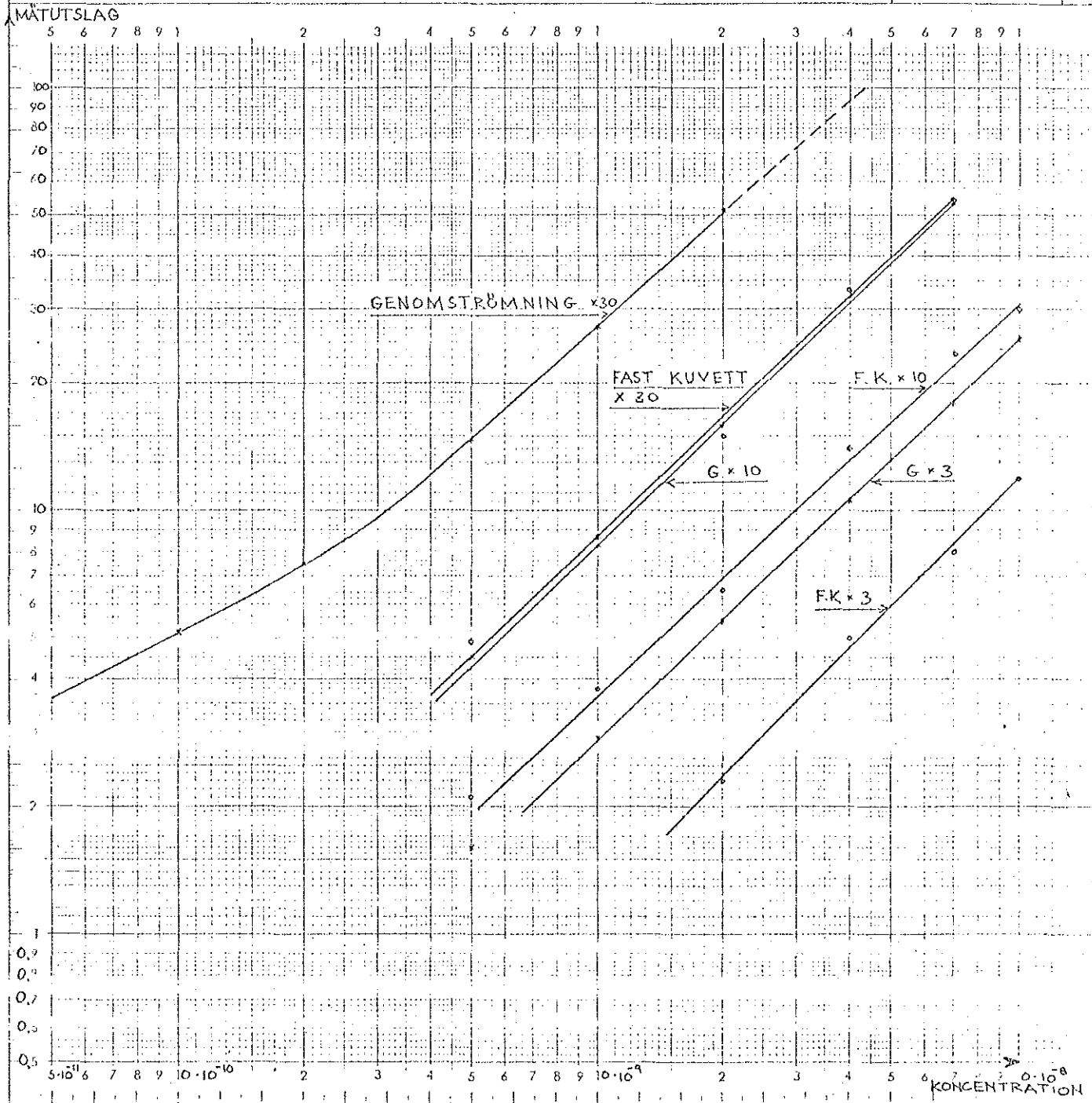


Fig. 4:1

2. Den bakgrund som huvudsakligen orsakas av interferensfenomen hos 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 adsorption. Effekten av dessa faktorer är av samma storleksordning, varför man vid praktisk tillämpning försummar dessa faktorer.

Salthalt

Fluorescensen påverkas ej av salthaltskoncentrationer från 0-35 ‰. I Marstrandsfjorden varierar salthalten mellan 20 och 33 ‰.

Fotokemisk avklingning

Den fotokemiska avklingningen är oberoende av koncentrationen. Halveringstiden för rodamin är i solsken omkring 31 timmar och i mulet väder fem gånger längre. Förutom väderleken inverkar även i hög grad spårämnets avstånd till ytan och vattnets ljusgenomsläpplighet på avklingningsförloppet. På grund av det snabba spridningsförloppet i Marstrandsfjorden har avklingningsfaktorn försumrats.

5. SIMULERING AV AVLOPPSUTSLÄPP

5.1 Allmänt

Försöket avsåg att simulera ett avloppsvattenutsläpp från det projekterade avloppsreningsverket för Marstrands och Koöns samhällen. Reningsverket är tänkt att ligga på Koön, med utloppsledningen dragen genom viken norr om Malö Pert och mynnande en bit ut i fjorden. Vattendjupet ökar här från 12 - 24 m på en sträcka av ca 200 m (se fig 2:2).

5.2 Metodval

Allmänt finns två metoder: kontinuerlig dosering och momentan dosering. Vid val av kontinuerlig dosering har man två alternativ: antingen att pumpa ned det mindre salta ytvattnet till utsläppsnivån ifrån en uppankrad flotte, eller att ta sötvatten från land och leda det ut i slangar. Inget av dessa alternativ var genomförbart i vårt fall, dels på grund av svårigheten att ha en flotte liggande i den hårt trafikerade farleden och dels på grund av att avståndet till närmsta vattenpost var mycket stort. Vi valde således metoden med momentan dosering. Denna har nackdelen i förhållande till kontinuerlig dosering att den sämre beskriver ett verkligt avloppsutsläpp, medan man å andra sidan lättare kan få en uppfattning om omblandningen och strömmarnas hastighet i recipienten.

5.3 Doseringsutrustning för momentan dosering

Momentan dosering tillgår så, att man från ett förutbestämt djup, där man beräknat att avloppsvattnet skall inlagra sig, pumpar upp vatten i ett stort kärl. I kärlet blandar man en viss mängd spårämne. Därefter pumpar man ner lösningen till den valda nivån. I vårt fall använde vi oss av en 12V pump med en kapacitet av 1 - 1.5 l/s, ett 200 l:s doseringskärl, av mörk plast för att utesluta ljus, samt armerad 1 1/4" plastslang med munstycke. Normalt använder man sig av en reversibel pump, men då en sådan icke var tillgänglig fick vi genom diverse kranar och kopplingar göra en vanlig pump "omvändbar". Detta fungerade bra. Doseringen utfördes från en mindre båt med utombordsmotor (se fig 5:1).

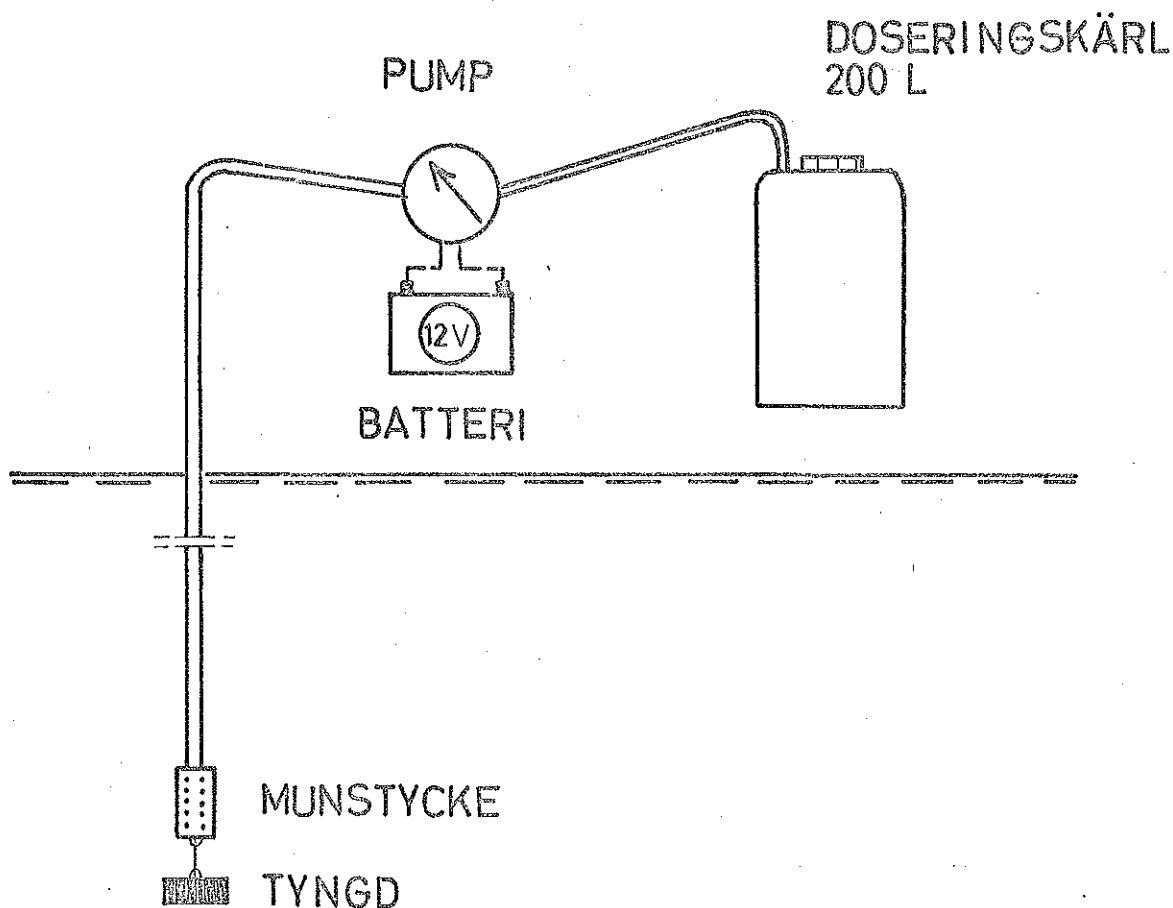


Fig 5:1

5.4 Utsläppspunkter

Utsläppspunkten utmärks på kartorna i kap. 7 med ett i en ring inskrivet kryss (⊗) och är vid samtliga försök belägen i samma punkt (A), där även salthaltsprofil tagits.

5.5 Mätutrustning

Vid inmätning av rodaminkoncentrationen användes institutionens Albin 25 som mätbåt.

Båten var utrustad med två seriekopplade 12 V batterier, som levererade ström till en centrifugalpump. Pumpen sög från det aktuella mätdjupet upp vatten genom en fluorometer, vilken var placerad i båtens garderob för att få så ljusfattig miljö som möjligt. En omformare gav 50-periodig 220 V växelström till en transformator, vilken i sin tur gav erforderliga 110 V till fluorometern. Fluorometern var kopplad till en potentiometrisk XY-XT-skrivare av typ Minigor. Fluorometern var av typ G. K. Turner Associates Model III. Se fig 5:2.

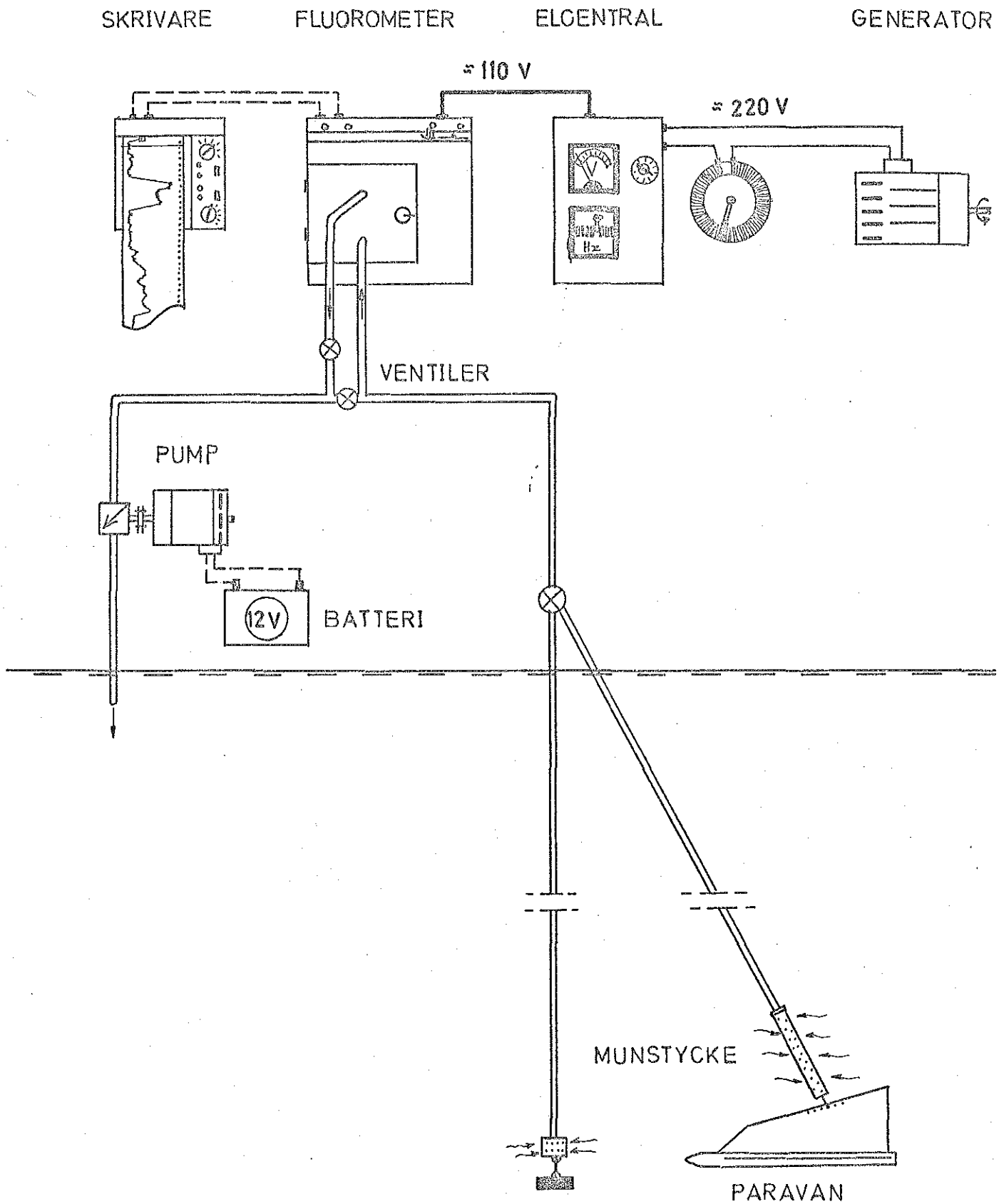


Fig. 5:2

Två olika mätmetoder har använts: djupprofilmätning, där man mäter spår-
ämnets vertikala utbredning samt "paravankörning", där man mäter den
horisontella utbredningen.

Vid djupprofilmätning kopplas till pumpen en armerad plastslang, där varje
meter är markerad. I slangens andra ände sitter ett insugningsmunstycke
och en tyngd, den senare för att hålla slangens vertikal i vattnet.

Vid paravankörning bogserar båten en paravan från vilken en munstycks-
försedd slang leder upp till båten. För att kunna bestämma paravanens
gångdjup fästs en tryckmätare vid intagsmunstycket. Tryckmätaren för-
binds, via en till slangens fäst ledning, med minigorskivan. Det härvid er-
hållna utslaget ger med hjälp av kalibreringstabell (djup-utslag) för tryck-
mätaren, det aktuella paravandjupet.

Övrig mätutrustning var en salinometer typ MC5 för bestämning av salthalt
och temperatur, samt en OTT-pegel för att registrera vattenståndets varia-
tion. Fig. 5:3.

5.6 Mätmetodik

Då fluorometern var uppvärmd, den kräver ca 30 min uppvärmningstid för
att visa korrekta värden, kalibrerades skrivaren gentemot fluorometern
genom att i en fast kuvett ha en standardlösning med känd rodaminkoncentra-
tion. Dessutom kalibrerades tryckmätaren genom att avläsa värden på mini-
gorskrivaren för varje meter tryckmätaren sänktes ner.

Första inmätningen av rodaminmolnet påbörjades direkt efter doseringens
avslutande, vilket var nödvändigt på grund av den snabba spridningen. Själva
inmätningen inleddes med djupprofiler i några olika punkter för att kunna
bestämma utsläppets huvudsakliga inlagringsnivå. Därefter vidtog paravan-
körning på den vid djupprofilmätningen bestämda inlagringsnivån. Härvid
uppstod ofta problem då det visade sig att vi mestadels fick ett mycket tunt
skikt (ca 1 m) i vertikalled vari rodaminet inlagrades. Paravanens läge i
vertikalled är ju en funktion av inte bara längden på draglinan, utan även av
båtens hastighet. Detta, tillsammans med det faktum att båtens hastighet va-
rierade med färdriktning kontra vindriktning, fick till följd att paravanen

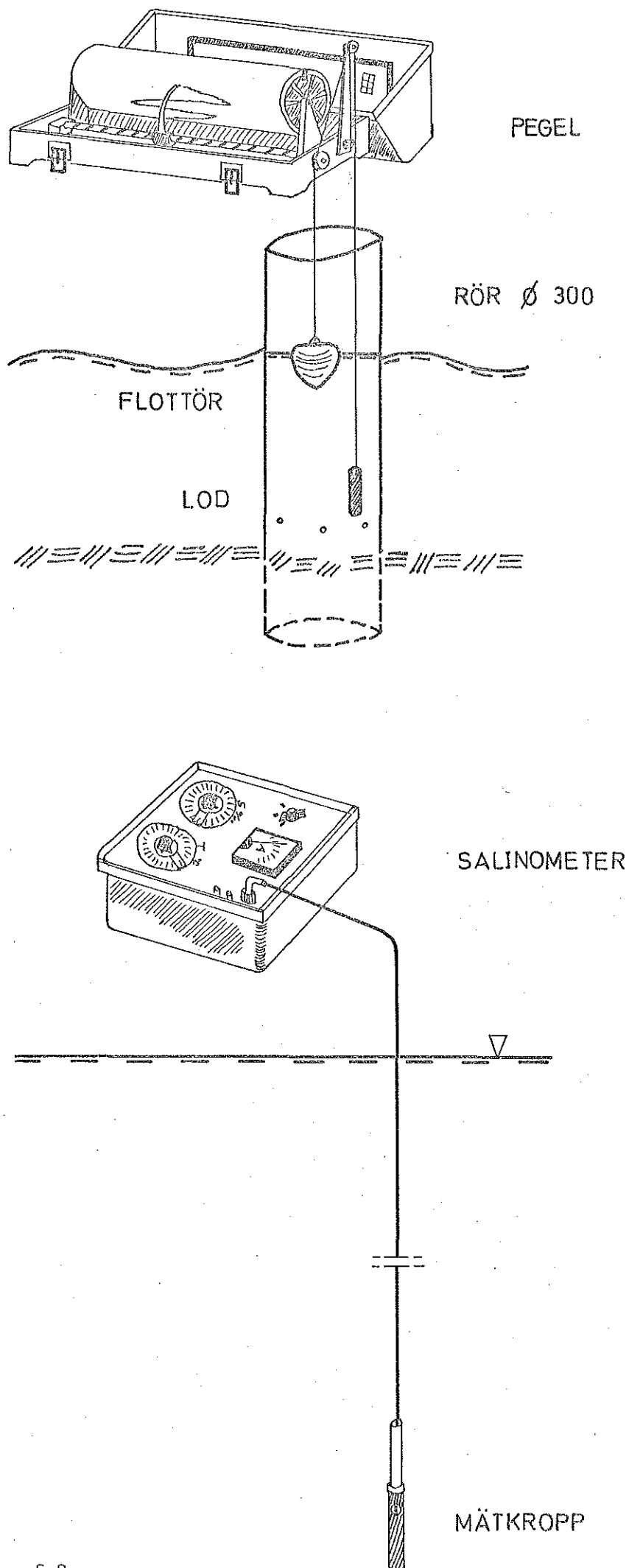


Fig. 5:3

drog ibland över och ibland under det inlagrade skiktet. Detta gjorde metoden mycket osäker. I de fall då vi ansåg att problemen var för stora, tillgrip vi en annan metod där vi enbart med hjälp av täta vertikalkalprofiler arbetade oss igenom rodaminmolnet. Detta tog avsevärt mycket längre tid än om paravankörningen hade fungerat. Vi har därför måst fästa stor uppmärksamhet på molnets förflyttning under själva inmättningsperioden. För att bestämma vår position använde vi oss av landmärken vilka var relaterade till det kordinatsystem som vi upprättat för fjorden. Positioner samt tidpunkter noterades vid paravankörning direkt på skrivarremsan och vid djupprofilmätning på det protokoll som upprättades för varje profil.

6. BEARBETNING AV INSAMLADE MÄTDATA

6.1 Allmänt

De nedan beskrivna mätresultaten redovisas var för sig för varje mätning i kap 7. Resultat och data är sammanställda på ett kartblad samt i efterföljande diagram.

6.2 Vind

Vinduppgifter har erhållits från SMHI:s mätstation vid Måseskär och redovisas i form av en till kartan relaterad vindpil. Egna lokala observationer i Marstrand har stämt väl överens med vindförhållandena på Måseskär.

6.3 Vattenstånd

Vattenståndet i Marstrandsfjorden har registrerats kontinuerligt av en OTT-pegel under hela fältarbetsperioden. Pegeln har varit placerad vid Volvo Pentas kaj i Marstrand. Fig (2:2).

Vattenståndets variationer visas under en tidsperiod av ca tre dygn i anslutning till dosering och inmätning.

Nollaxelns läge i diagrammet är godtyckligt vald och har således inget samband med normalvattenståndet.

6.4 Salthalt

Salthalten, S ‰, mättes med hjälp av en salinometer, huvudsakligen i två punkter, kallade A resp B (fig 2:2). Då mätningar har företagits i andra punkter än ovan nämnda har dessa markerats på kartbladet för resp försök. En sammanställning av mätresultaten för punkt A och punkt B visas i fig (6:1) resp (6:2).

6.5 Temperatur

Temperaturen i vattnet mättes samtidigt med salthalten med hjälp av salinometern. Mätresultatet har använts vid korrigering av rodaminkoncentrationen

SALTHALT ‰S VID PKT A 1974

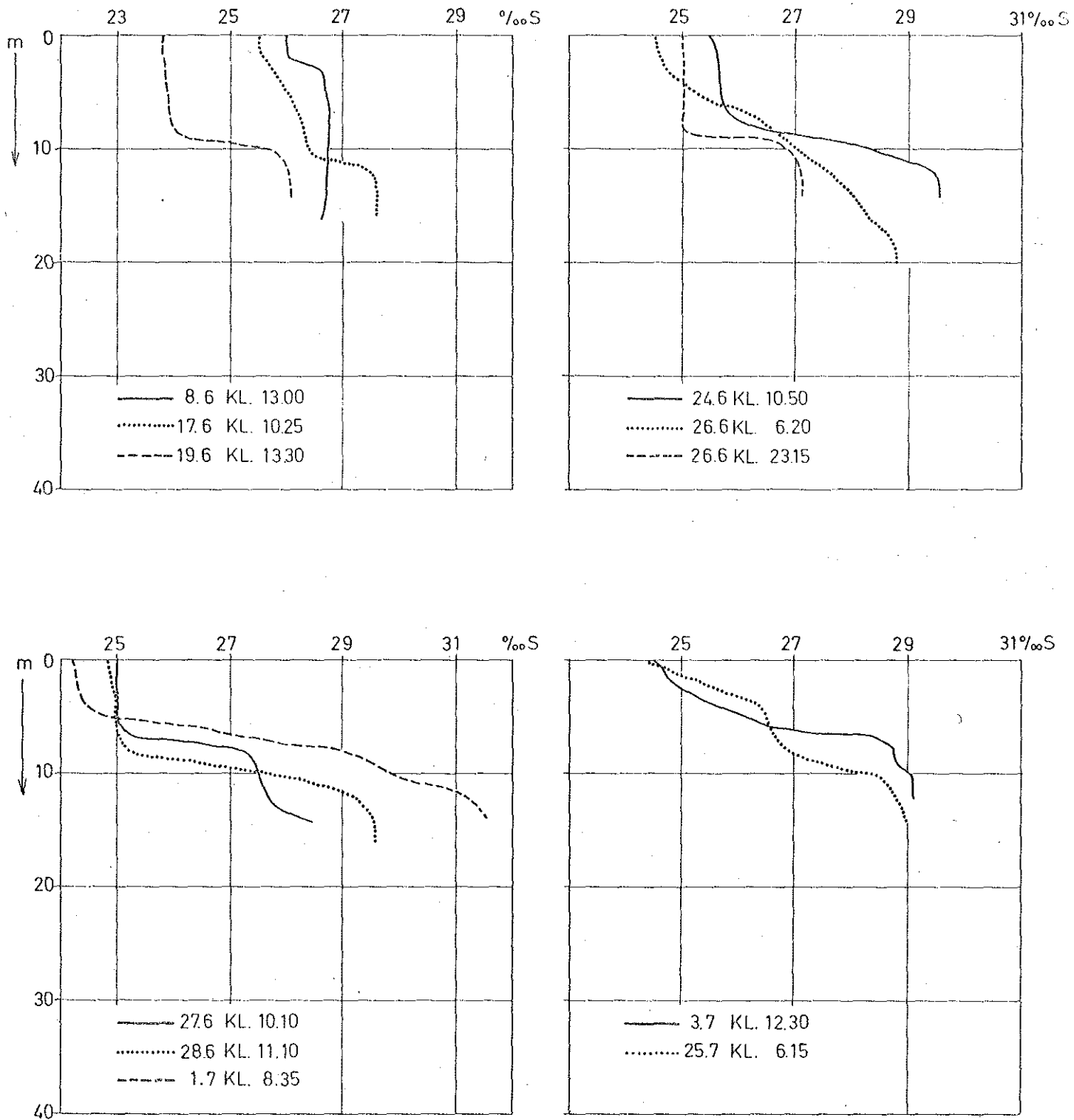


Fig 6:1

SALTHALT ‰ S VID PKT B 1974

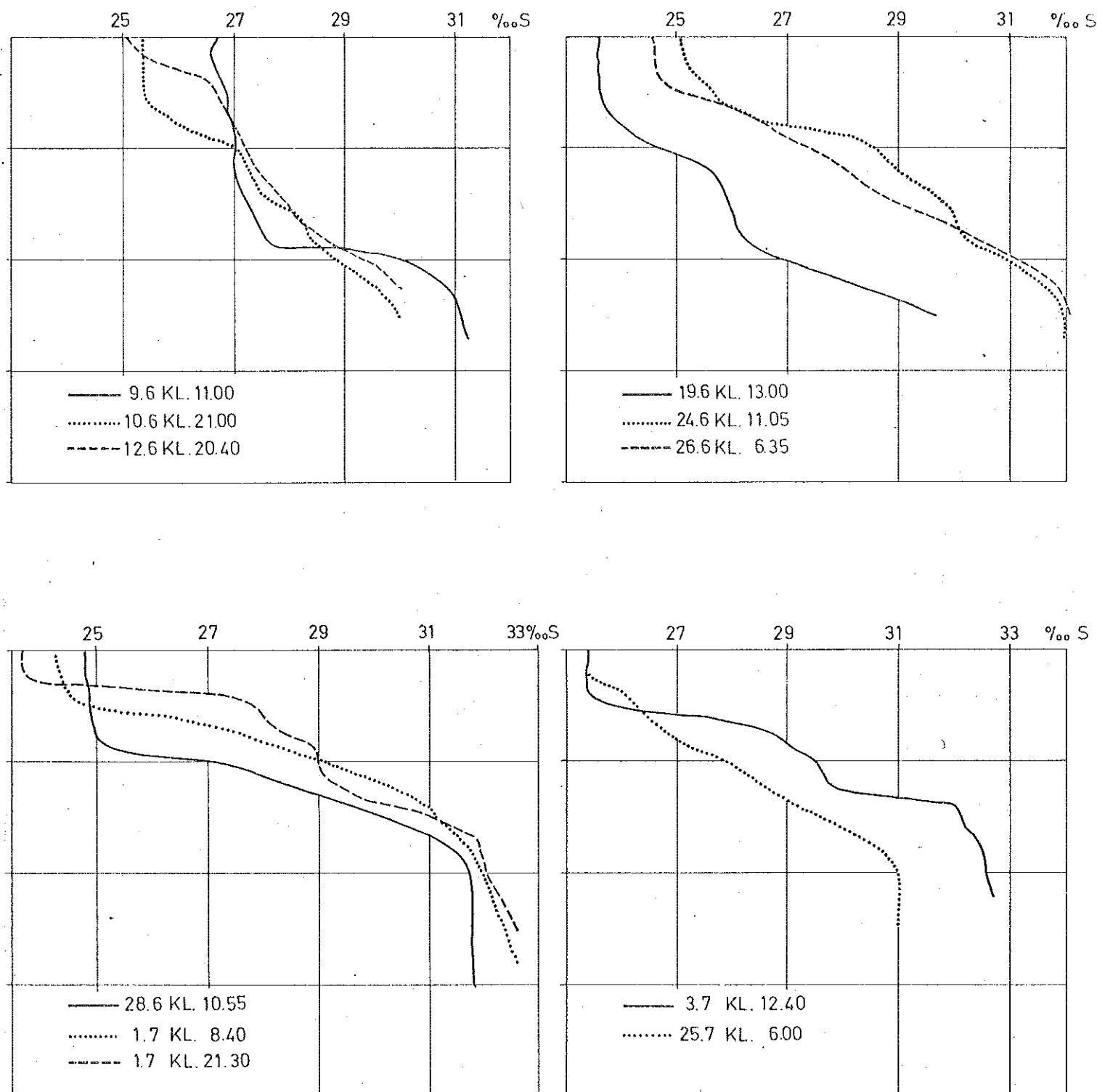


Fig 6:2

samt vid beräkning av vattnets täthet,

I anslutning till varje inmätning visas i diagram sambandet mellan aktuell temperatur och djup.

6.6 Täthet

Med kännedom om vattnets salthalt och temperatur erhålls vattnets täthet enkelt ur diagram, vilka beskriver nämnda förhållanden, (se fig 6:3).

Tätheten σ_t redovisas i samma diagram som temperaturen efter varje försök. Exempelvis fås för $\sigma_t = 22$, vattnets densitet $\rho_v = 1022 \text{ kg/m}^3$.

6.7 Rodamin

Mängden doserat rodamin varierar från 1 liter vid ytförsök till 2 å 3 liter vid djupdosering. Det visade sig vara önskvärt att öka rodaminmängden vid ytförsöken. Den mycket livliga trafiken av fritidsbåtar avhöll oss dock från detta, enär båtägarnas förskräckelse var alltför stor. Risken för nedfärgning var egentligen mycket ringa och i varje fall ej bestående.

Rodaminkoncentrationen i vattnet, inmätt vid paravankörning och djupprofil-mätning, redovisas dels i form av kartor (horisontell utbredning) och dels i diagramform (vertikal utbredning).

Den vertikala utbredningen, djupprofilen, redovisas i ett antal diagram be-tecknade med en romersk siffra. Denna siffra återfinnes på resp försöks kartblad. Mätpunkten utmärks på kartan med en i en ring inritad prick (o) Härvid har även paravaninmätning överförts till detta system, enär det ofta var omöjligt att redovisa paravankörning för sig.

Vid inritandet av koncentrationskurvor på försökets kartblad, har vi utgått från de på kartan inritade mätpunkterna. Vi vill påpeka att mätvärden endast är kända i dessa speciella punkter. Det är därför omöjligt att säga hur kon-centrationen egentligen varierar emellan dessa. Vid vår redovisning har vi utgått ifrån att ett visst kontinuerligt samband gäller och därmed kunnat upp-rita nämnda isokoncentrationskurvor. Man får därför ej se dessa kurvor, som om de angav absoluta värden, utan tyda dem som ett troligt utspädnings- och transportförlopp.

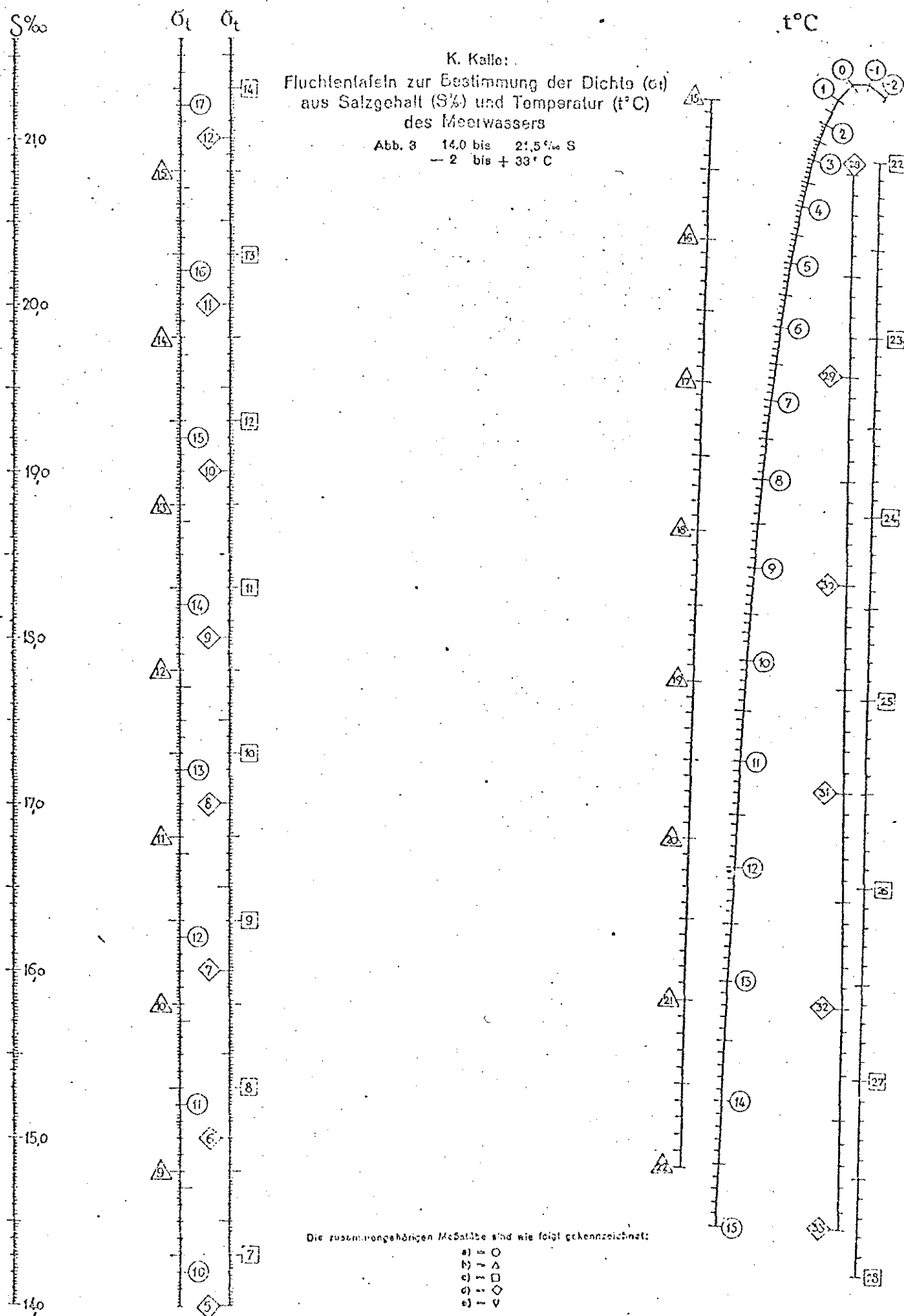


Fig. 6:3

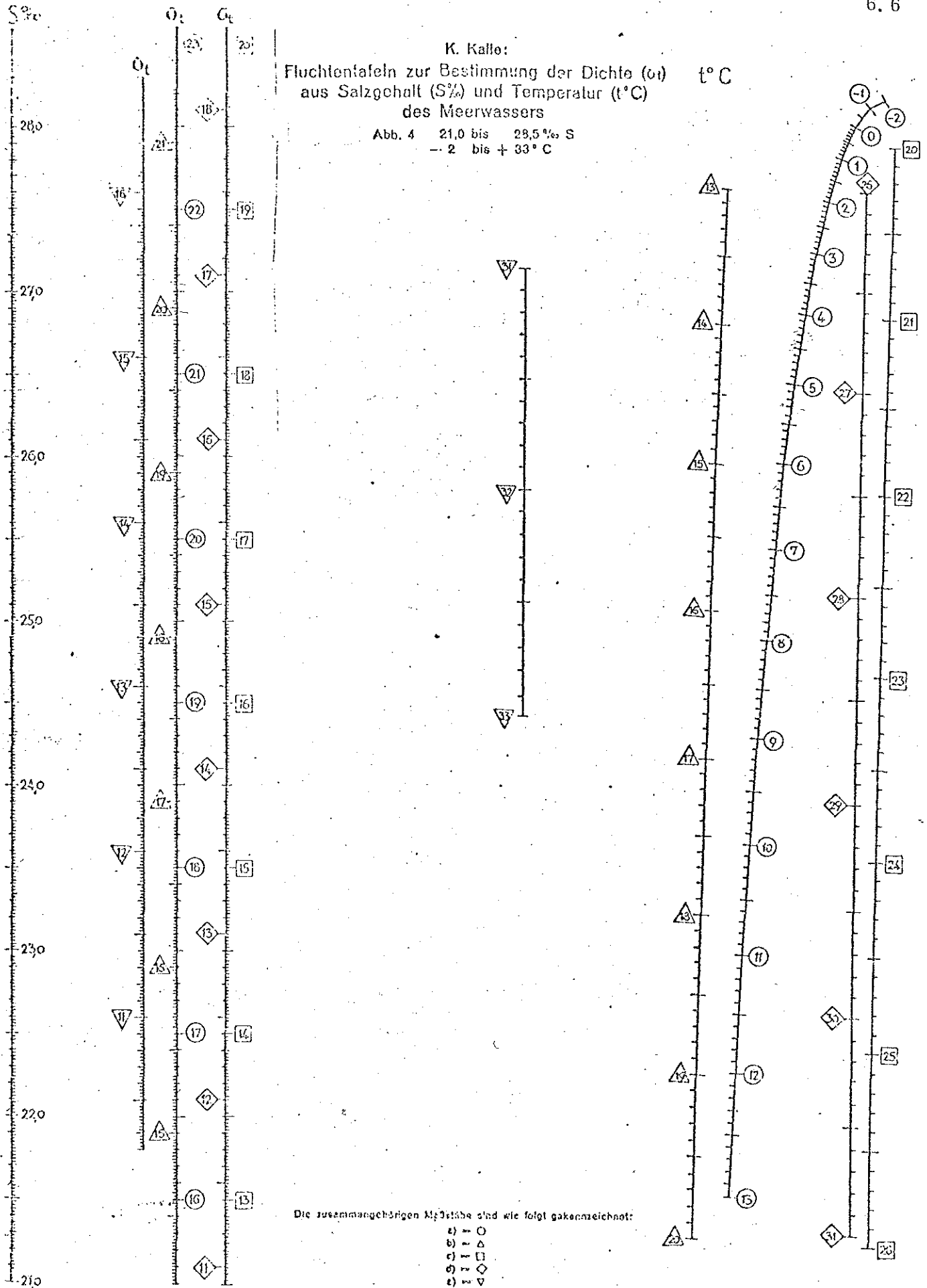


Fig 6:3

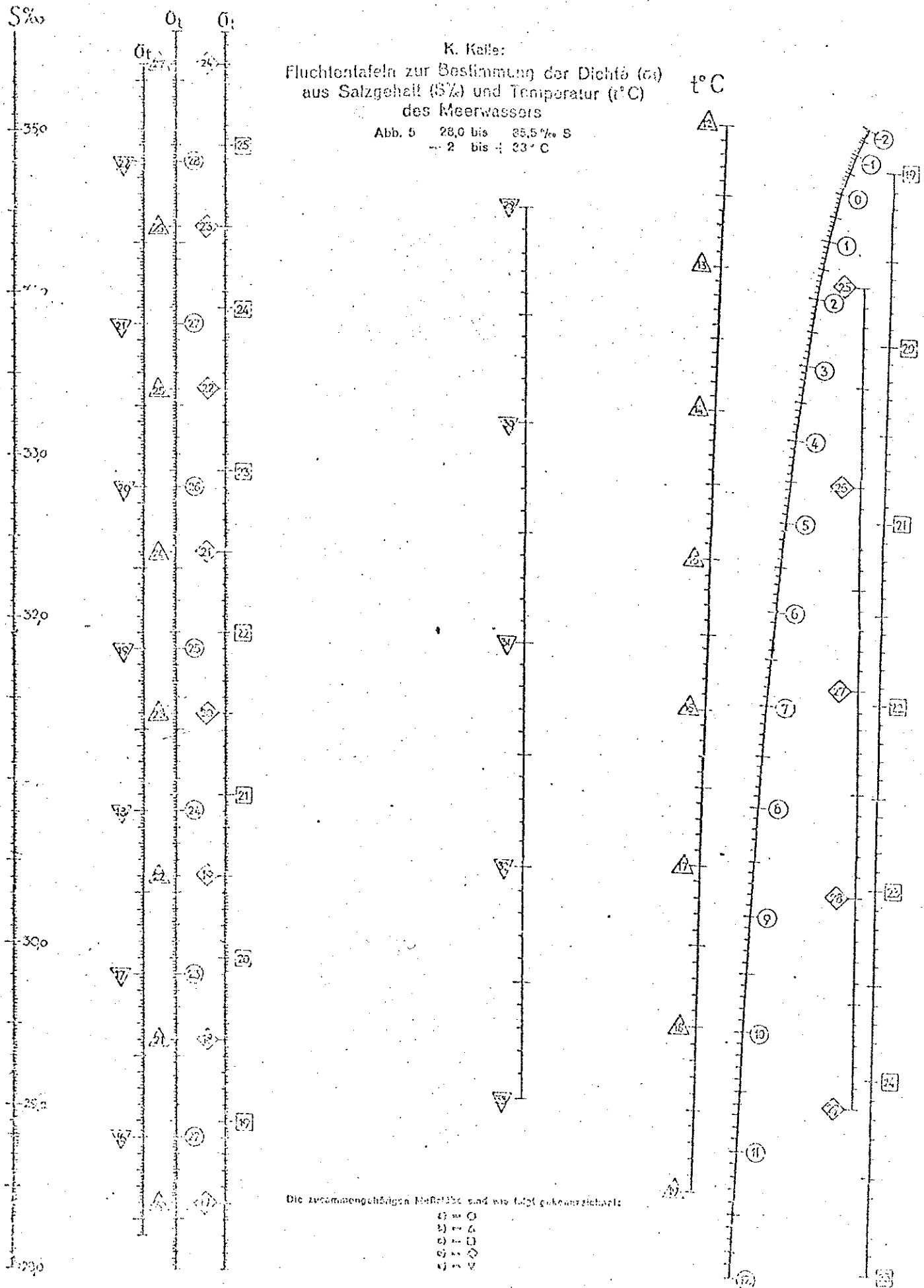


Fig 6:3

Vid beräkning av inmätt mängd rodamin användes följande tillvägagångssätt: Varje djupprofil antogs vara representativ för en viss omgivande area, vars storlek bedömdes med hjälp av paravanmätningar och intilliggande djupprofilmätningar. Med utgångspunkt från djupprofilerna kunde vattenvolymen indelas i ett visst antal skikt med konstant tjocklek och rodaminkoncentration.

Den inmätta mängden rodamin erhöles således:

$$x = A_1 (t_{11} \cdot k_{11} + t_{12} \cdot k_{12} + \dots) A_2 (t_{21} \cdot k_{21} + t_{22} \cdot k_{22} + \dots) + \dots$$

där x = mängden inmätt rodamin

A_i = områdets area

t_{ij} = skiktets tjocklek

k_{ij} = skiktets rodaminkoncentration

Approximationen att skiktets tjocklek och rodaminkoncentration är konstant måste göras för att beräkningen skall kunna utföras.

Vid beräkning av den inmätta mängden rodamin bortsågs från avklingningens inverkan, enär försöken på grund av den snabba vattenomsättningen i fjorden var mycket kortvariga. Som tidigare nämnts har denna inverkan även vid övriga beräkningar försumrats.

7. UTVÄRDERING AV MÄTDATA

7.1 Allmänt

Då vattnet i fjorden vid vissa tillfällen, tex vid ihållande hårt väder, är täthetshomogent, kommer avloppsvattnet att stiga upp till ytan. Detta förhållande har vi försökt simulera genom dosering i ytan (s k ytutsläpp).

Större delen av året är dock recipienten täthetsskiktad, vilket medför en djupinlagring. Se 3. Dessa förhållanden simulerades med utsläpp på olika djup (s k djuputsläpp).

7.2 Dosering: 1

Typ av dosering: Djupdosering på 13 m.

Utsläppsplats: A

Doseringstid: 74-06-19 kl 15.00 - 16.00

Antal inmätningar: 1 st

Kommentar

Injiceringen skedde i slutfasen av stigande tidvattenstånd och även i övrigt vid relativt högt vattenstånd, vilket troligen orsakats av västlig vind 7 m/s under hela förmiddagen.

Under tidsintervallet mellan dosering och inmätning sjönk vattenståndet med 21 cm. Denna vattenståndssänkning verkar ha givit till följd en utströmlängs Marstrandsöns norra sida, vilket inmätningen visar. Vinden var från kl 13.00 W 6 m/s under resten av dagen.

Inmätningen skedde med paravan på 11 m djup och innebar svårigheter på grund av risk för bottenkontakt med paravanen. Mätningen försvårades ytterligare genom den relativt kraftiga västliga vinden med stora vågor som följd. Härvid blir det något osäkert att ange ett exakt djup för paravanen.

Rodaminet inlagrades i språngskiktet 7-12 m och därunder. Ovan språngskiktet kunde under mätningen ej spåras något rodamin. Utströmmens hastighet var ca 5 cm/s.

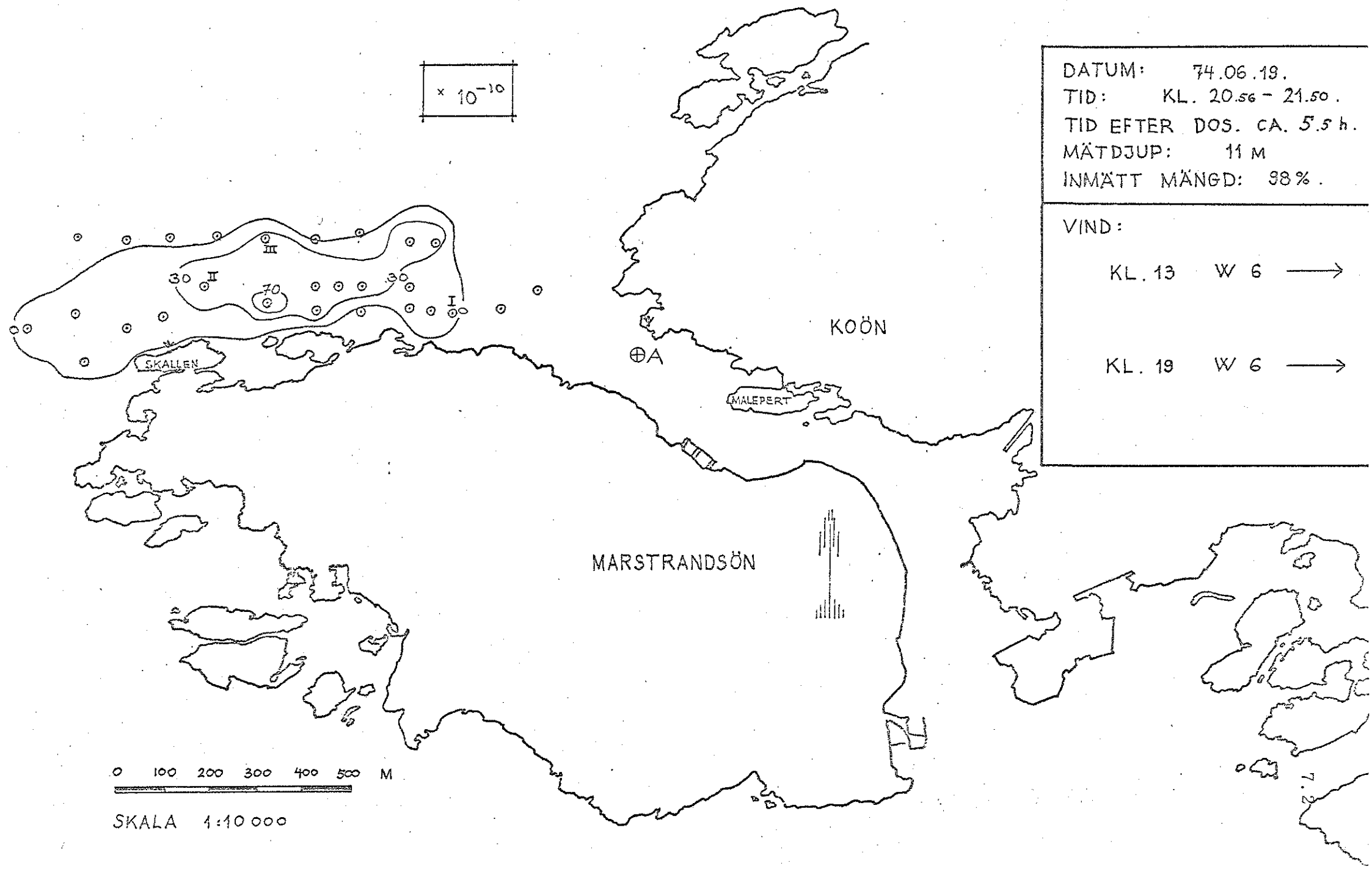
$\times 10^{-10}$

DATUM: 74.06.19.
TID: KL. 20.56 - 21.50.
TID EFTER DOS. CA. 5.5 h.
MÄTDJUP: 11 M
INMÄTT MÄNGD: 98 %.

VIND:

KL. 13 W 6 →

KL. 19 W 6 →



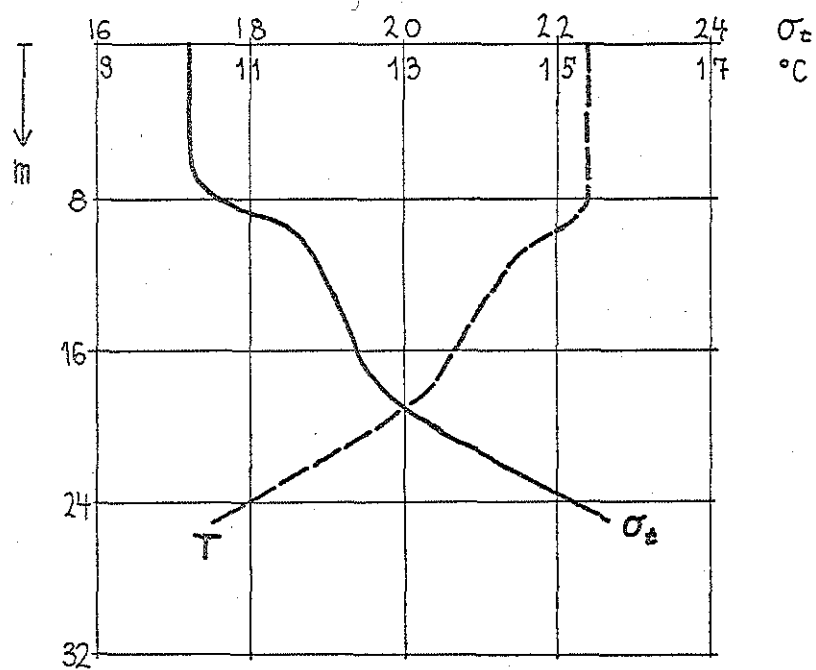
0 100 200 300 400 500 M

SKALA 1:10 000

DATUM 74.06.19.

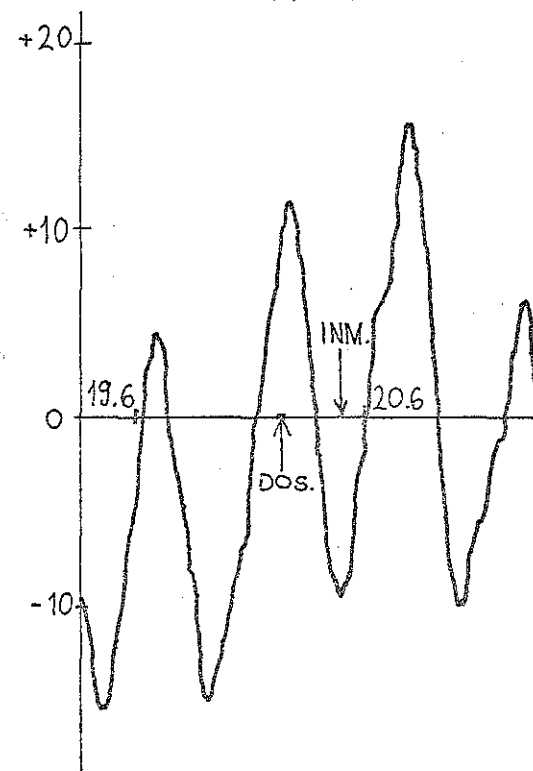
————→ TÄTHET σ_z

————→ TEMP. °C



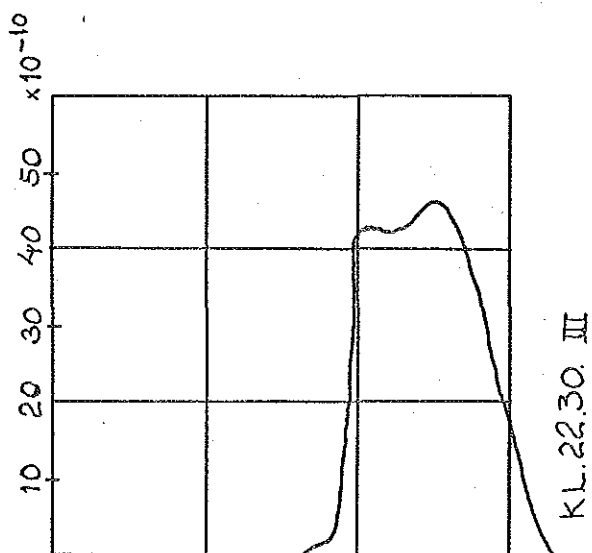
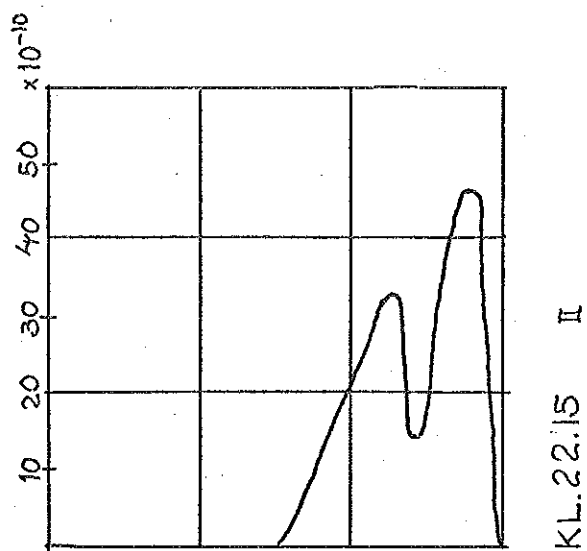
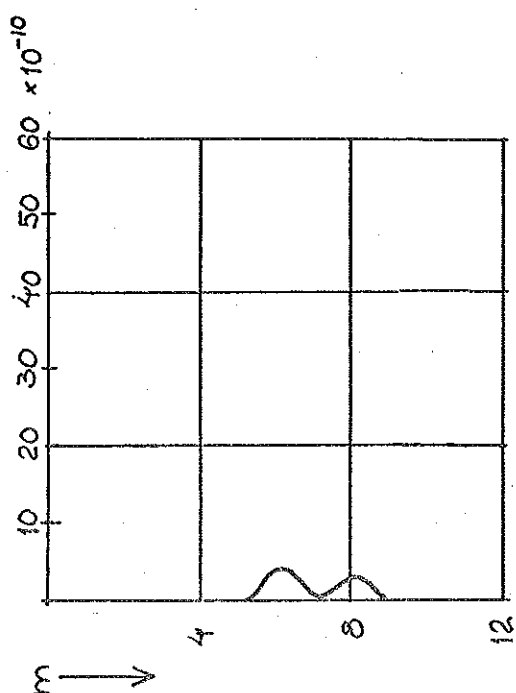
KL. 13.00

VATTENSTÅND cm



DATUM : 74.06.19

KONG. —→



7.3 Dosering 2

Typ av dosering: Djupdosering på 11 m

Utsläppsplats: punkt A

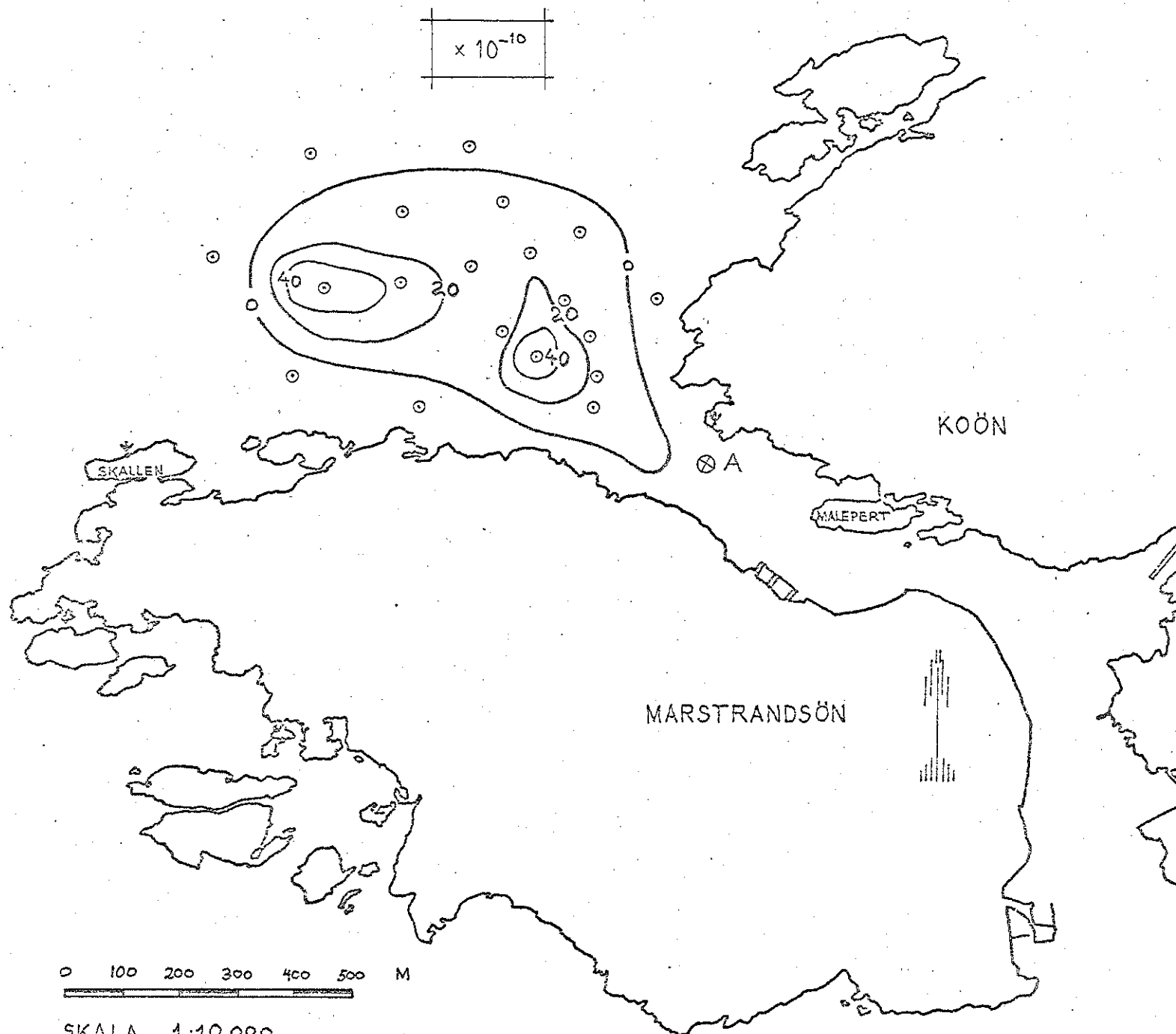
Doseringstid: 74-06-24 kl 14.00 - 14.30

Antal inmätningar: 2 st

Hela försöket skedde i stigande tidvatten (tot 24 cm). Vid den första inmätningen märktes en kraftig utström som snabbt förde molnet i nordvästlig riktning (hastighet approximativt 8 cm/s). Två markerade tyngdpunkter för "spårämnesmolnet" kunde observeras.

Den låga inmätningensgraden (12 %) vid första inmätningen, kan bero på de svårigheter med paravankörning som redovisas i kap 5.6 samt av för få gjorda vertikalprofiler.

Vid andra inmätningen verkar strömmen ha vridit sig till en mer nordlig riktning och endast en del av spårämnesmolnet har hittats. Troligen har den andra förskjutits i nordvästlig riktning och molnet därvid delats. Under hela inmätningen steg språngskiktet och därmed även molnet, från 8 - 4 m. Inmätningen skedde genom profilering och den låga inmätningensgraden tyder även den på att molnet delats och att endast ena halvan mätts in.



DATUM: 74.06.24.
TID: KL. 15.45. - 17.00
TID EFTER DOS. CA. 2.2 h.
MÄTDJUP: 7 M.
INMÄTT MÄNGD: 12 %.

VIND:
KL. 13 NNW 6
KL. 19 NW 2

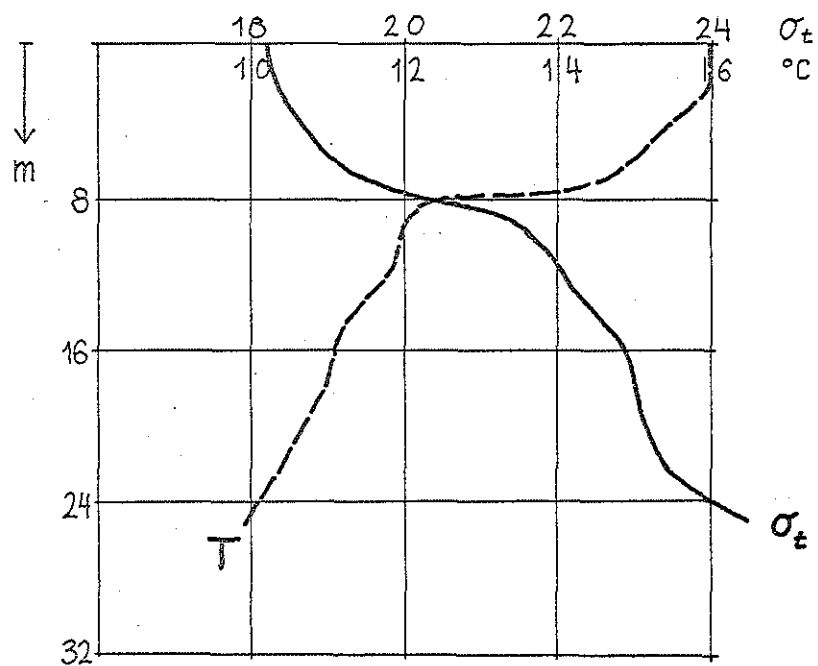
0 100 200 300 400 500 M

SKALA 1:10 000

DATUM 74.06.24.

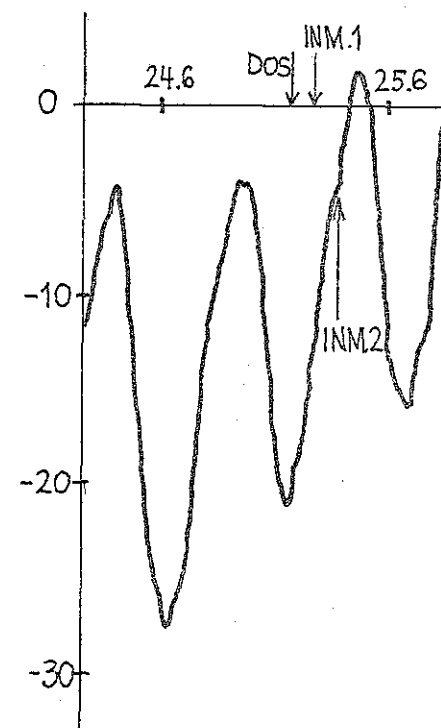
→ TÄTHET σ_t

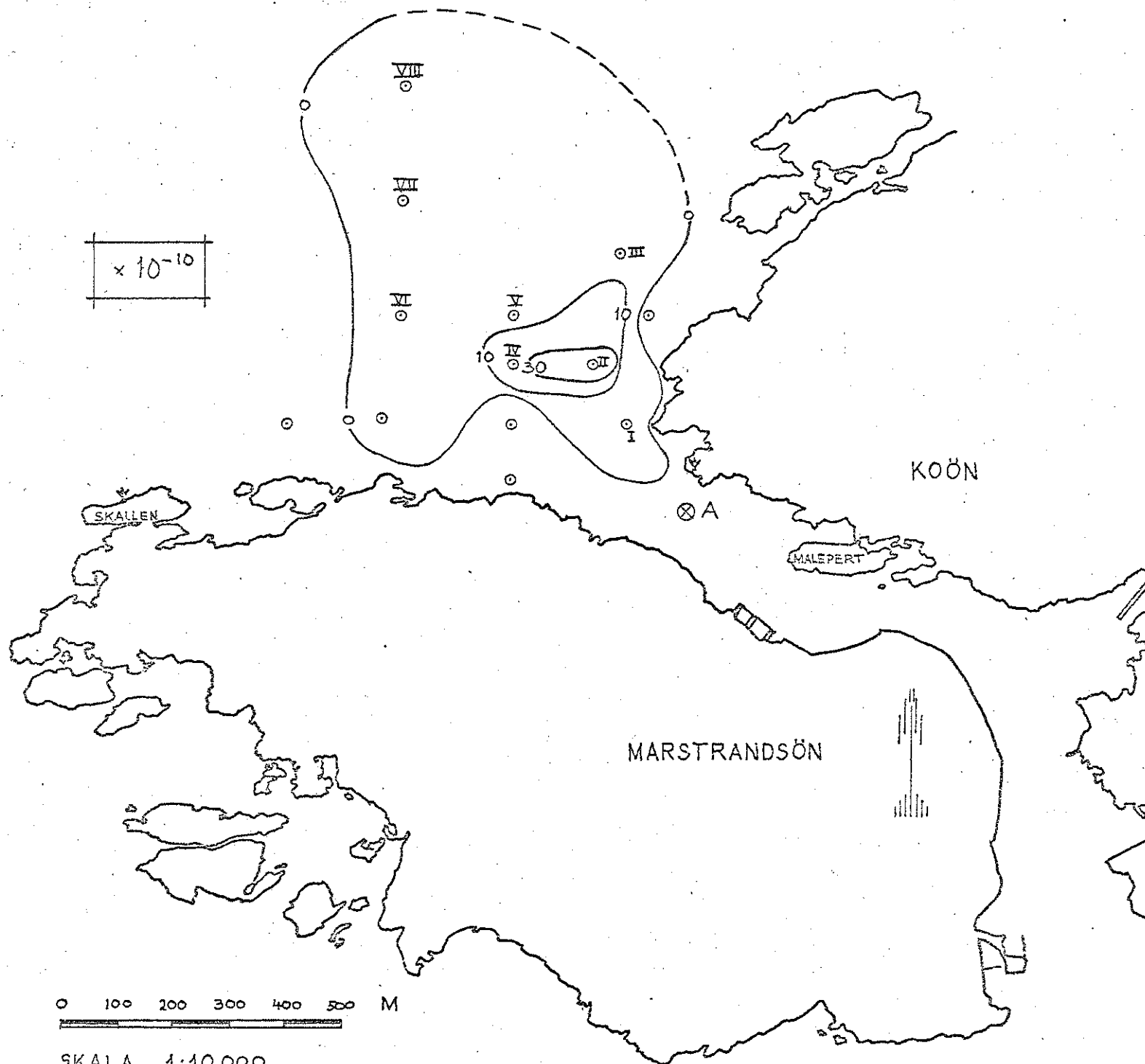
→ TEMP. °C



KL. 11.05

VATTENSTÄND cm





DATUM: 74.06.24.
 TID: KL. 18.10 - 20.00.
 TID EFTER DOS. CA 4.5 h.
 MÄTDJUP: 4 M.
 INMÄTT MÄNGD: 17 %

VIND:

KL. 13. NNW 6

KL 19. NW 2.

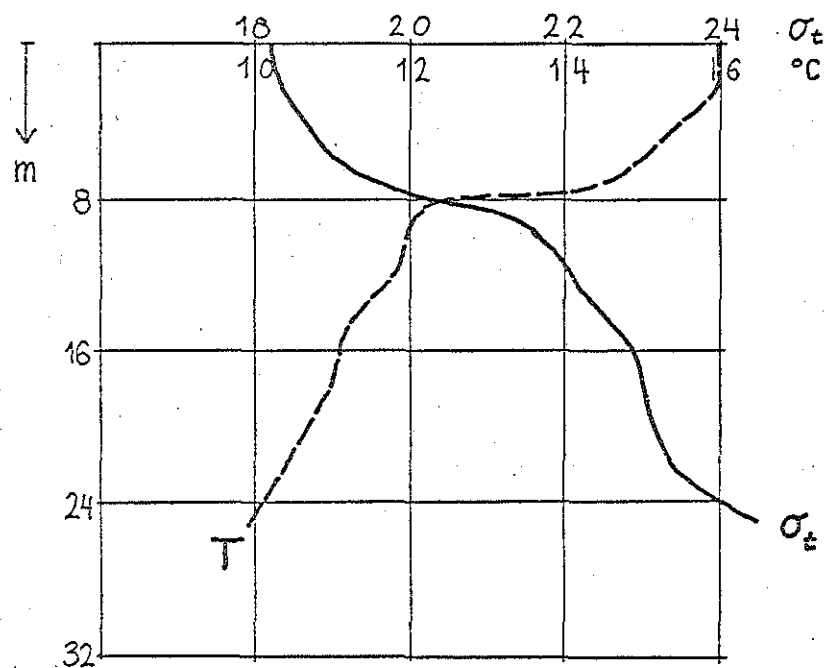
0 100 200 300 400 500 M

SKALA 1:10 000

DATUM 74.06.24.

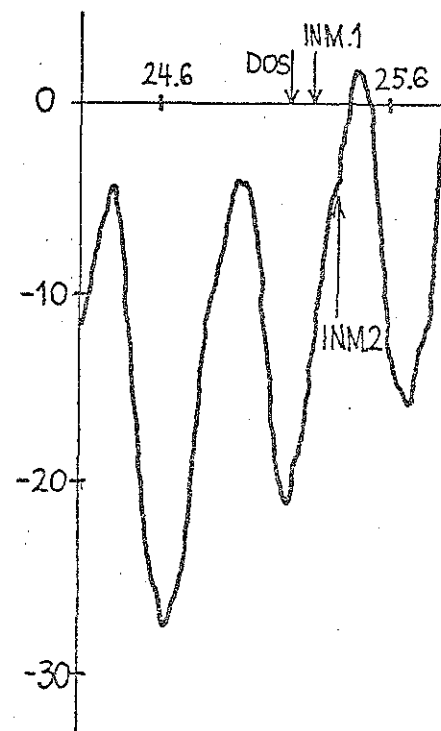
→ TÄTHET σ_t

→ TEMP. °C

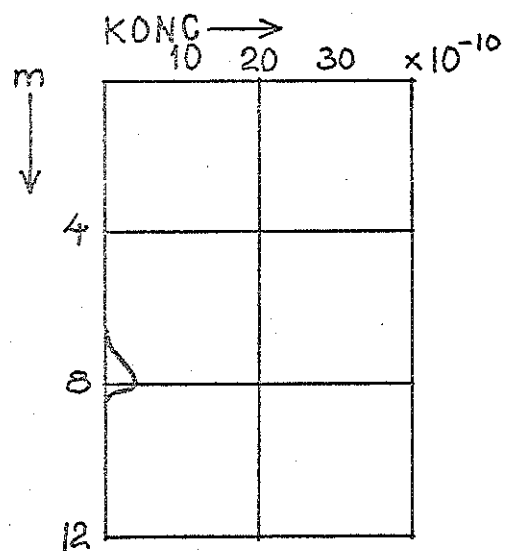


KL. 11.05

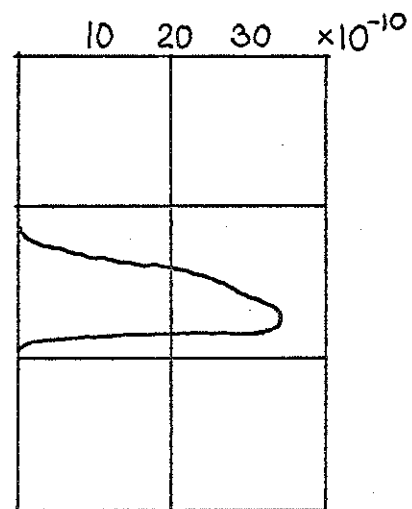
VATTENSTÅND cm



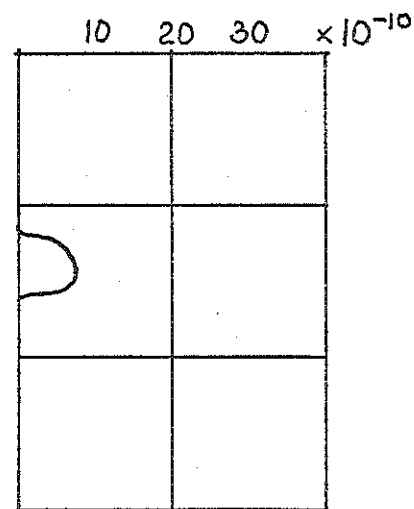
DATUM: 74.06.24



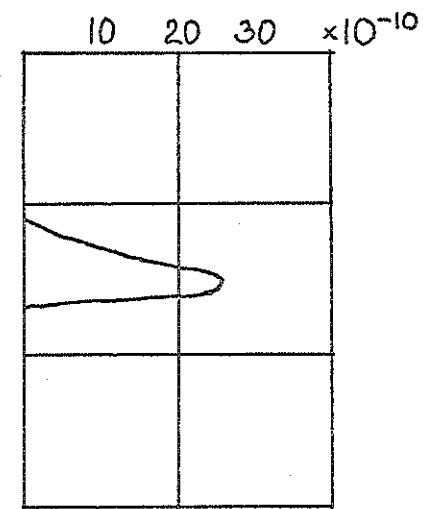
KL. 17.55 I



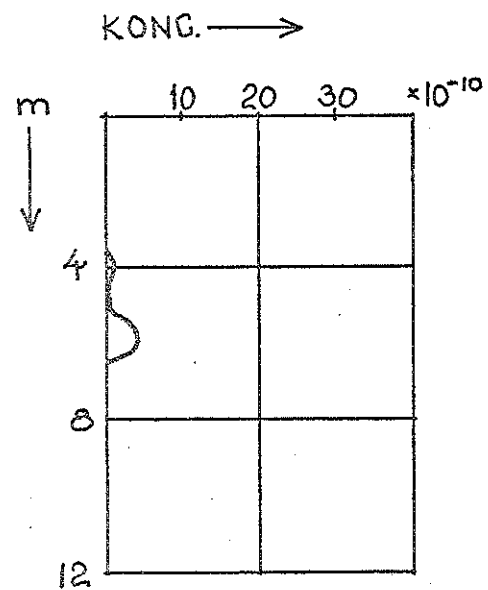
KL. 18.12 II



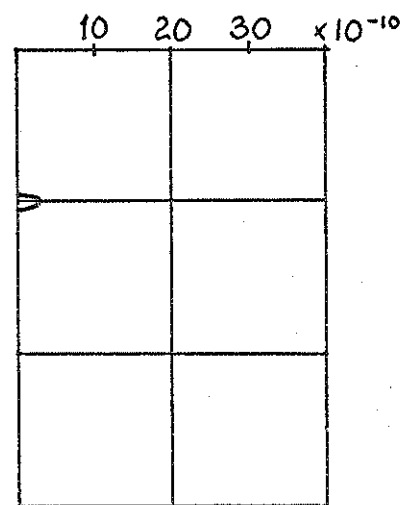
KL. 18.20 III



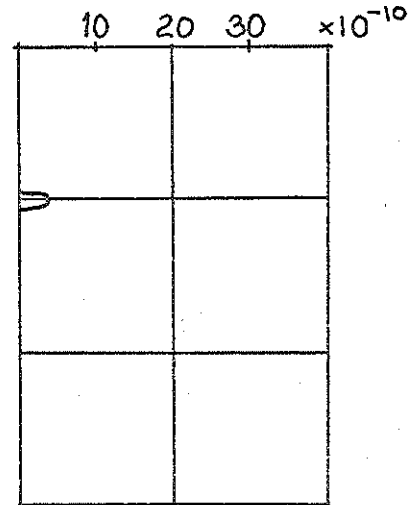
KL. 18.40 IV



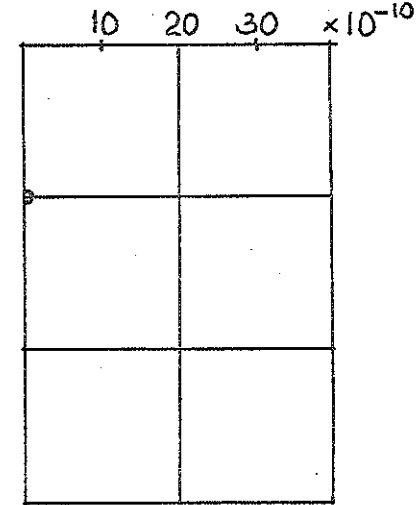
KL. 18.50 V



KL. 19.25 VI



KL. 19.35 VII



KL. 19.45 VIII

7.4 Dosering 3

Typ av dosering: Djupdos 6 m

Utsläppsplats: Punkt A

Doseringstid: 74-06-26 kl 7.00 - 7.45

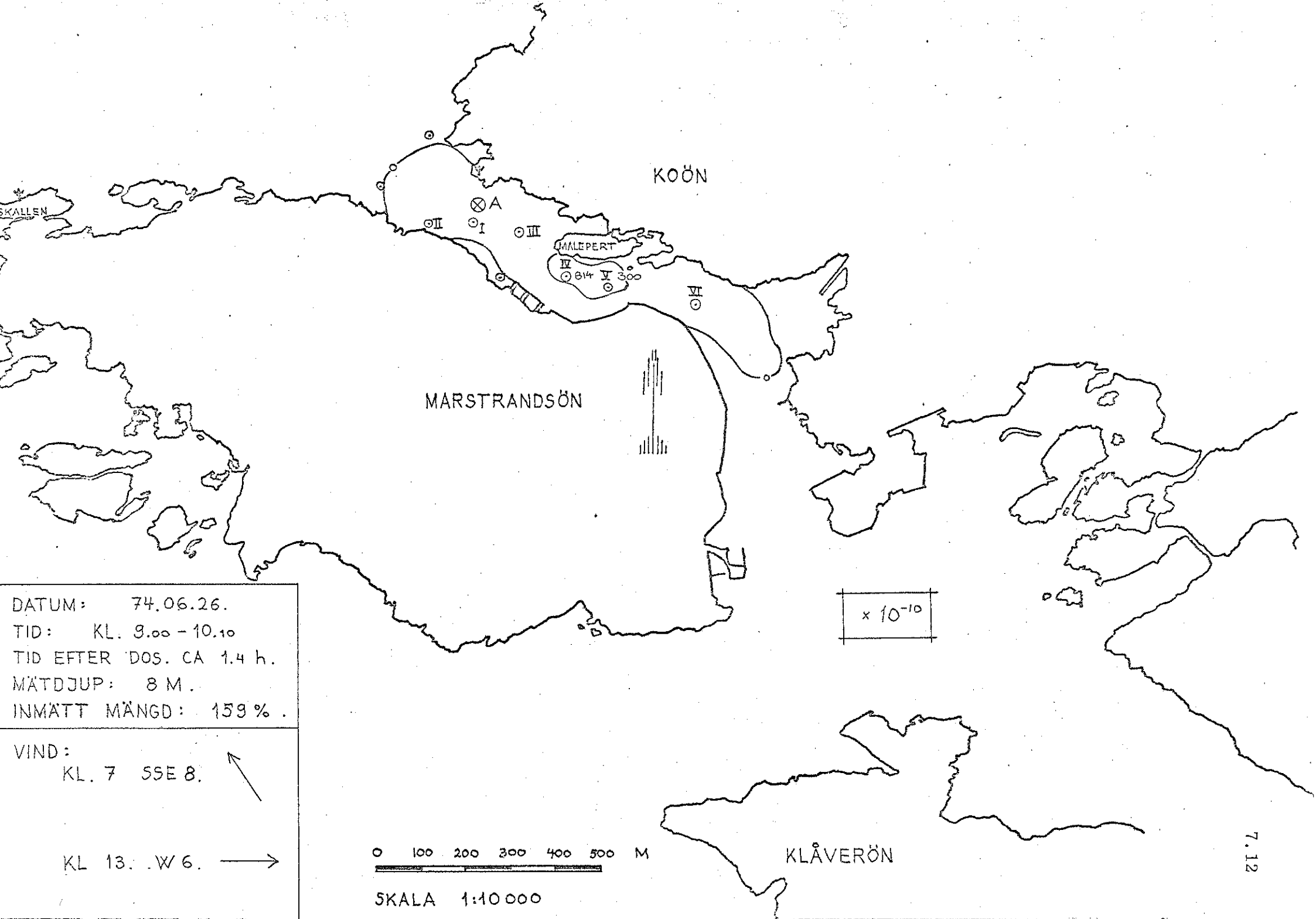
Antal inmätningar: 5 st

Doseringen skedde i stigande tidvatten och sydlig vind (SSE 8). Detta kan vara anledningen till att molnet har dragits in mot Marstrands hamn. Vid 13-tiden har vinden vridit till W 6 m/s, troligen har härvid ytvatten pumpats in mellan Marstrandsön och Klåverön (söder om Marstrand) och molnet därför fortsatt att förflyttas söderut genom hamnområdet.

Vid inmätning tre rådde fortfarande i huvudsak västlig vind (WSW 10) och vi kan observera att samtidigt som molnets södra del förflyttas söderut så dras nordändan ut längs Marstrandsöns norra sida. Vid inmätning 3, 4 och 5 har salthalt och temperatur uppmätts i punkt C (se kartblad för resp inmätning).

Vår slutsats: Detta försök tror vi tyder på att vattnet på ca 10 m djup i de inre delarna av hamnen, vid västlig vind påverkas av vattenområdet söder om Marstrandsön och att vattnet längre norrut i hamnkanalen påverkas av vattenområdet norr Marstrand.

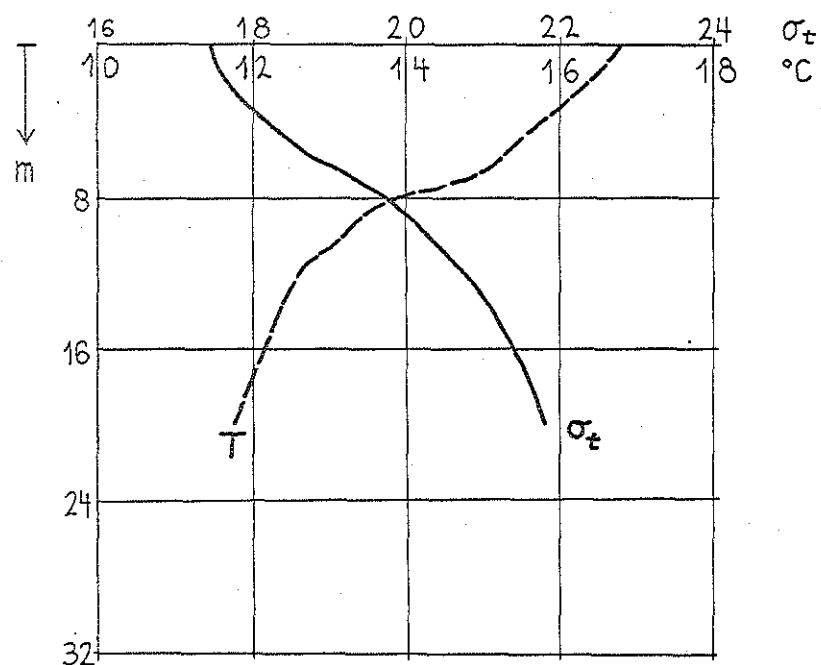
Den resulterande vattengenomströmningen i sundet mellan Koön och Marstrandsön har under försökets gång varit mycket ringa.



DATUM 74.06.26.

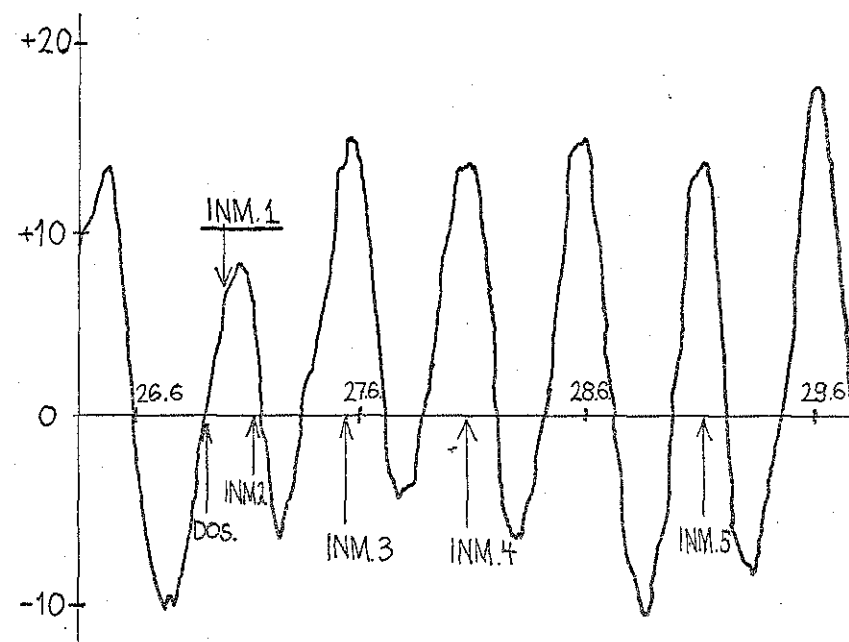
————→ TÄTHET σ_t

————→ TEMP. °C



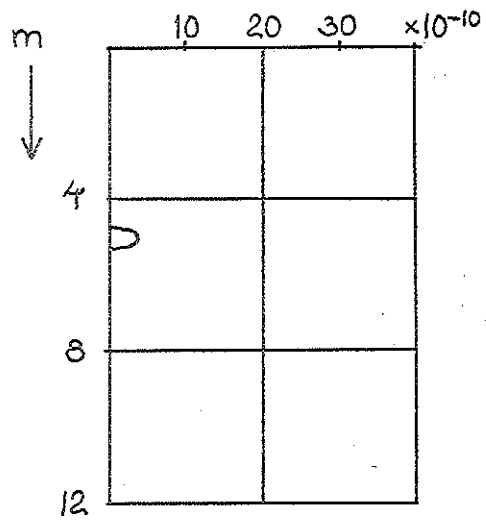
KL. 06.00

VATTENSTÅND cm

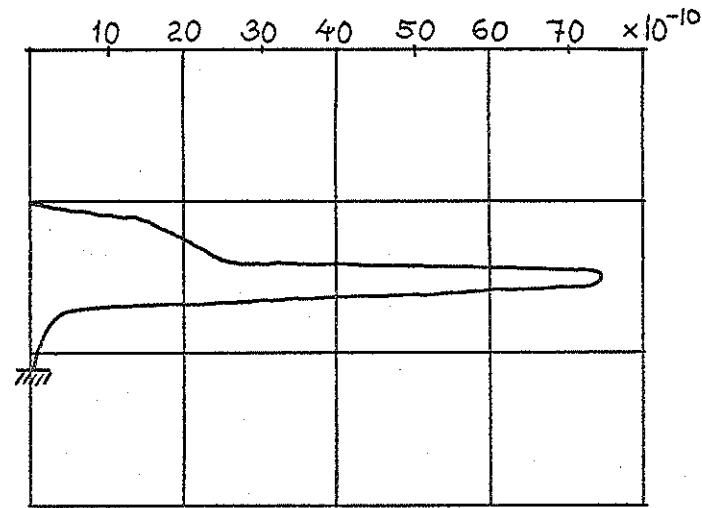


DATUM: 74.06.26

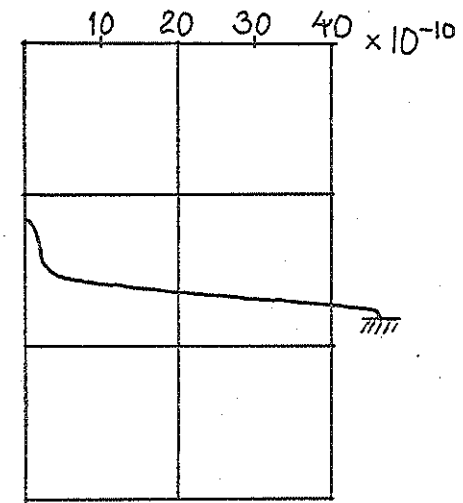
KONC. →



KL. 9.00 I

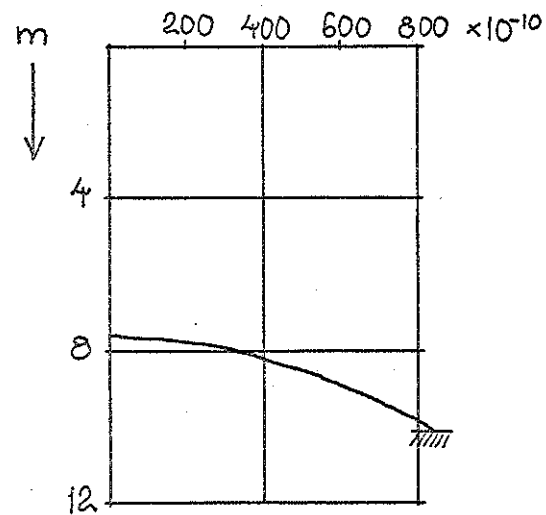


KL. 9.10 II

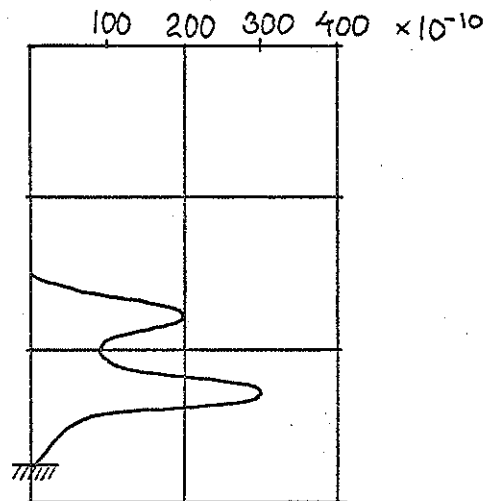


KL. 9.30 III

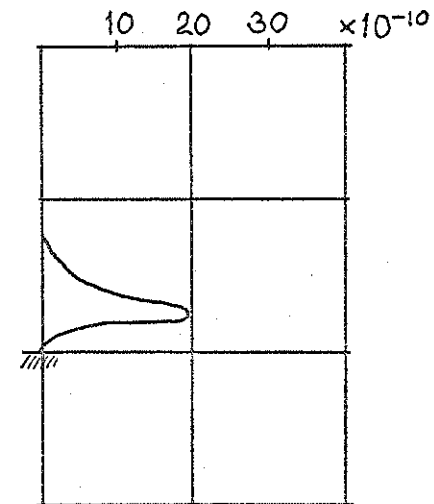
KONC. →



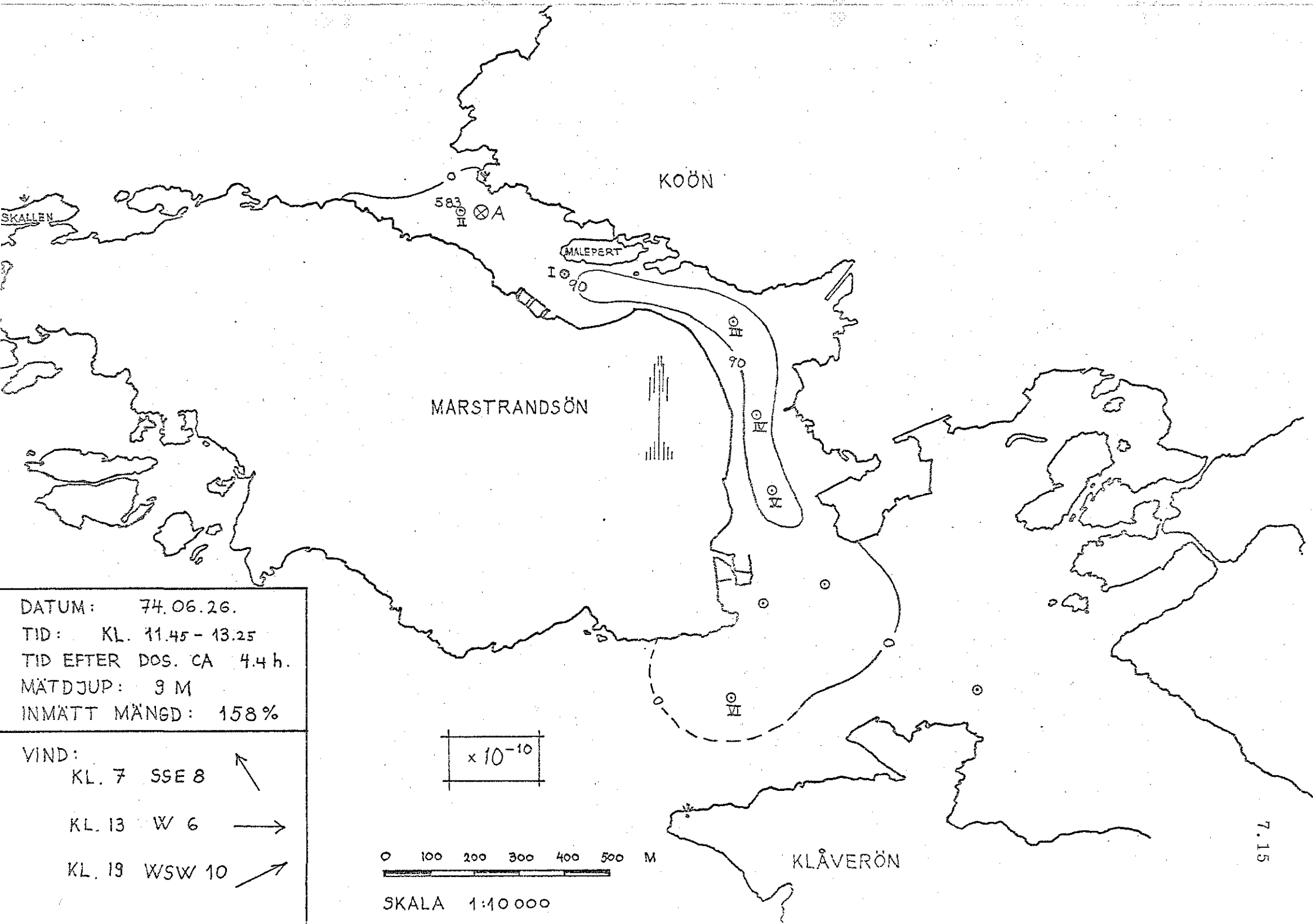
KL. 9.45 IV



KL. 9.55 V



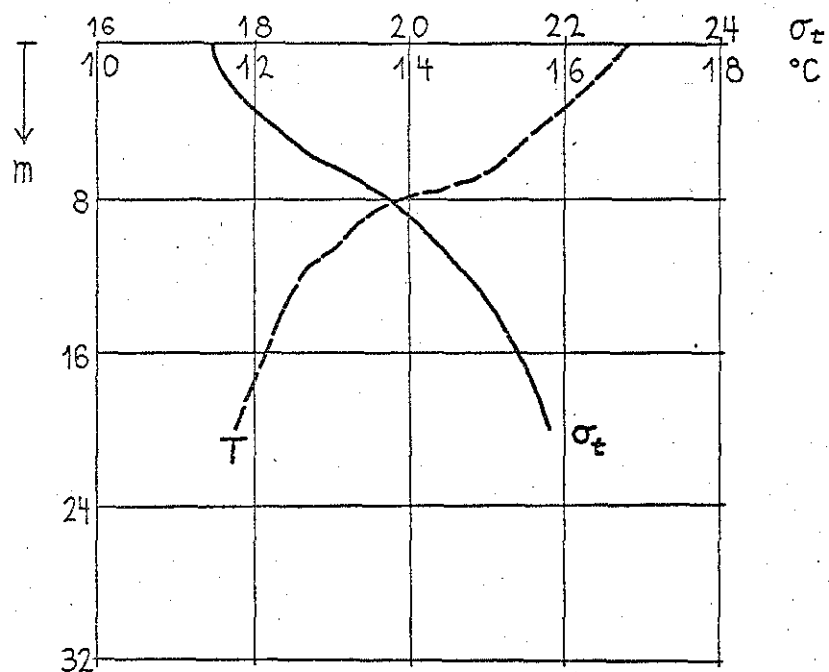
KL. 10.10 VI



DATUM 74.06.26.

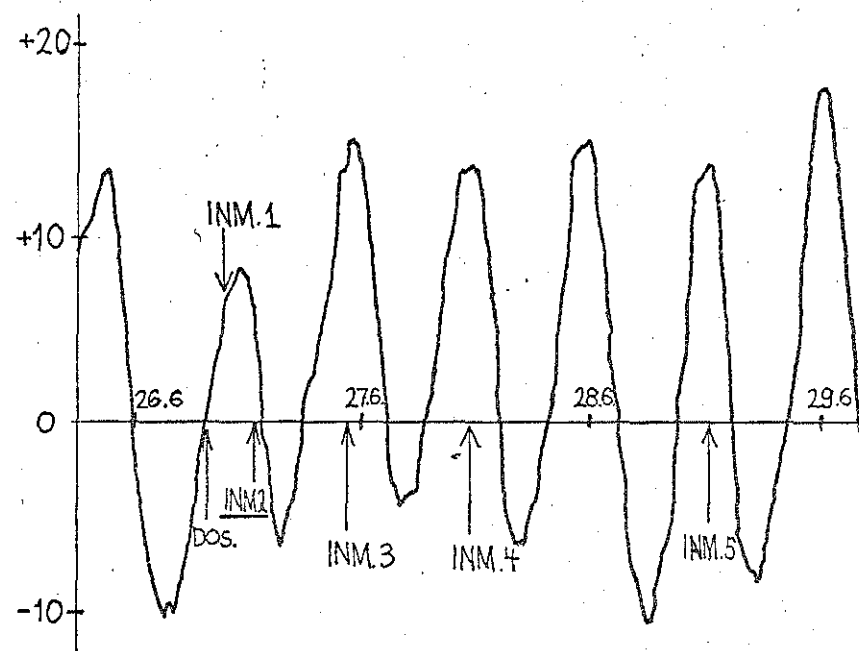
→ TÄTHET σ_t

→ TEMP. °C



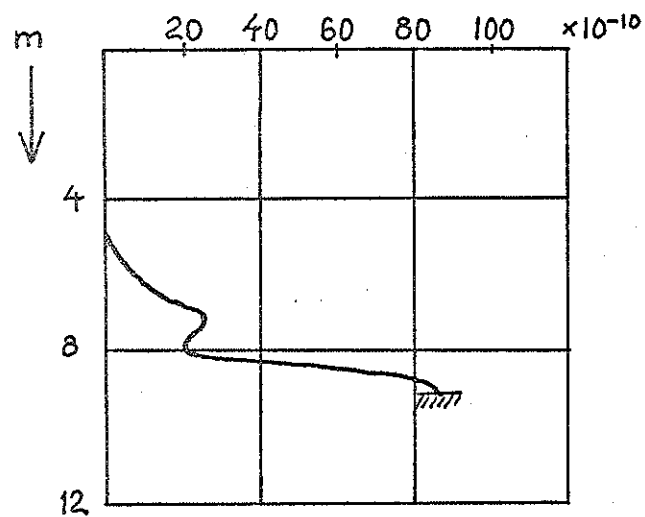
KL. 06.00

VATTENSTÅND cm

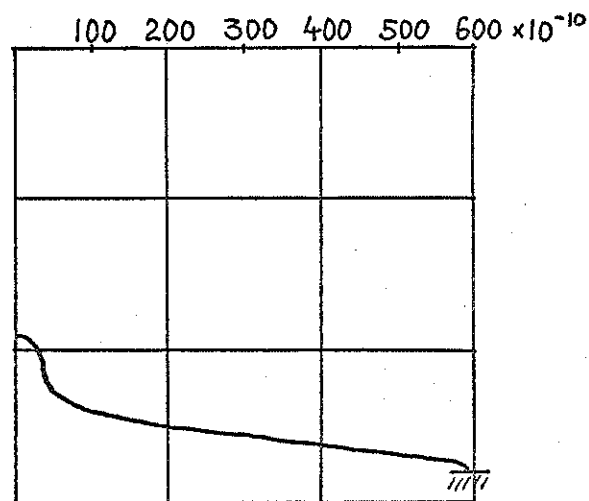


DATUM : 74.06.26

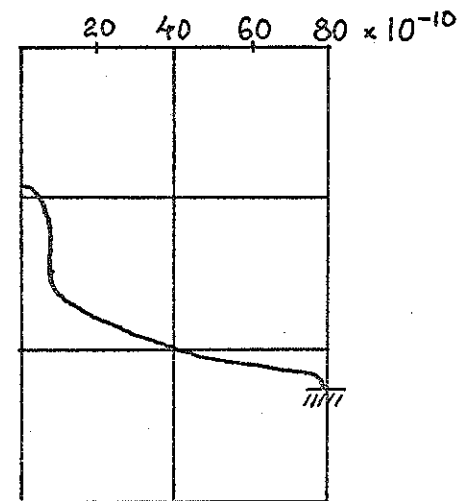
KONC →



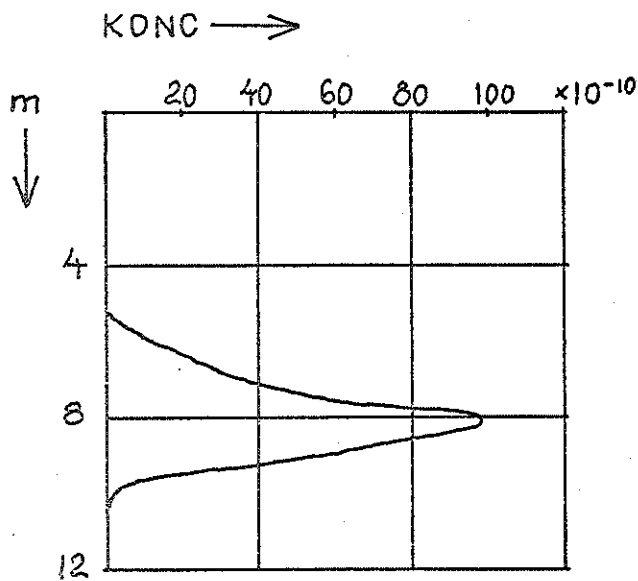
KL. 11.45 I



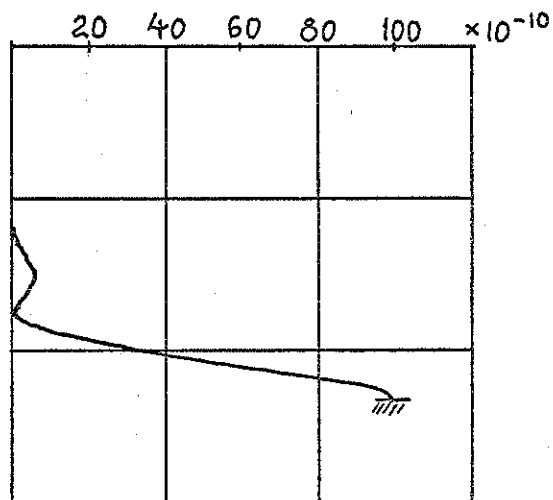
KL. 11.55 II



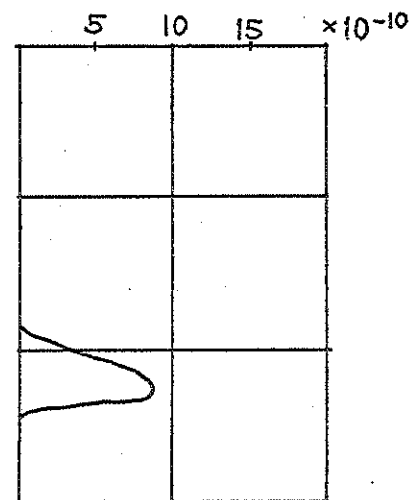
KL. 12.35 III



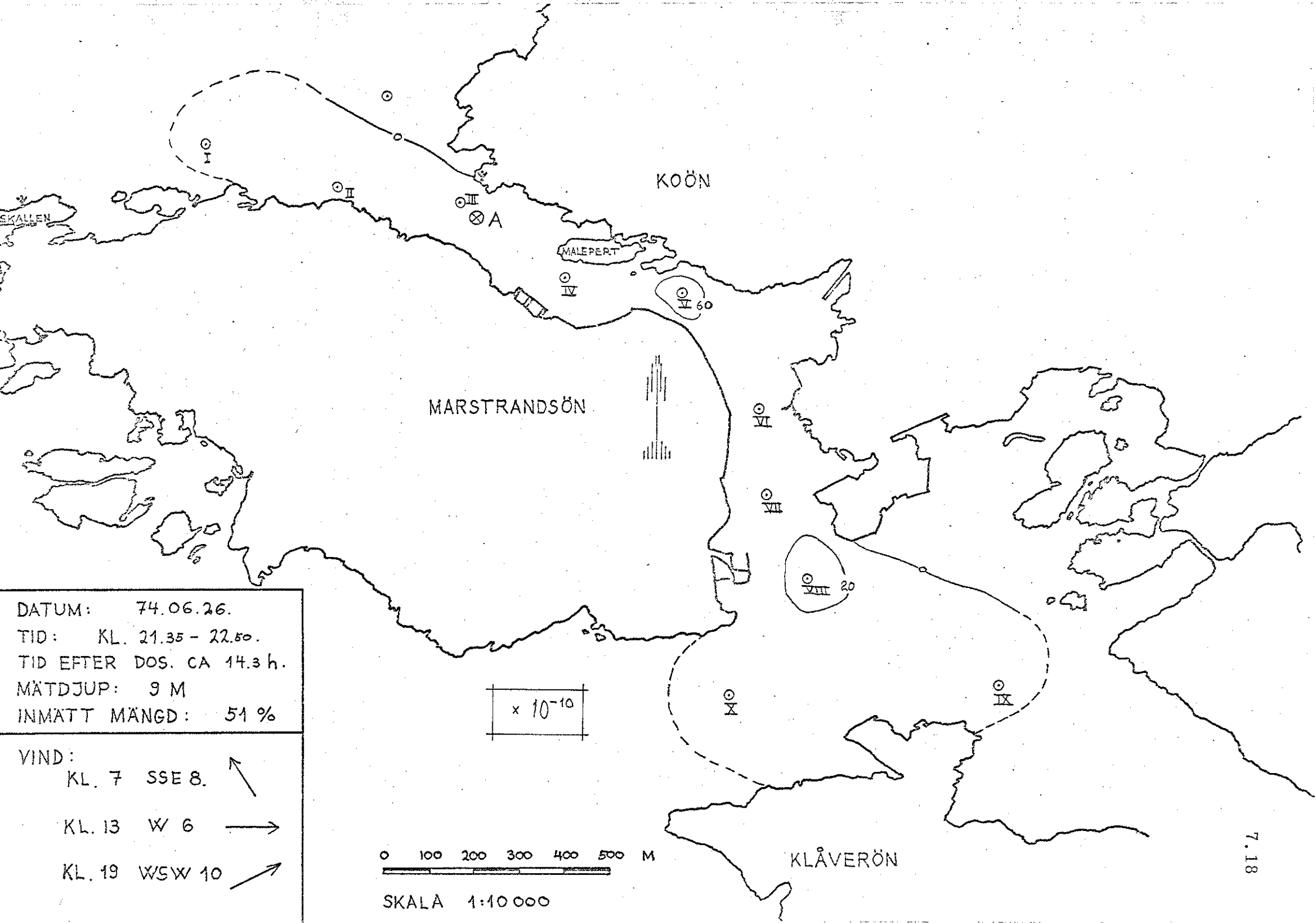
KL. 12.45 IV



KL. 12.50 V



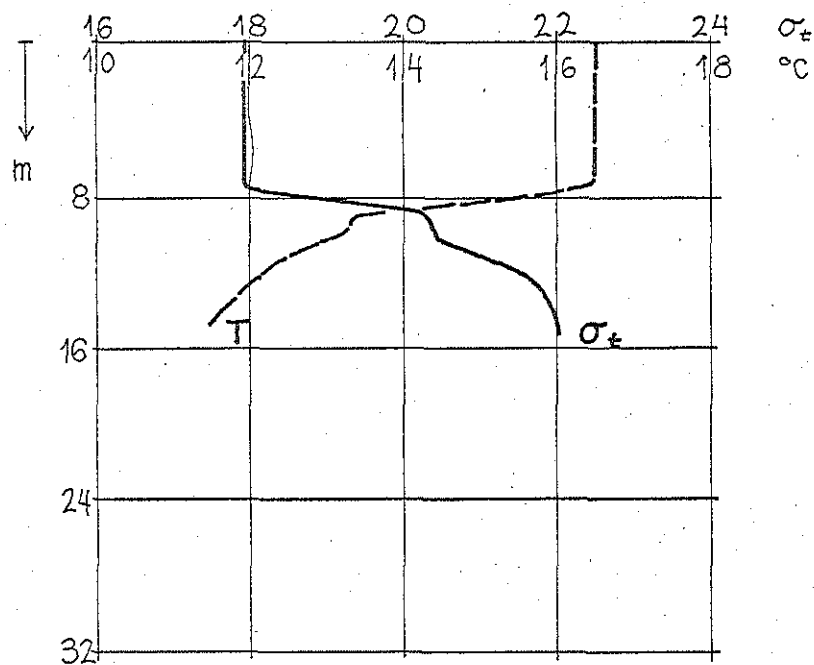
KL. 13.25 VI



DATUM 74.06.26.

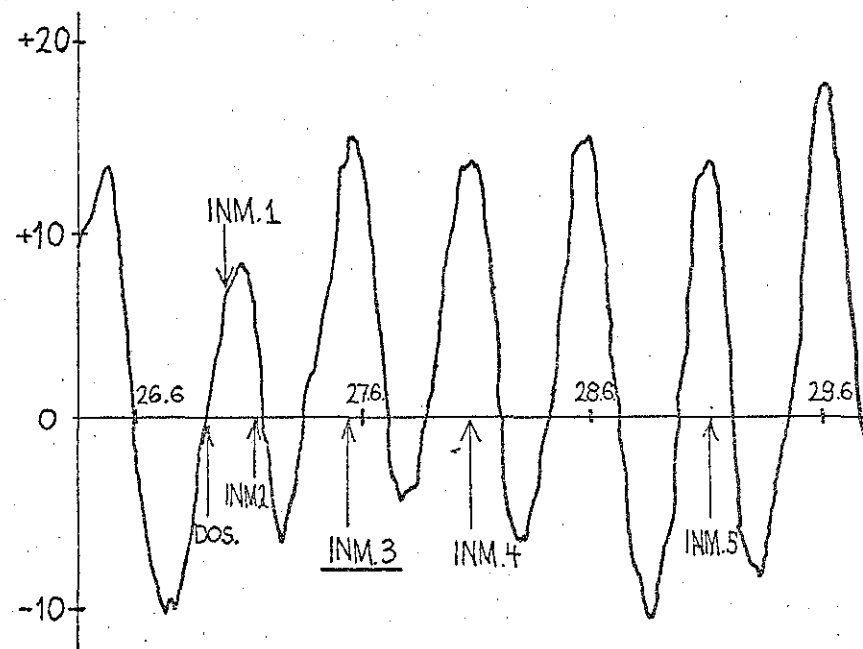
→ TÄTHET σ_t

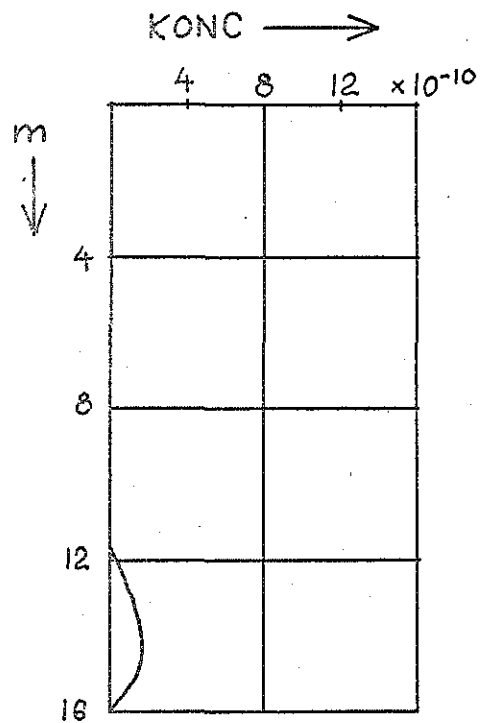
→ TEMP. °C



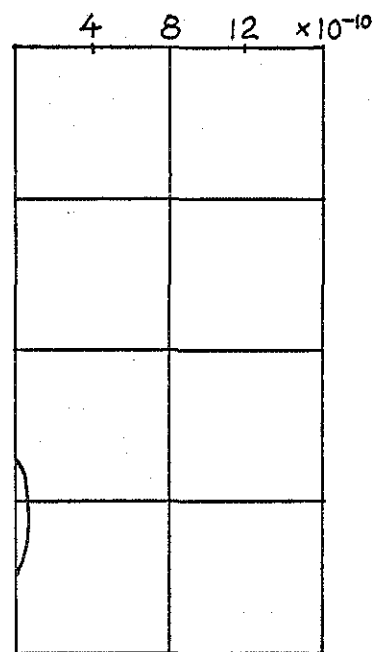
KL. 23.00

VATTENSTÄND cm



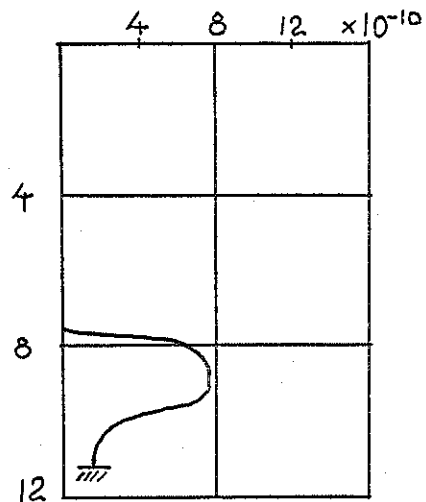


KL.22.00 I

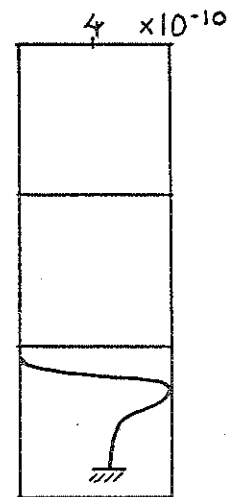


KL.21.45 II

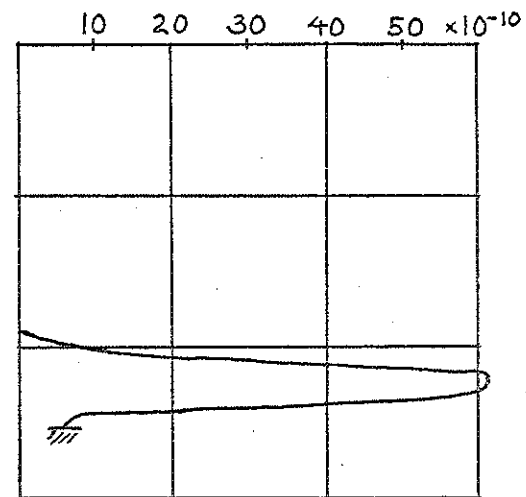
DATUM: 74.06.26



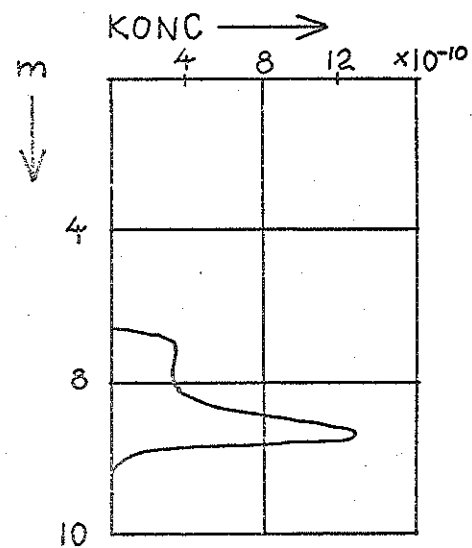
KL.21.35 III



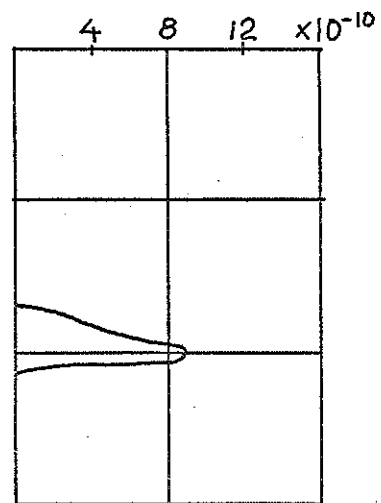
KL.21.07
IV



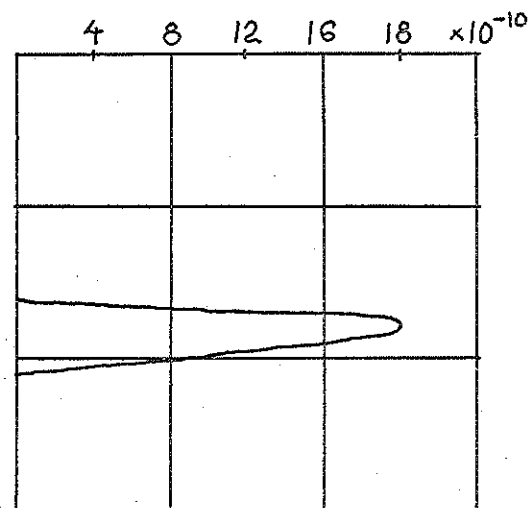
KL.22.15 V



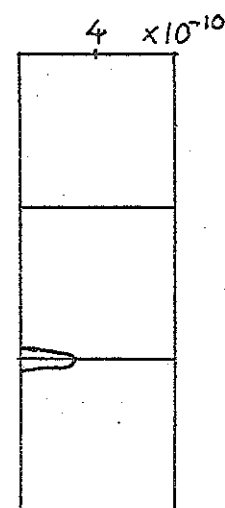
KL.22.20 VI



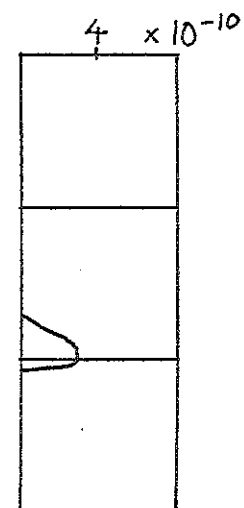
KL.22.30 VII



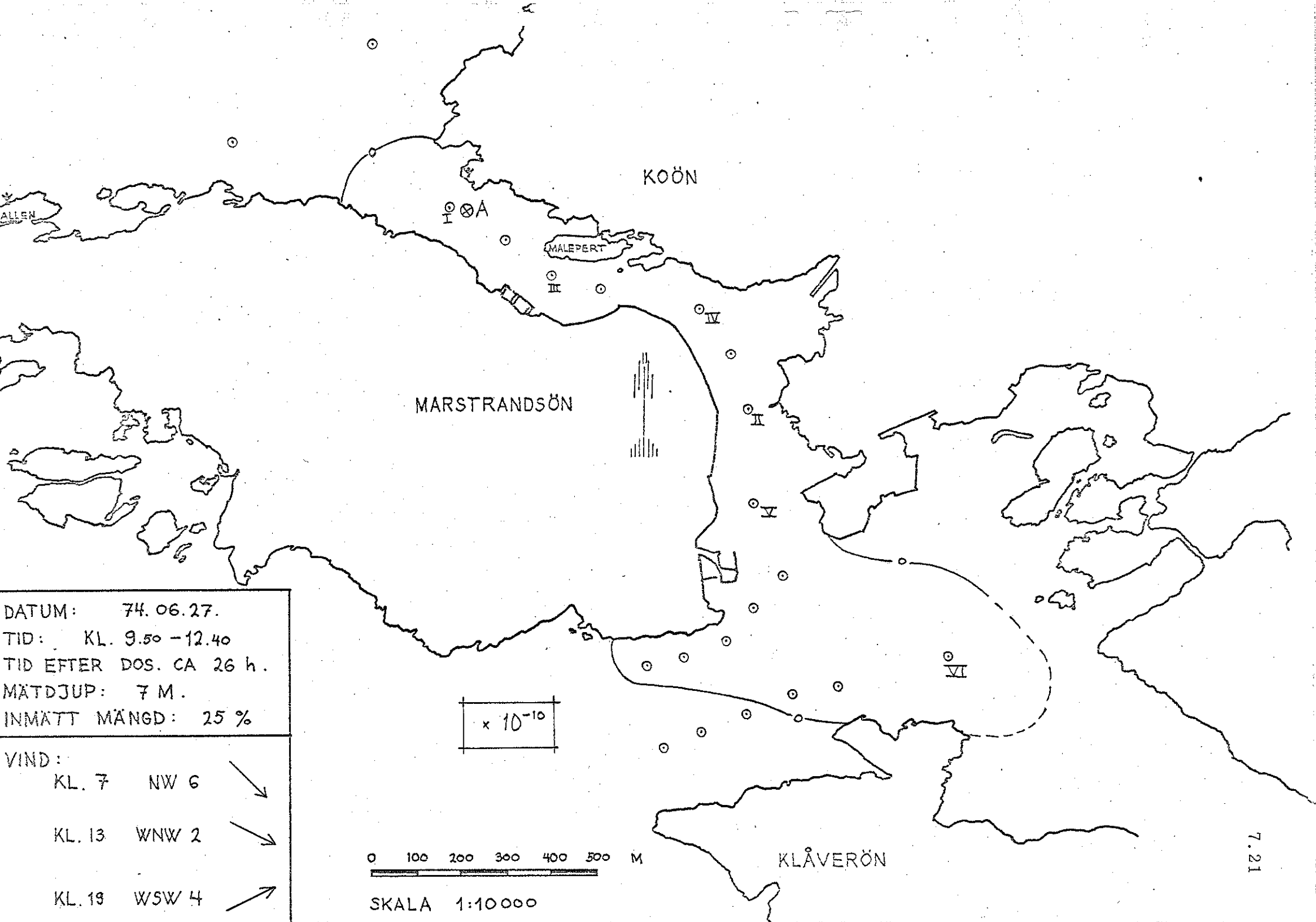
KL.22.40 VIII



KL.22.45 IX

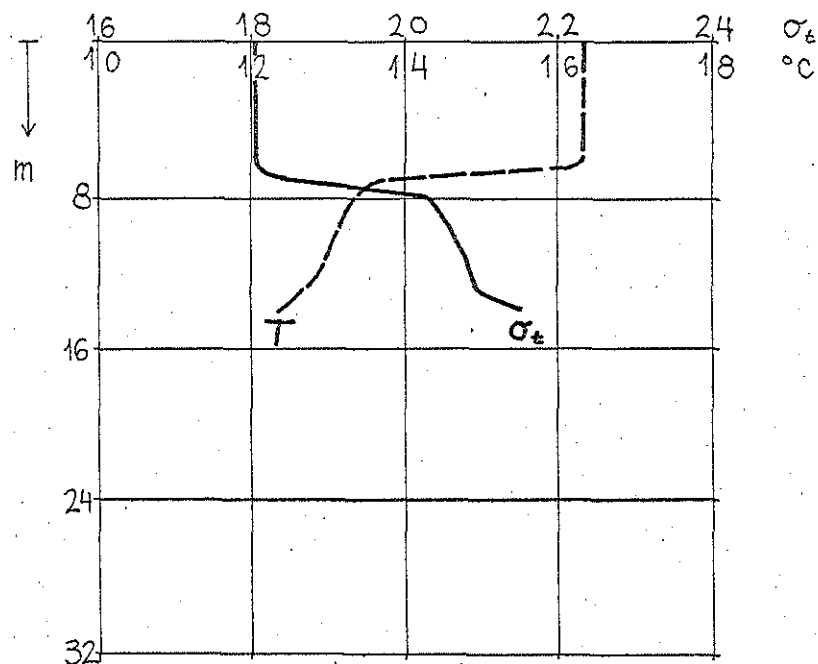


KL.22.50 X



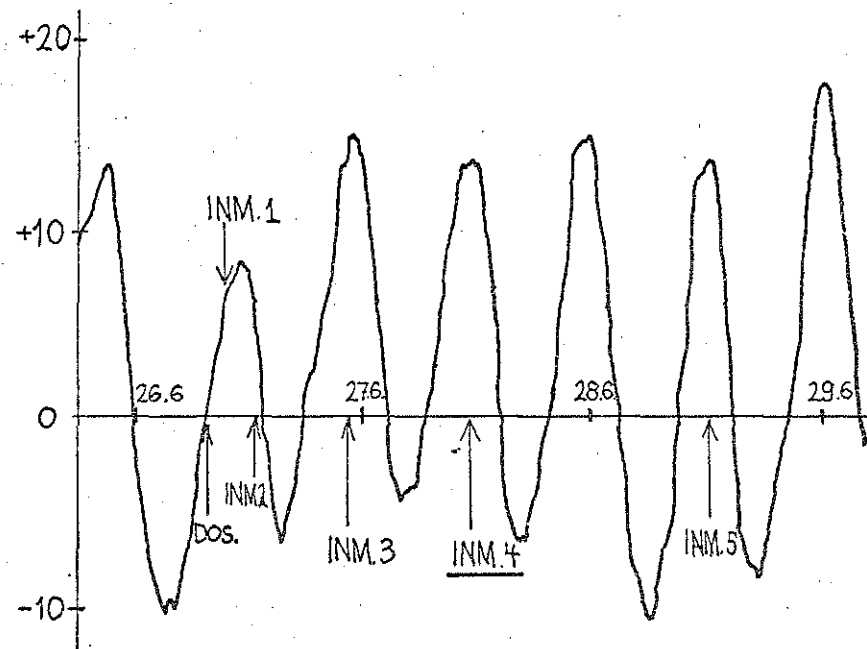
DATUM 74.06.27.

→ TÄTHET σ_t
 → TEMP. °C

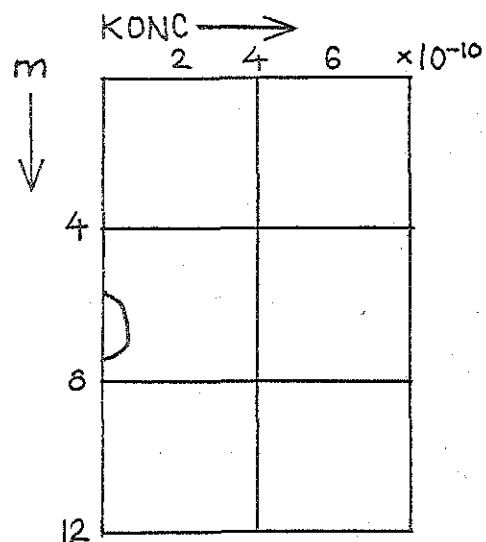


KL. 10.10

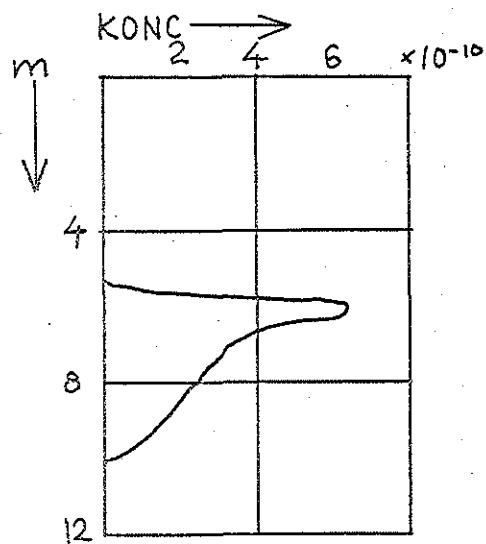
VATTENSTÄND cm



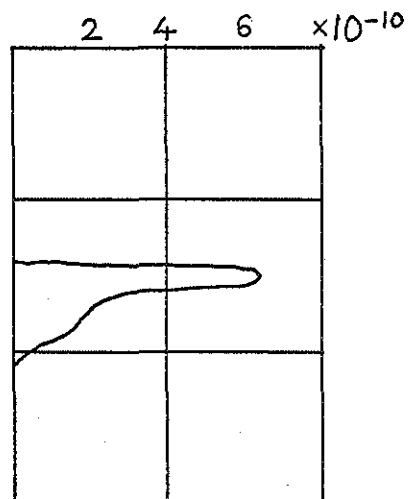
DATUM: 74.06.27



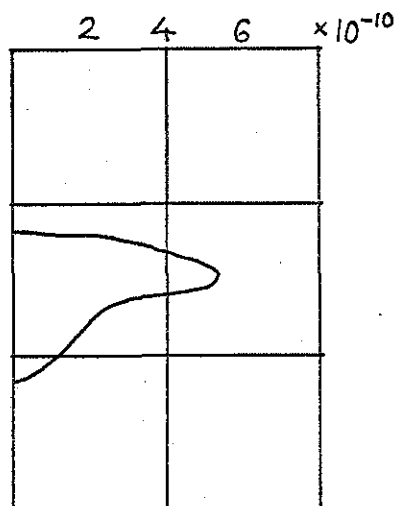
KL.09.50 I



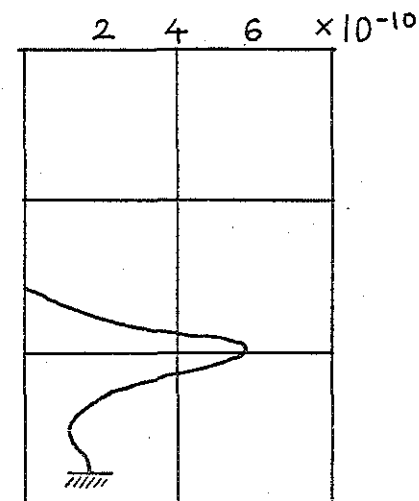
KL.10.45 IV



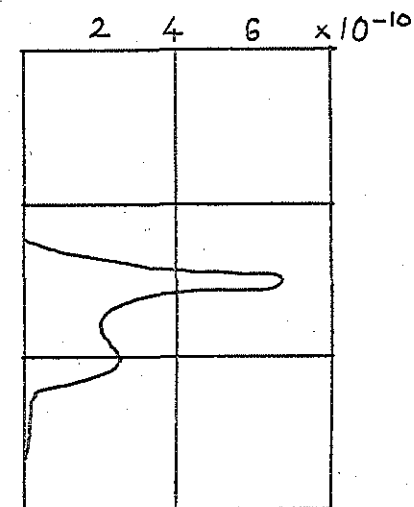
KL.10.13 II



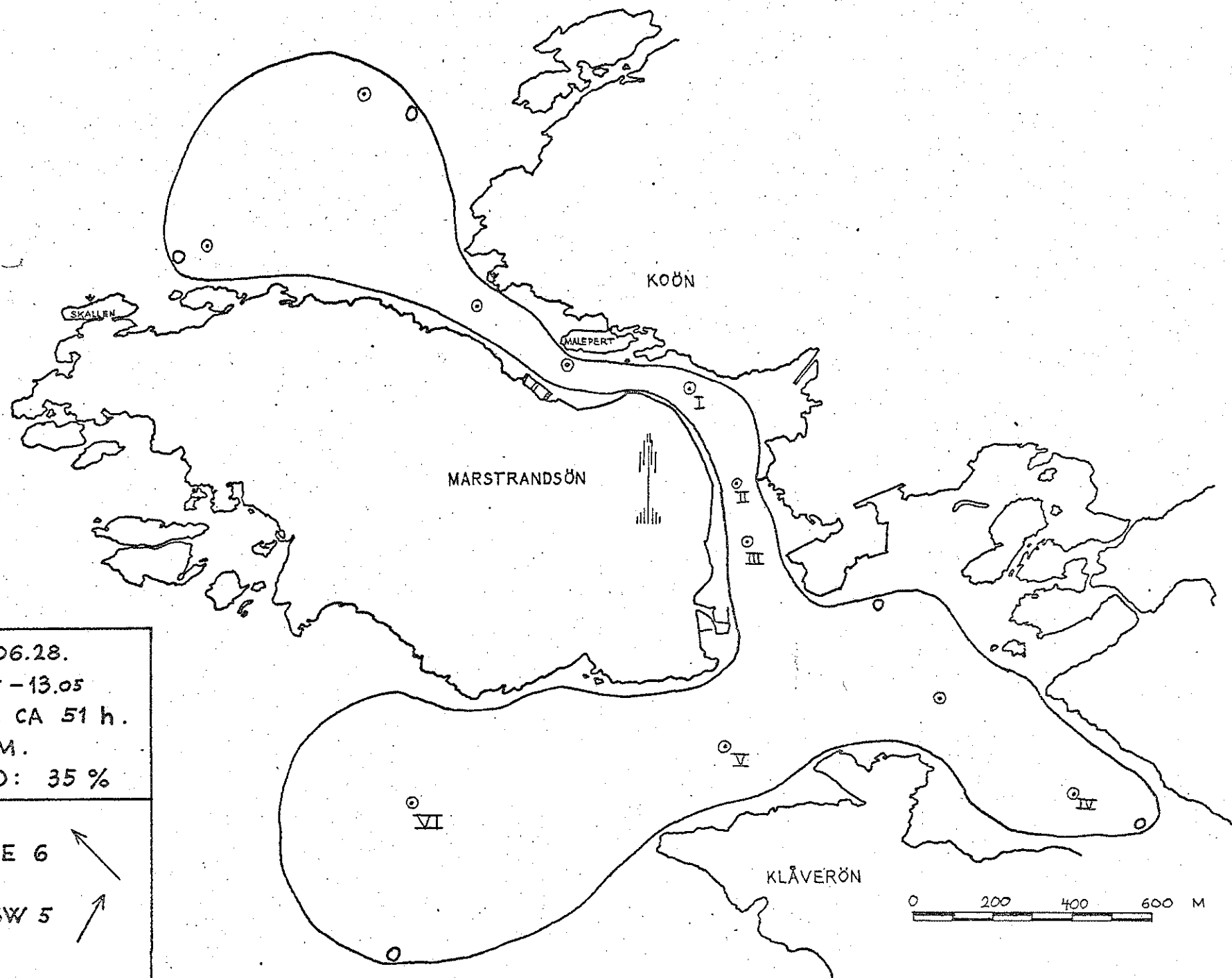
KL.11.05 V



KL.10.20 III



KL.11.15 VI



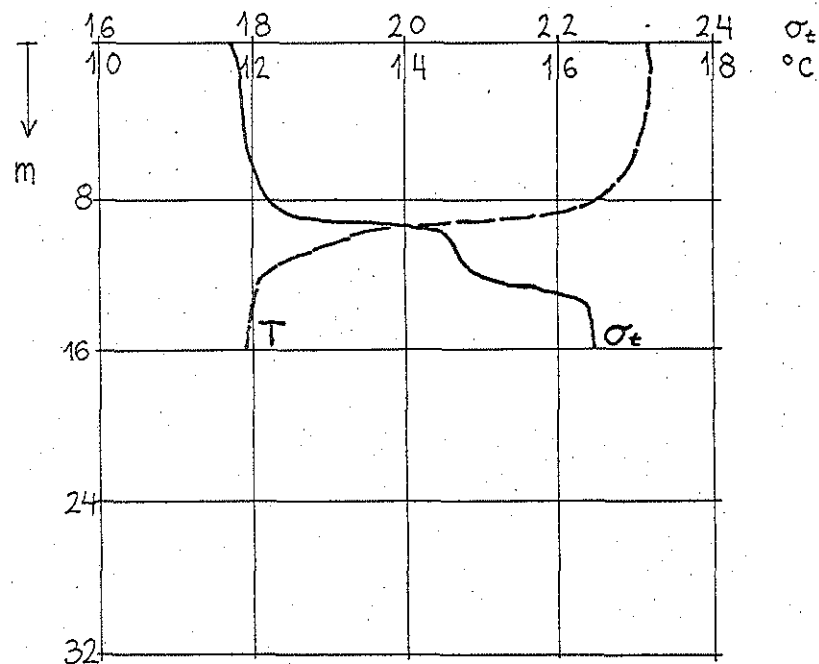
DATUM: 74.06.28.
 TID: KL.11.15 - 13.05
 TID EFTER DOS. CA 51 h.
 MÄTDJUP: 8 M.
 INMÄTT MÄNGD: 35 %

VIND:
 KL. 7 SE 6 ↗
 KL. 13 SSW 5 ↗
 KL. 19 W 5 →

DATUM 74.06.28.

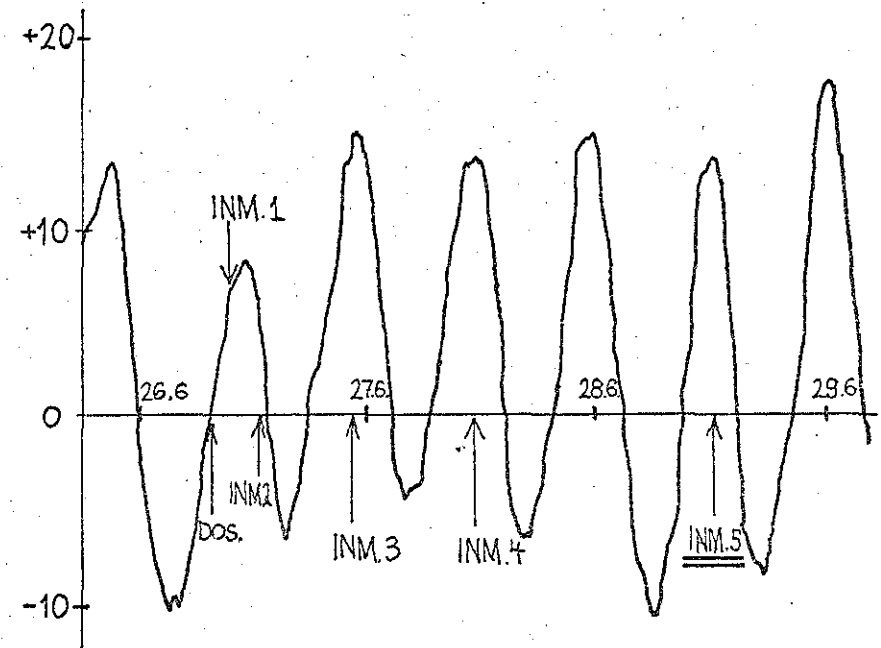
→ TÄTHET σ_t

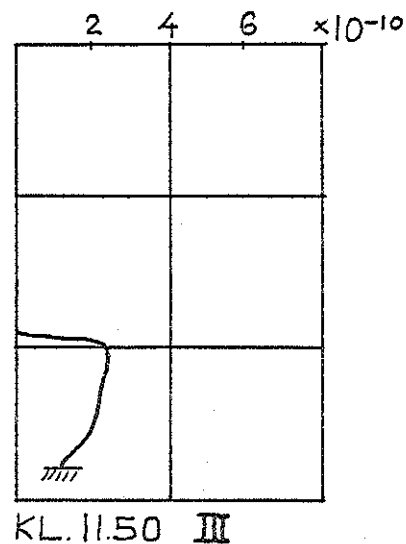
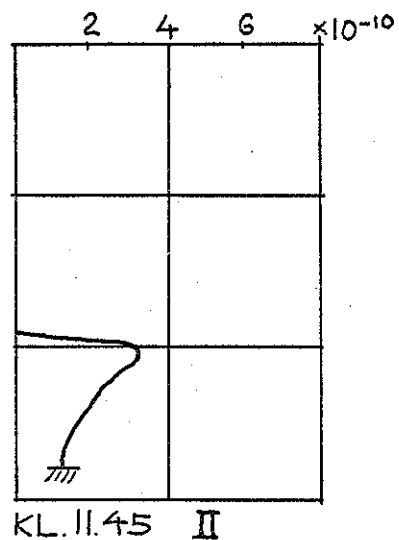
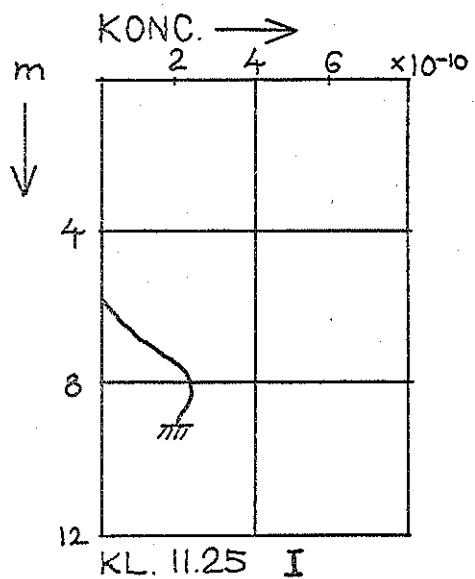
→ TEMP. °C



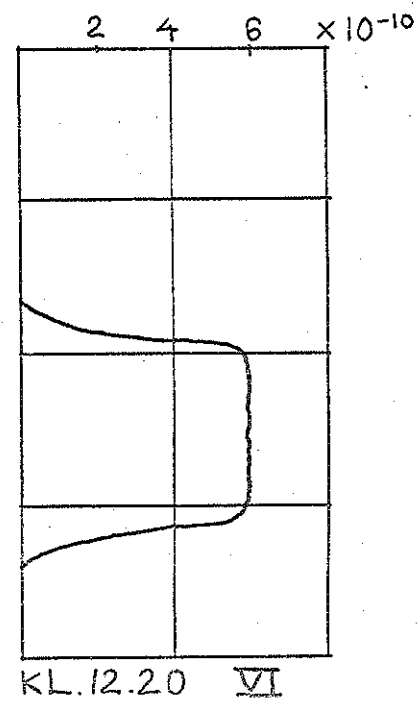
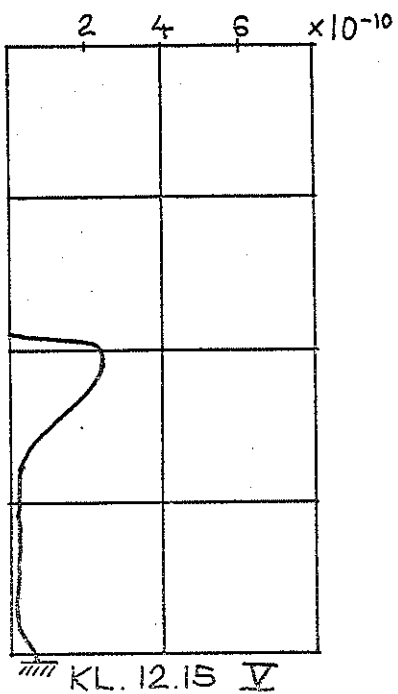
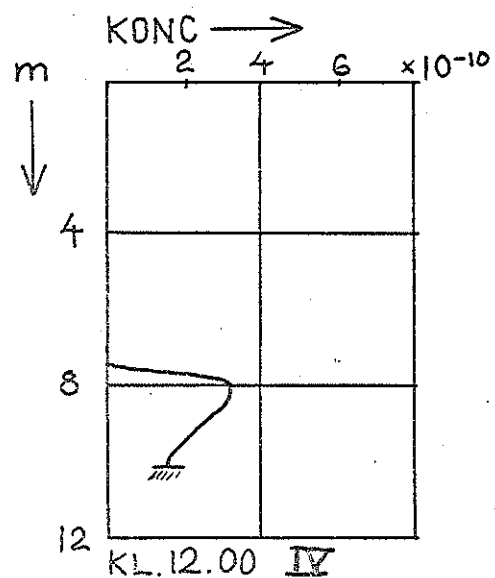
KL. 11.10

VATTENSTÅND cm





DATUM: 74.06.28



7.5 Dosering 4

Typ av dosering: Djupdosering på 12 m

Utsläppsplats: punkt A

Doseringstid: 74-07-01 kl 10.30 - 11.15

Antal inmätningar: 3 st

Under tiden mellan injicering och första inmätning har molnet snabbt förts i en rakt västlig riktning, strykande marstrandsöns norra strandlinje. Inmätningen skedde under stigande tidvatten.

Inmätning två, som skedde vid lågvatten, tyder på att strömningsförhållandena förändrats. Hastigheten har radikalt minskat och riktningen vridit åt norr.

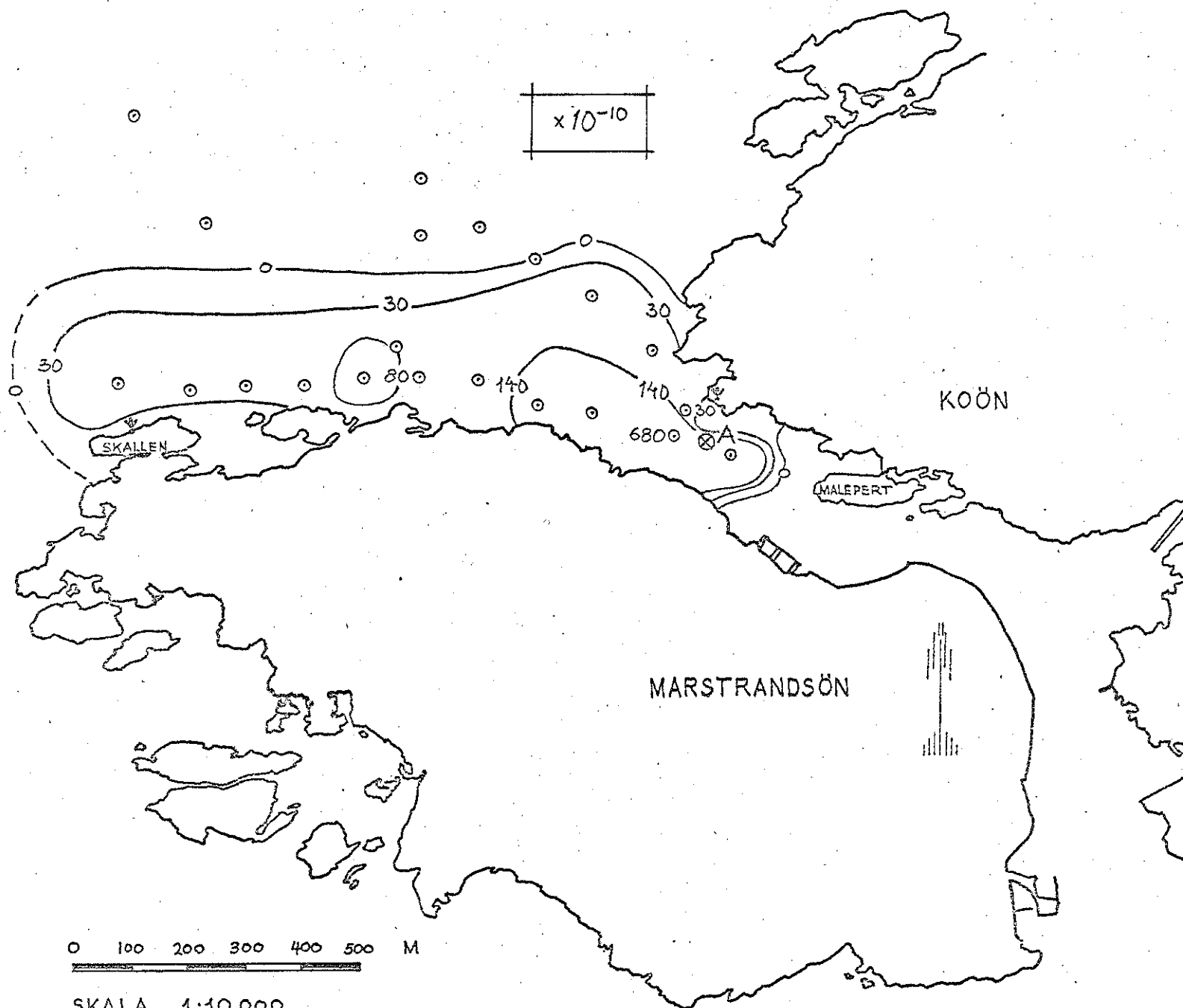
Två tyngdpunkter kan här observeras. Den västliga av dessa härrör troligen från området markerat med konc. 80 på karta 1. Differensen i konc. mellan de två inmätningstillfällena skulle i så fall tyda på att koncentrationen ökat i området. Förklaringen ligger troligen i att det högre värdet vid inmätning två är erhållet genom profilering och det lägre värdet vid inmätning ett är erhållet med paravan. Troligen har härvid paravanen dragit över det skikt med maxkonc. som erhöles vid profileringen.

Den andra, kraftigare, tyngdpunkten ligger kvar i injiceringsområdet.

Inmätning tre är utförd i stigande tidvatten ett dygn efter injicering samtidigt som vatten pressas in i fjorden av en ökande västlig vind (WSW 12).

Notabelt är att de kraftigaste koncentrationerna under ett helt dygn legat kvar vid utsläppsområdet.

Mätningar den 3/7 gav inget resultat vilket förklaras av det hårda vädret som rådde under natten med vindstyrkor på 16 m/s.



DATUM: 74.07.01.
TID: KL. 13.15 - 14.00.
TID EFTER DOS. CA. 2.7 h.
MÄTDJUP: 10 m.
INMÄTT MÄNGD: 117 %

VIND:

KL. 7 SW 4

KL. 13 SW 5

KL. 19 N 2



0 100 200 300 400 500 M

SKALA 1:10 000

MARSTRANDSÖN

KÖÖN

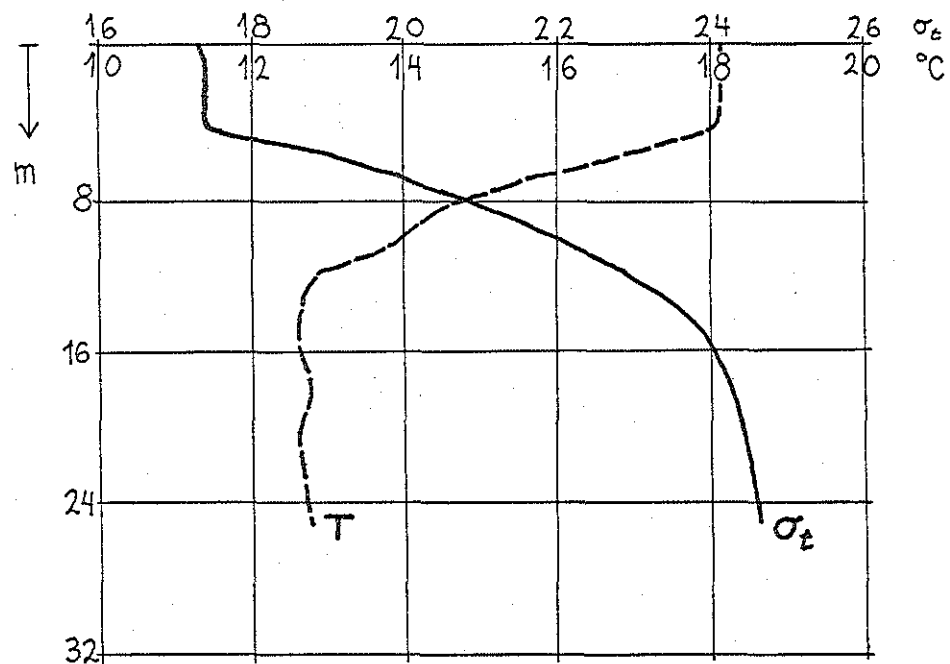
MALEPERT

7.28

DATUM 74.07.01.

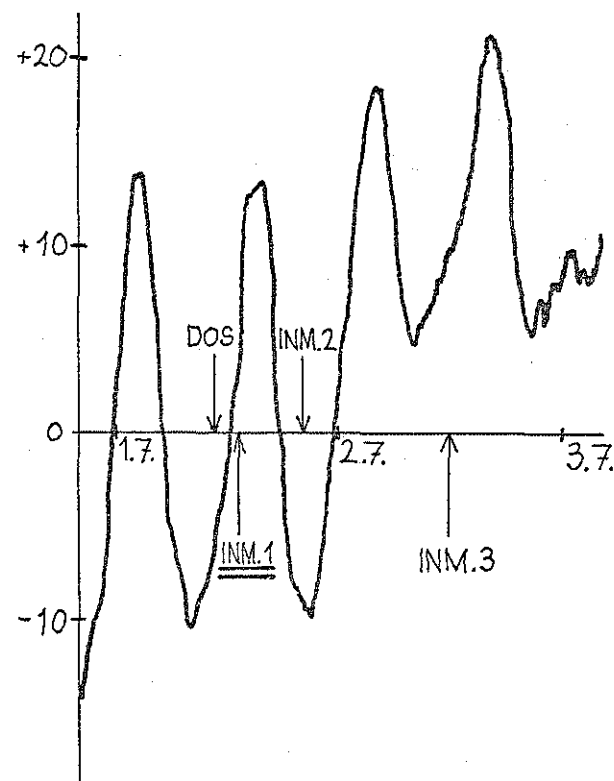
→ TÄTHET σ_t

→ TEMP. °C

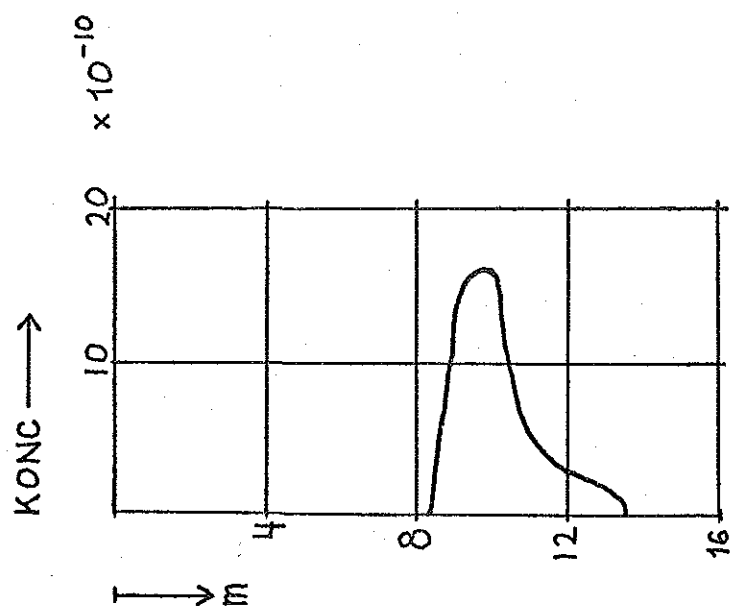


KL. 8.40

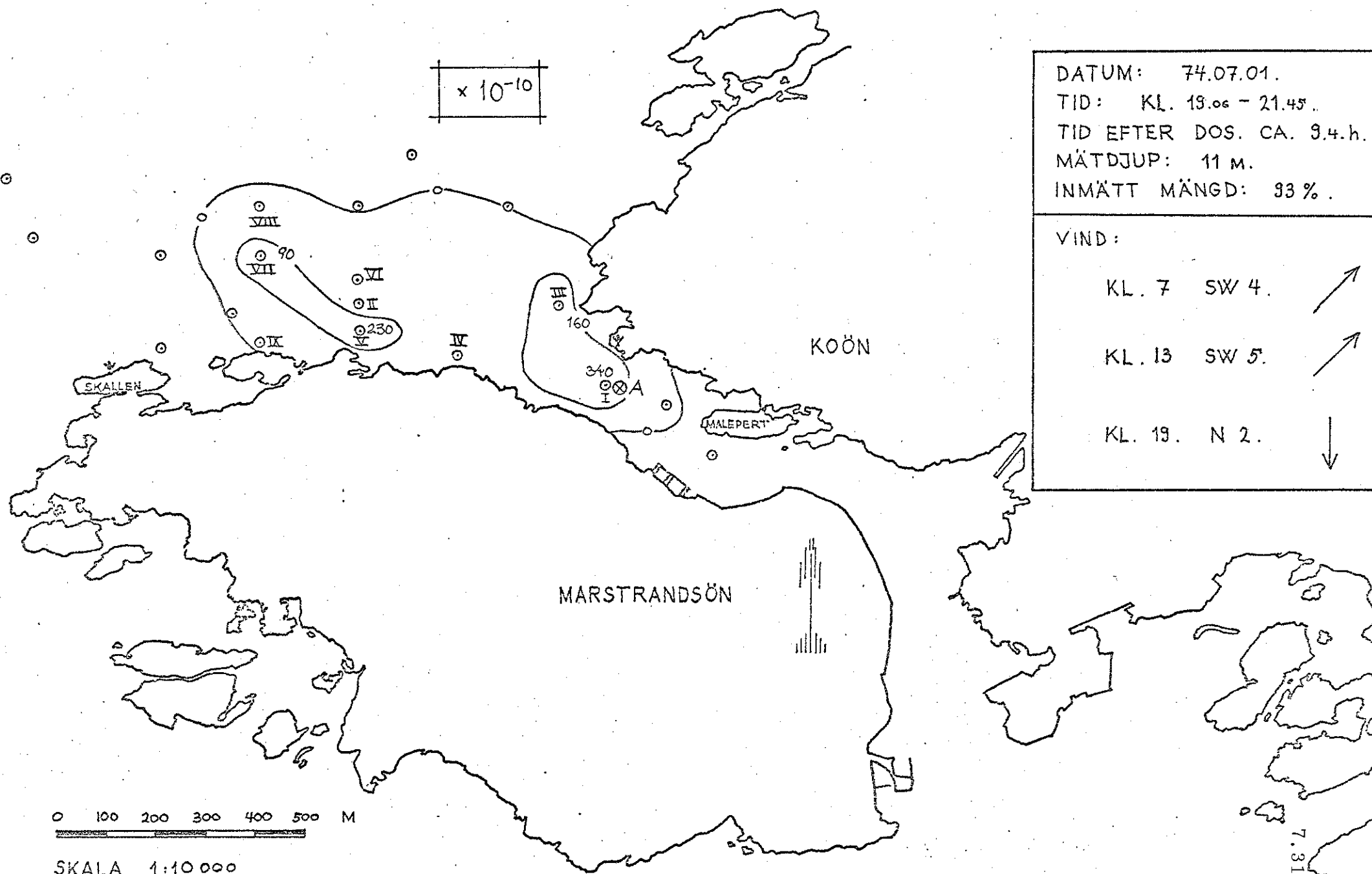
VATTENSTÅND cm



DATUM 74.07.01.



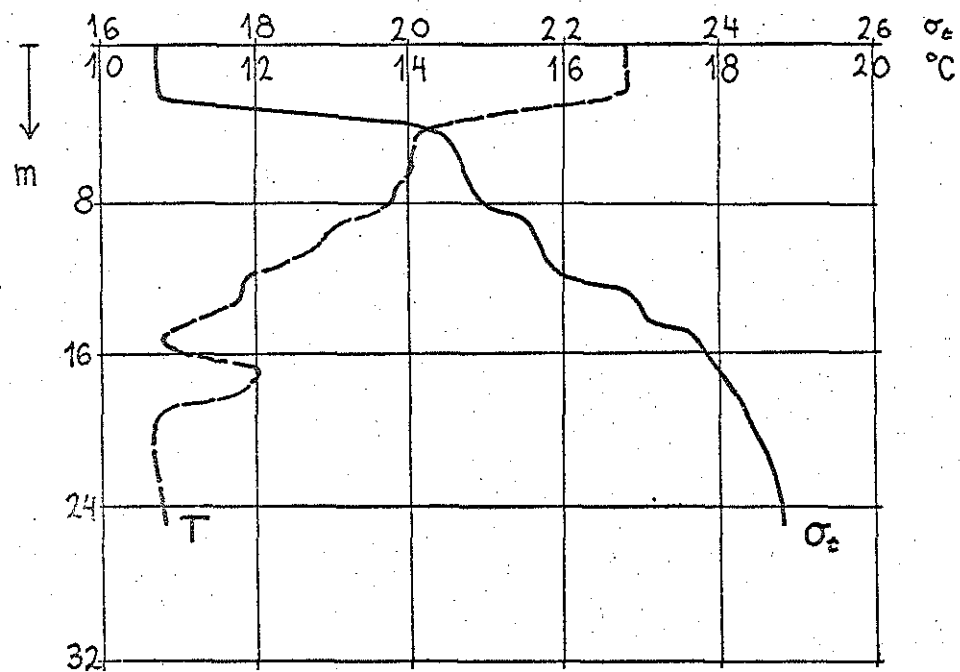
KL. 12.35



DATUM 74.07.01.

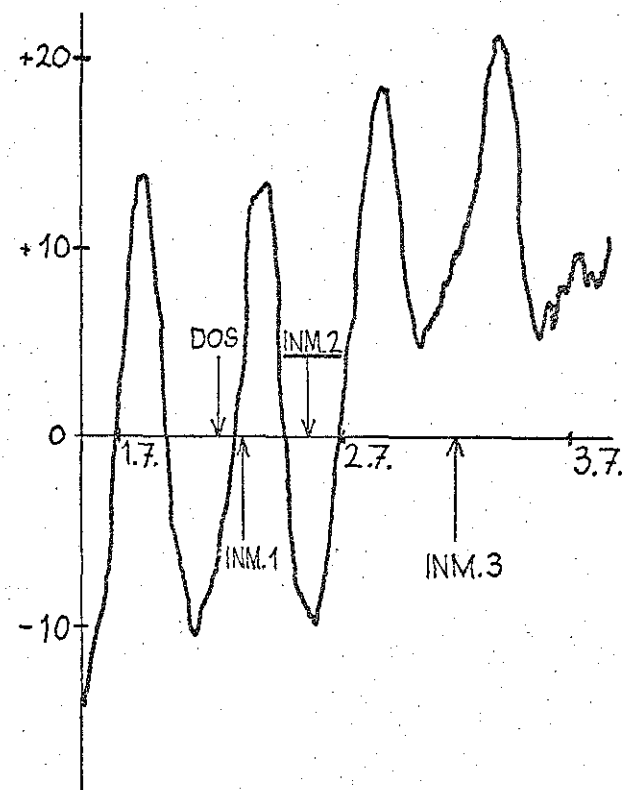
→ TÄTHET σ_t

→ TEMP. °C

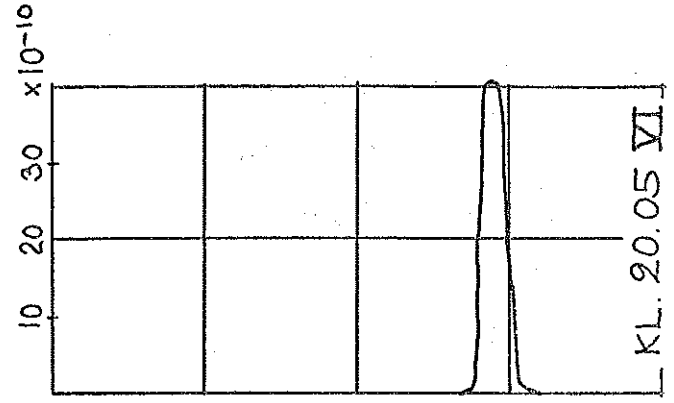
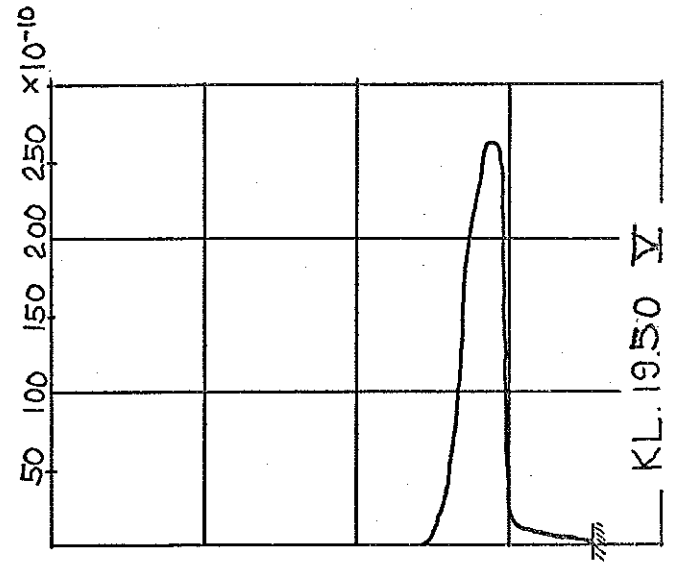
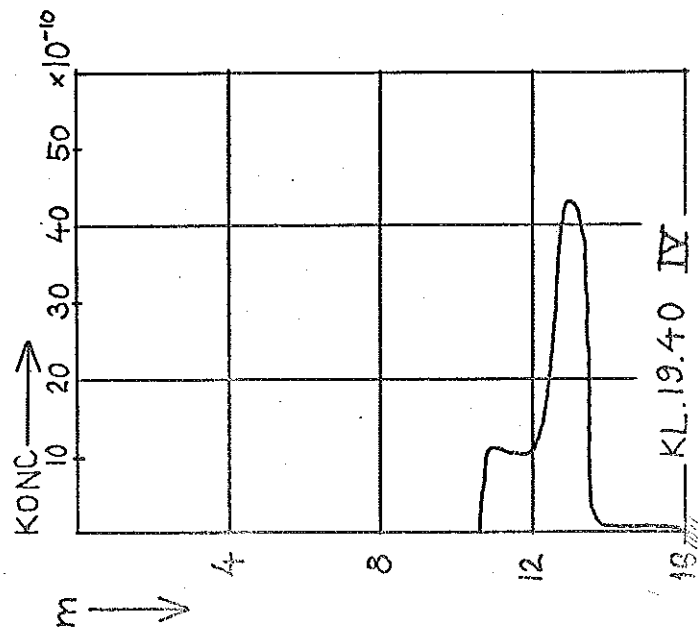
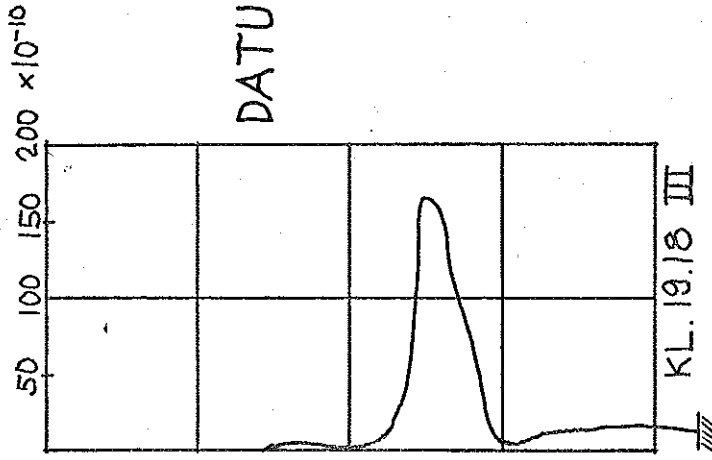
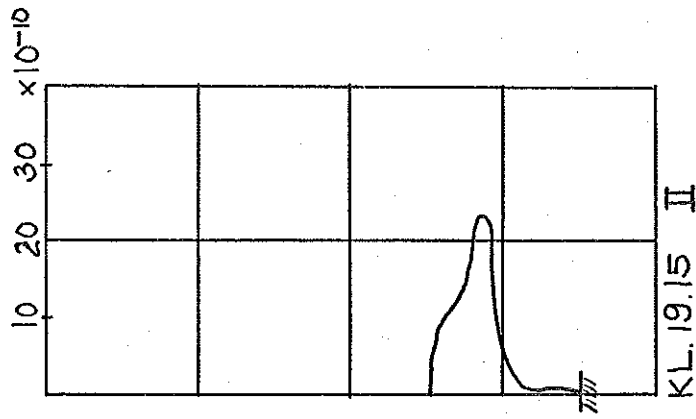
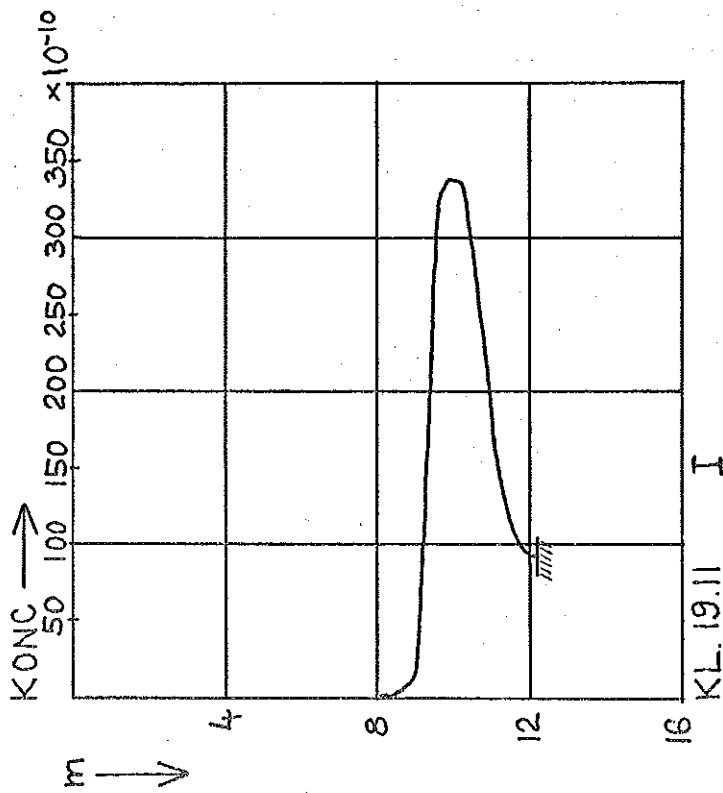


KL. 21.30

VATTENSTÅND cm

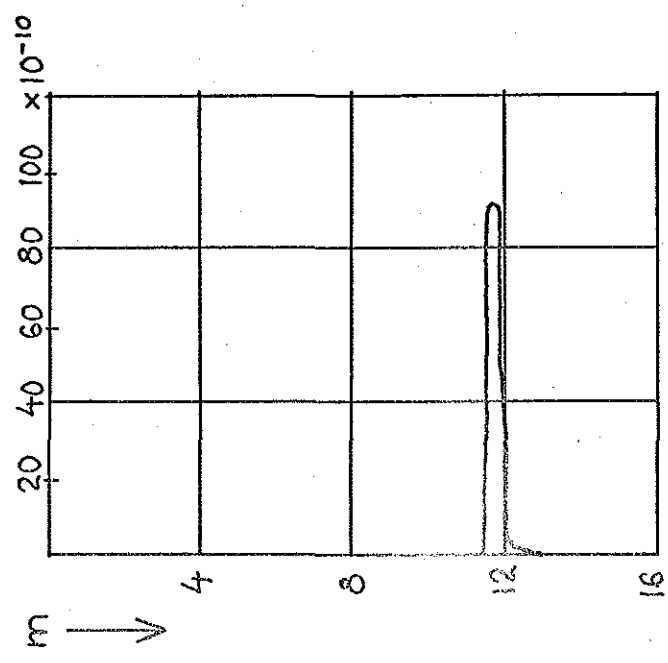


DATUM: 74.07.01

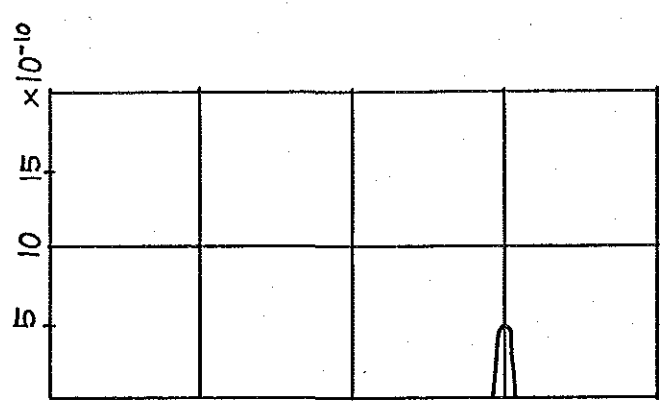


DATUM: 74.07.01

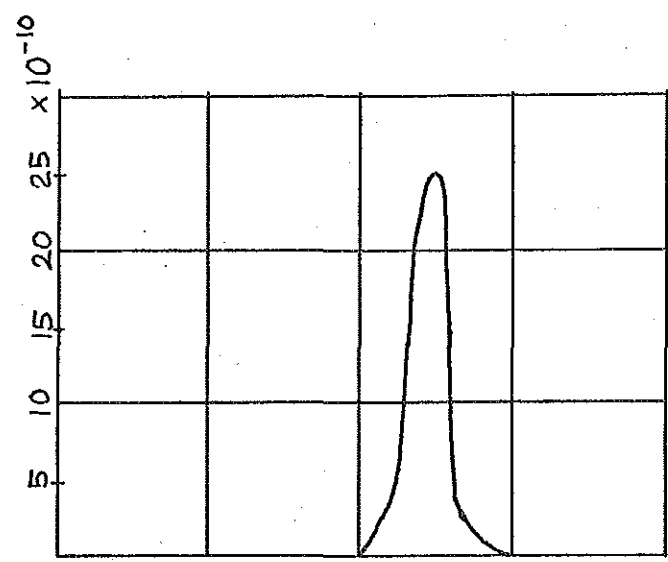
KONC. —→



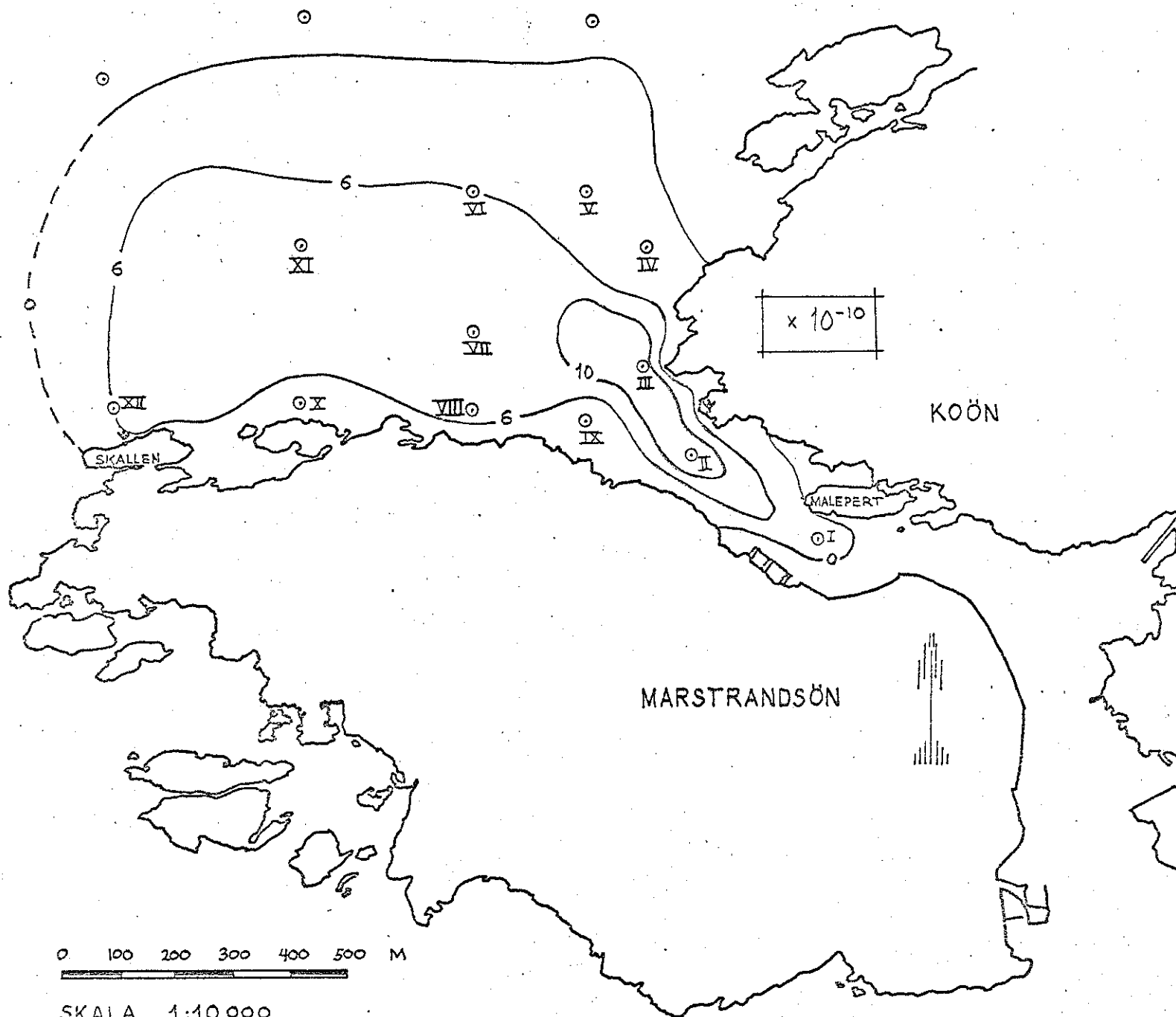
KL. 20.15 VII



KL. 20.20 VIII



KL. 20.30 IX



DATUM: 74.07.02.
 TID: KL. 10.15 - 12.50.
 TID EFTER DOS. CA. 24.5 h
 MÄTDJUP: 10 m.
 INMÄTT MÄNGD: 27 %.

VIND:

KL. 7 SW 5 ↗

KL. 13 WSW 12 ↗

0 100 200 300 400 500 M

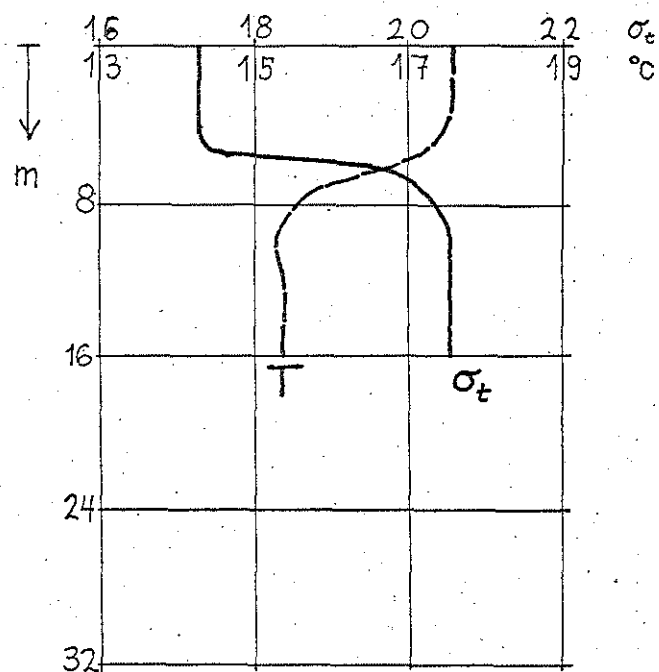
SKALA 1:10 000

7.35

DATUM 74.07.02.

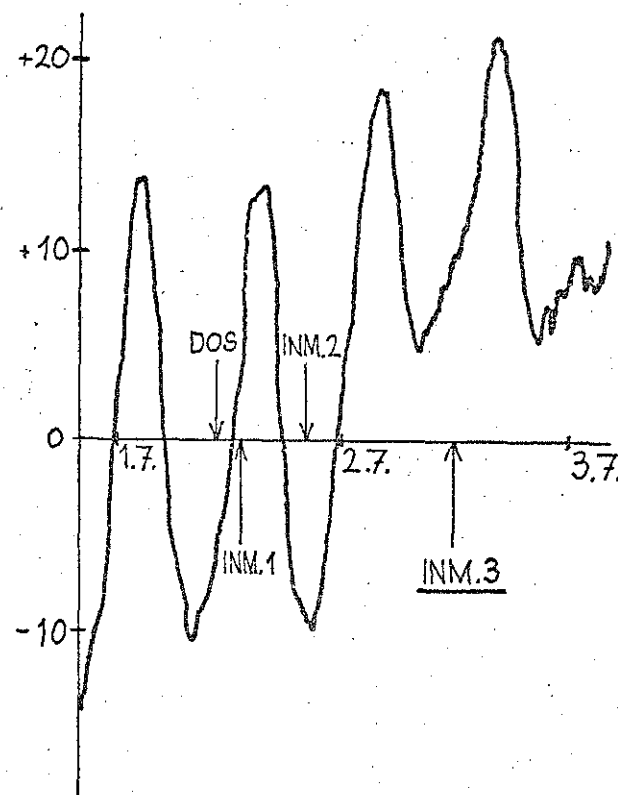
→ TÄTHET σ_t

→ TEMP. °C

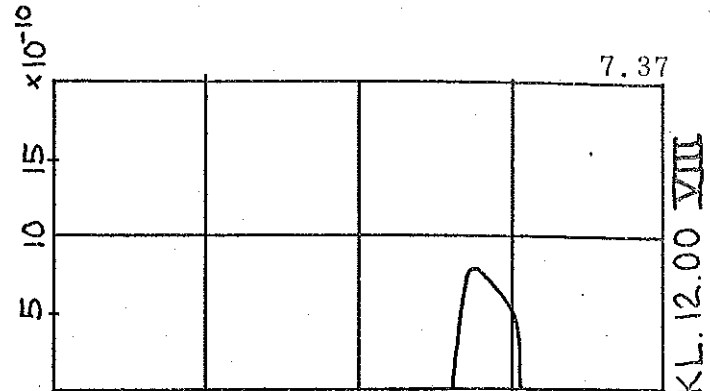
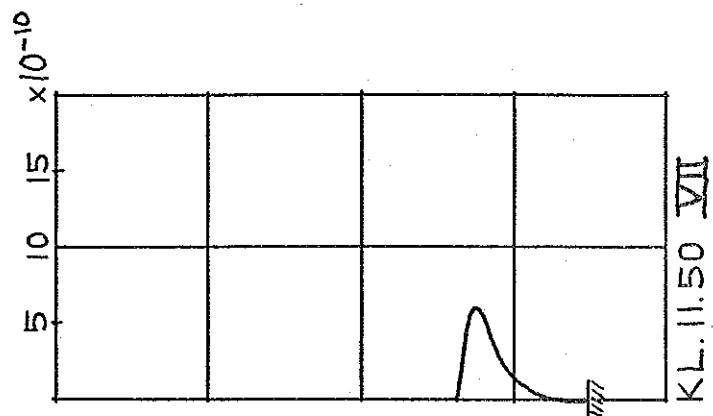
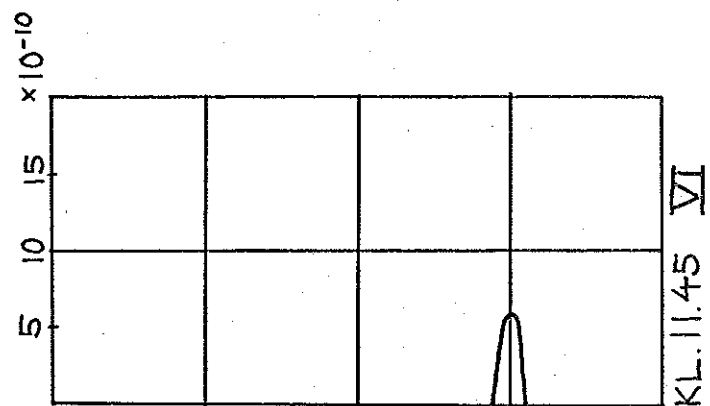
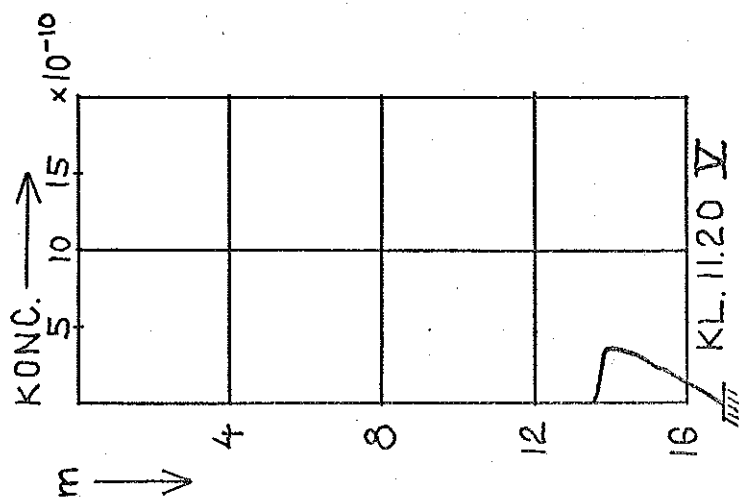
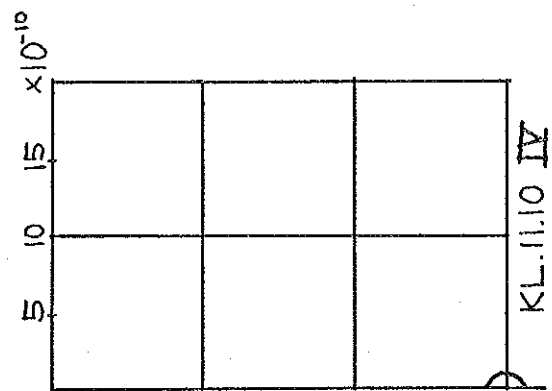
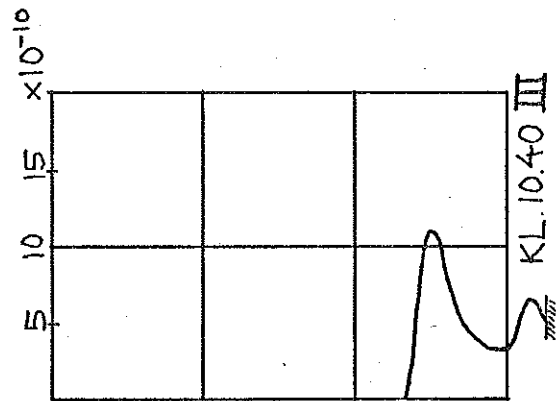
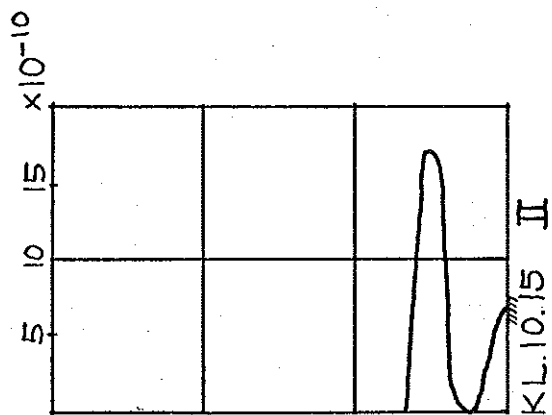
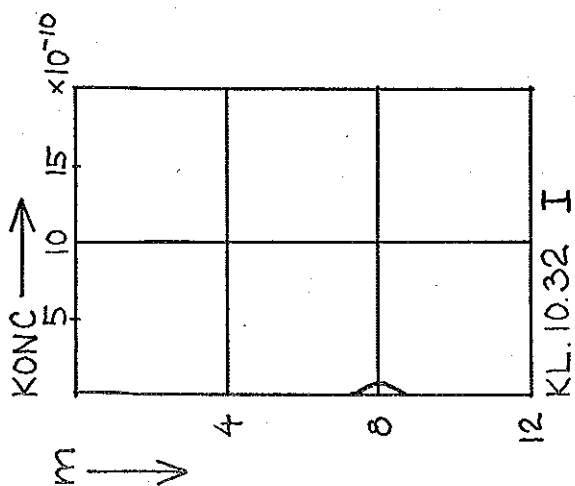


KL. 10.50

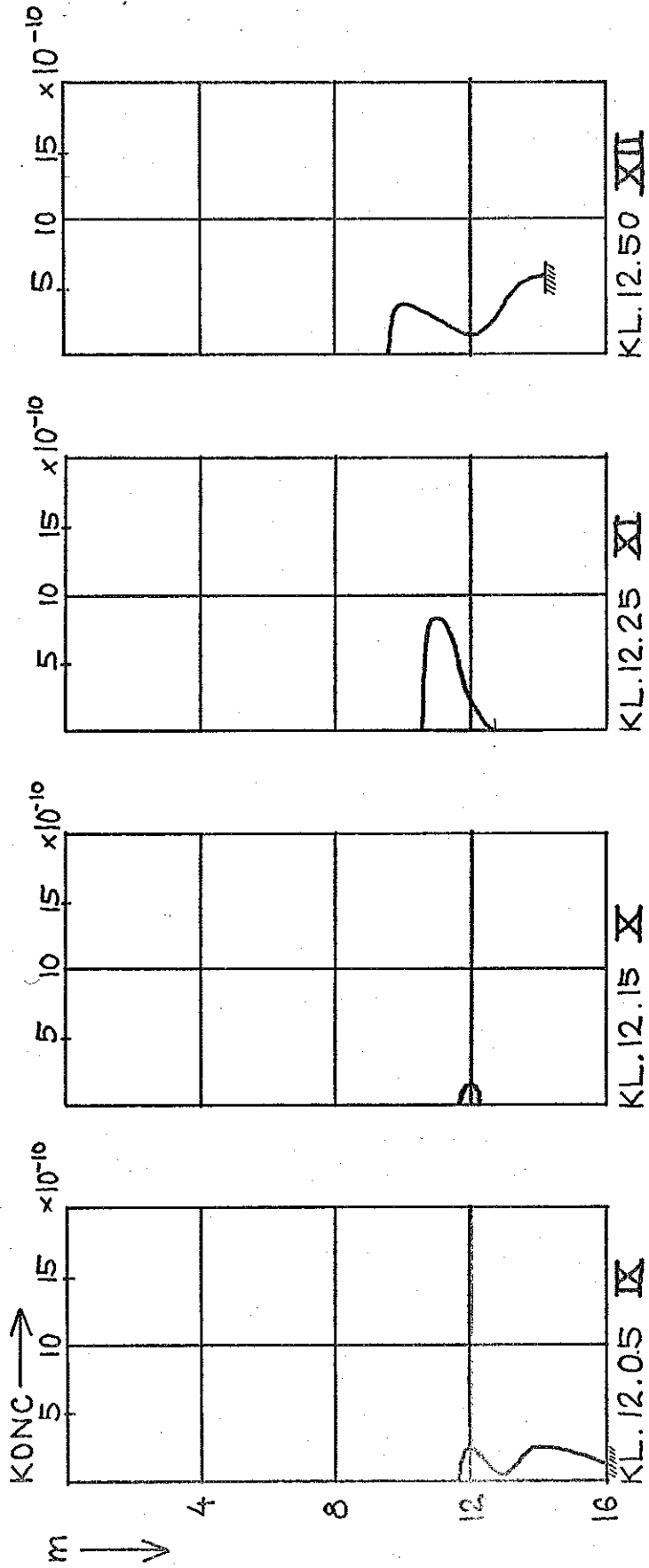
VATTENSTÅND cm



DATUM: 74.07.02



DATUM: 74.07.02



7.6 Dosering 5

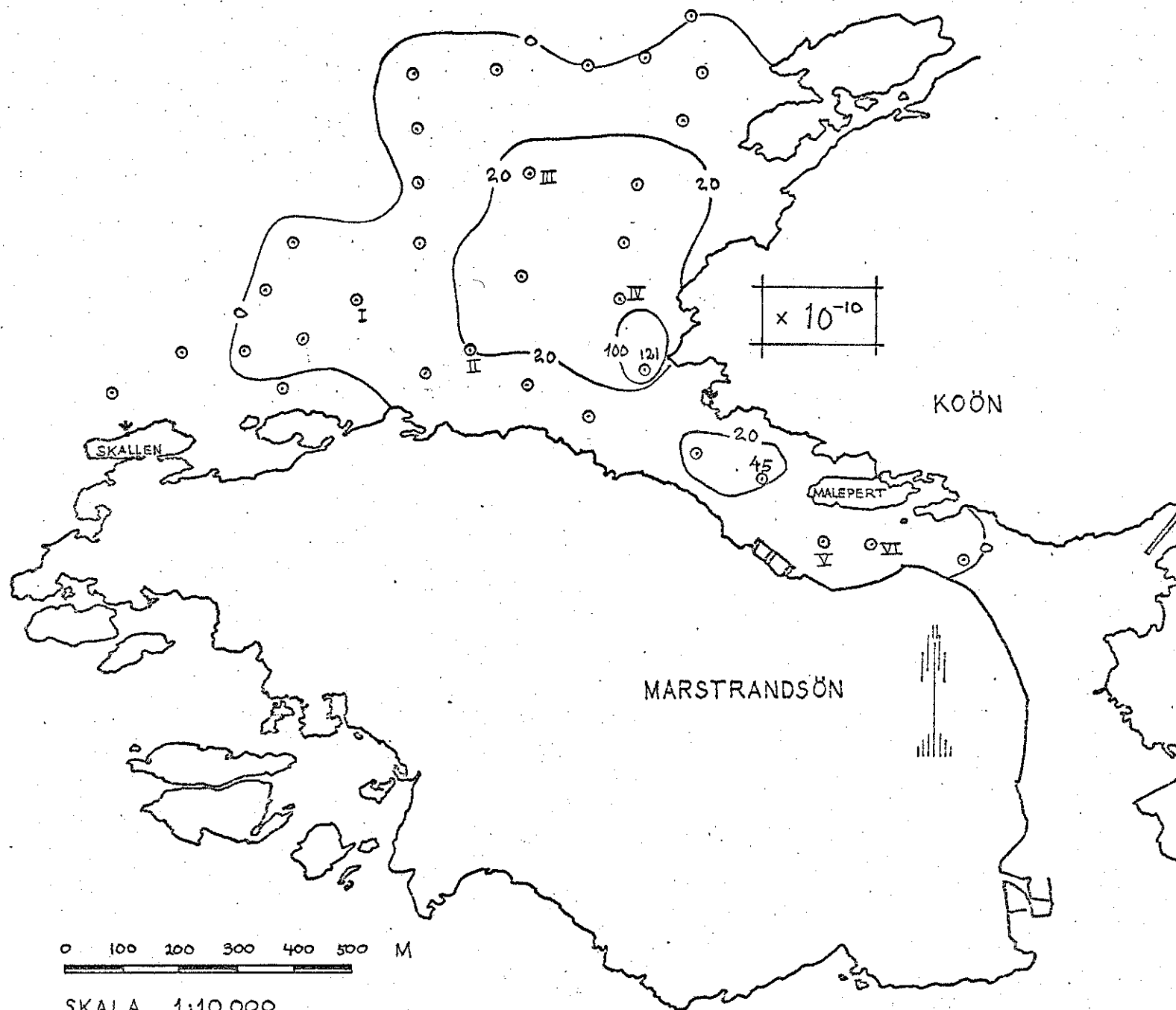
Typ av dosering: Ytdosering

Utsläppsplats: Punkt A

Doseringstid: 74-07-25 kl 7.30 - 8.00

Antal inmätningar: 1 st

Doseringen gjordes i stigande tidvatten och lugnt väder. Spridningsbilden, med de kraftigaste koncentrationerna liggande kvar i injiceringsområdet och med svagare koncentrationer runt detta, ger intryck av att en spridning av diffusionskaraktär har ägt rum. Denna tycks ha påverkats mycket lite av den rådande svaga vinden.



DATUM: 74.07.25.
 TID: KL. 9.30 - 10.55.
 TID EFTER DOS. CA. 2.5 h
 MÄTDJUP: 1 m.
 INMÄTT MÄNGD: 121 %

VIND:
 KL. 7 NE 1 ↙
 KL. 13 N 4 ↓

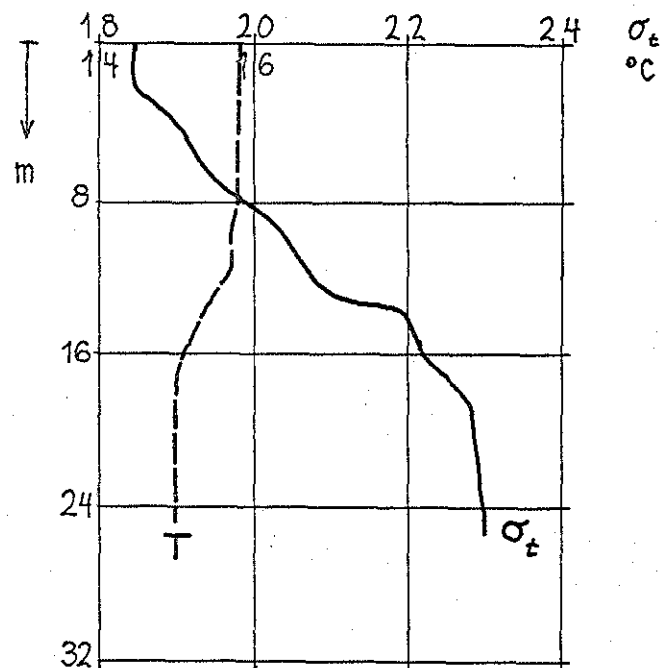
0 100 200 300 400 500 M

SKALA 1:10 000

7.40

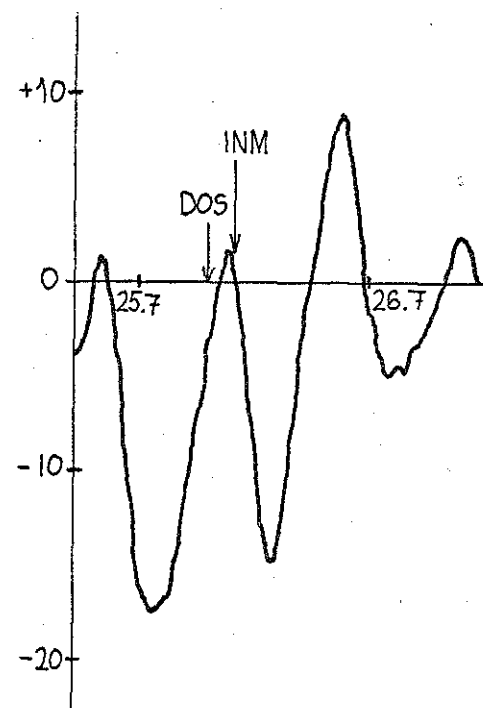
DATUM 74.07.25.

→ TÄTHET σ_t
 → TEMP. °C



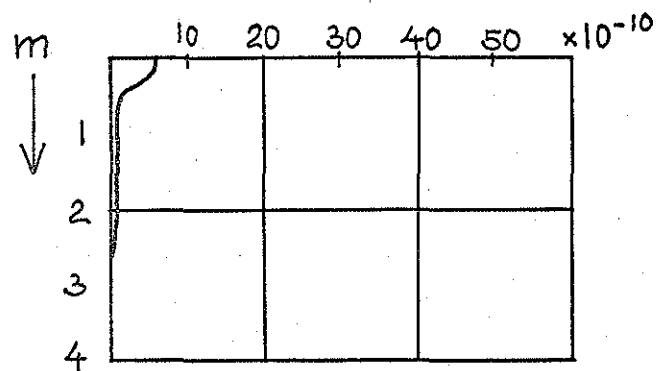
KL. 6.00

VATTENSTÅND cm

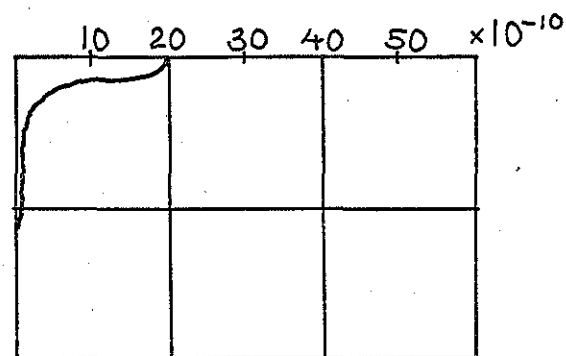


DATUM: 74.07.25

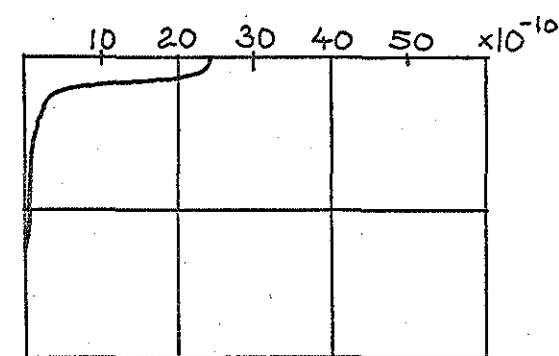
KONC. →



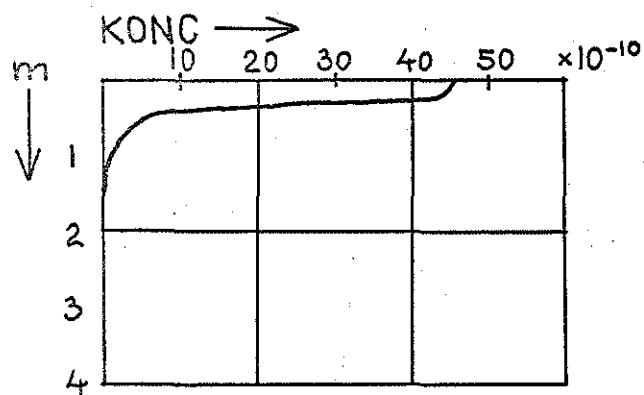
KL.10.25 I



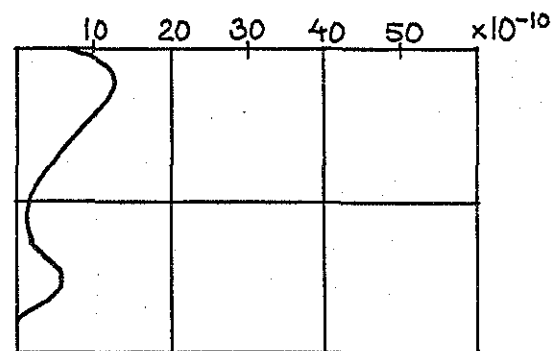
KL.10.30 II



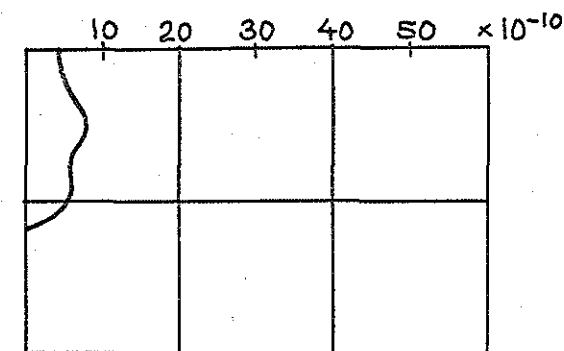
KL.10.35 III



KL.10.45 IV



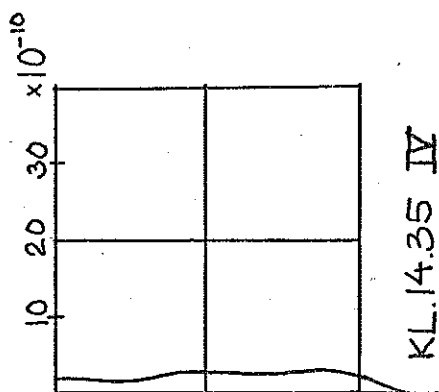
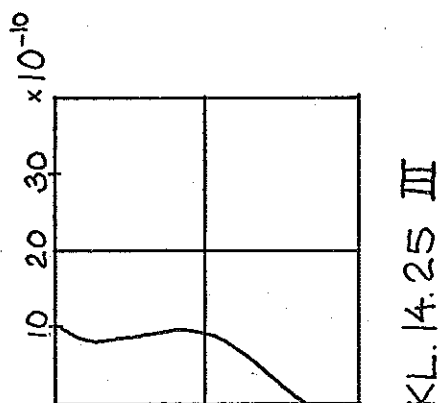
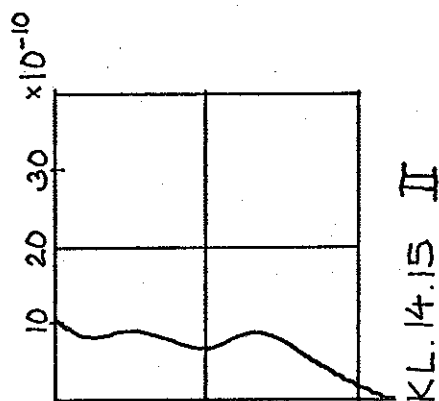
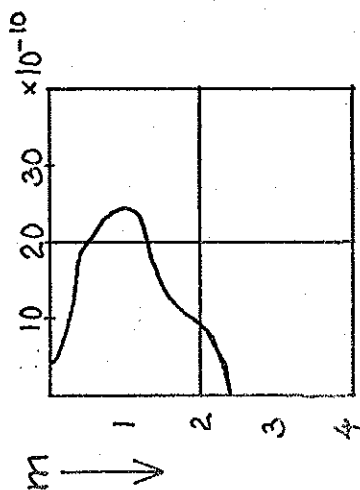
KL.10.50 V



KL.10.55 VI

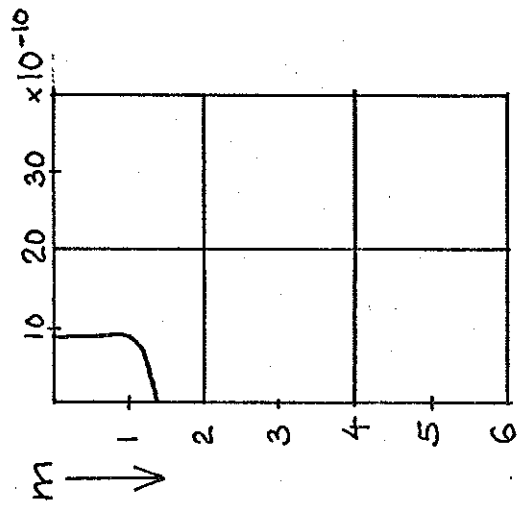
DATUM: 74.07.25

KONC. $\longrightarrow$

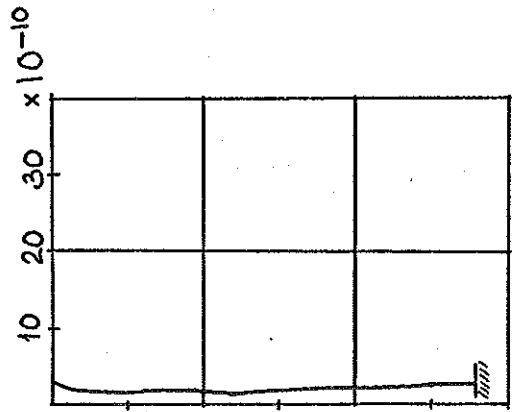


DATUM: 74.07.25

KONC. →



KL. 19.05 I



KL. 19.10 II

8. SAMMANFATTNING

8.1 Allmänt

Strömningsbilden för det aktuella utsläppsområdet är resultatet av en påverkan från två vattenområden, områdena på norra resp södra sidan Marstrandsön. Detta komplexa förhållande har medfört svårigheter då det gällt att ställa upp en allmängiltig modell för strömningsförloppen. Dessutom är det statistiska materialet mycket knapphändigt och ger endast en bild av skeendet vid de under försöken rådande förhållandena.

Den faktor som i första hand verkar vara avgörande för strömmarnas storlek och riktning är vinden. Denna ger upphov till en ström på djupare vatten i riktning mot vinden, en sk returström. Detta beror på att ytvatten pressas in mot land och trycker ut vattnet på djupare nivåer.

Tidvattnets variationer har ej kunnat påvisas ge någon nämnvärd påverkan på strömningsbilden.

Vid vindar inom området W-N synes utsläppsområdet huvudsakligen vara påverkat av det norra vattenområdet och en returström av ovan relaterade slag erhålles, vilken för ut eventuellt avloppsvatten i nordvästlig riktning. Några försök med vindar inom den NE sektorn har tyvärr ej kunnat göras.

Om vinden vrider mot S, så kan en inåtgående ström uppstå, vilken kan föra med sig avloppsvattnet in mot hamnen. Vid dosering 3 erhöles vid SSE 8 m/s denna typ av ström. Den fortsatta utvecklingen av försöket visar ett intressant fenomen. Då vinden åter vände mot W och WSW började den norra delen av rodaminmolnet att dra sig mot norr, medan den södra fortsatte söderut. En typ av vattendelare hade tydligen utvecklats. Troligen påverkas alltså vattnet i själva hamnen, åtminstone vid västlig vind, av det södra vattenområdet. Omsättningshastigheten vid det relaterade försöket var mycket låg.

Även dosering 4 tycks stärka ovanstående teori. Den då rådande SW-vinden verkar ha åstadkommit nära nog strömstillstånd på aktuell utsläppsnivå (12 m) i utsläppsområdet och en spridningsbild av diffusionskaraktär har erhållits. Anledningen till att en inåtgående ström på den aktuella nivån ej har utvecklats beror troligen på den tröskel på ca 9 m djup som finns vid det norra inloppet till hamnen. Denna förhindrar genomströmning på större djup.

8.2 Förslag

De gjorda undersökningarna tyder på att tubens placering i plan är av underordnad betydelse för hur avloppsvattnets spridningsbild kommer att se ut. Strömmarna är likartade inom hela det aktuella utsläppsområdet. Däremot är utsläppsdjupet av väsentlig betydelse om man vill förhindra att det förorenade vattnet tränger upp till ytan eller ev följer med sydgående strömmar in mot hamnen. Avloppsstrålen kommer, som framgår av kapitel 3, att inlagras där den täthetsmässigt hör hemma. Ju djupare utsläppet sker desto längre sträcka har strålen på sig att öka sin densitet genom uppblandning med det omgivande salta, och därmed tyngre, vattnet. Förutsättningarna för att avloppsvattnet skall fångas upp av en eventuell täthetsgradient hos recipienten ökar därför med ökande utsläppsdjup.

Som framgår under kap 8.1 kommer den tröskel på ca 9 m djup som är belägen vid det norra inloppet till hamnen att fungera som en spärr för sydgående strömmar under tröskelnivån. En stor fördel vore därför om inlagringen skedde under denna nivå vilket skulle förhindra avloppsvattnets spridning mot hamnen. Med hänsyn tagen till de varierande skiktningförhållandena (fig 6:1) och de därmed följande variationerna i avloppsvattnets inlagringsnivå har vi ansett att tuben bör placeras norr om den ovan relaterade tröskeln och på ca 18 m djup.

9. LITTERATURLISTA

- 1 Ahlström, Johansson och Schilling: "Simulering av avloppsutsläpp under språngskiktet i Byfjorden". Examensarbete i vattenbyggnad, CTH 1974:4
- 2 Andersson och Brunander: "Recipientundersökning i Ellösefjorden". Examensarbete i vattenbyggnad, CTH 1973:7
- 3 Cederwall; "Rationell bedömning av avloppsutsläpp i havet". Vattenhygien nr 2, 1966
- 4 • Cederwall, Göransson och Svensson: "Methods for measurements of dispersion in coastal waters". International Symposium on Discharge of Sewage from Sea Outfalls, London, aug-sept 1974.
- 5 SMHI:s rapport ang Turners Fluorometer