

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
BLINDERN

0 - 229

EN EFFEKTIVITETSKONTROLL AV ANLEGG FOR UTSLIPP
AV FORURENSET VANN FRA TITAN CO. A/S I GLOMMA.

Saksbehandlere: Siv.ing. Terje Simensen
Siv.ing. Paul Liseth

Rapporten avsluttet i august 1967.

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
INNLEDNING	1
BESKRIVELSE AV GLOMMAS ESTUAR	2
GENERELT OM FORURENSNINGSPROBLEMET	2
Svovelsyre.	3
Jern-II-sulfat.	3
Turbiditet.	4
BESKRIVELSE AV UNDERSØKELSENE	5
Generelt.	5
Tracer.	5
Målinger.	6
RESULTATET AV UNDERSØKELSEN	8
KONKLUSJON	11

TABELLER

Tabell 1: Effekt målt ved hjelp av pH og farge for varierende fortynninger av avløpsvann.	3
" 2: Utdrag av vær- og vannstandsobservasjoner ved Fredrikstad havnevesens målestasjon, samt vann- føringer i Glomma målt ved Solbergfoss.	12
" 3: Vindobservasjoner ved Ferder angitt som døgnmiddel.	13
" 4: Under hvilke forhold de enkelte forsøk ble utført.	8

FIGURER.

- Fig. 1 : Målestasjoner langs elvens hovedstrøm.
- " 2 : Glommas estuarområde.
A: Prinsipp for saltvannsinntrengning.
B: Økning av elvens vanntransport som følge av saltvannsinntrengning.
- " 3 : Glommas estuarområde.
Observerte forhold mellom transport av ferskvann og saltvann.
- " 4 : Glommas estuarområde.
Forhold mellom ferskvannføring og sprangsjiktets beliggenhet.
- " 5 : Midlere månedlig vannføring i Glomma.
- " 6 : Titrering av Glommavann med saltsyre.
- " 7 : Forhold mellom fortynning av avløpsvann i ellevann og turbiditet.
- " 8 : Tracerforsøk med Rhodamin B - 31. aug. 1966.
" " " - 1. sept. 1966.
- " 9 : " " " - 5. sept. 1966.
- " 10 : Avløpsvannets fortynning og innlagring.
Snitt I - Kaldera. Dato 31.8.
- " 11 : Avløpsvannets fortynning og innlagring.
Snitt II - Lilleborg. Dato 31.8.
- " 12 : Avløpsvannets fortynning og innlagring.
Snitt I - Kaldera. Dato 1.9.
- " 13 : Avløpsvannets fortynning og innlagring.
Snitt II - Lilleborg. Dato 1.9.
- " 14 : Avløpsvannets fortynning og innlagring.
Snitt I - Kaldera. Dato 5.9.
- " 15 : Avløpsvannets fortynning og innlagring.
Snitt II - Lilleborg. Dato 5.9.
- " 16 : a) Froudes tall i relasjon til utløpshastighet og tetthetsdifferanse.
b) Fortynning i relasjon til høyde over dyse-
åpning og Froudes tall.
- " 17 : Nomogram for styring av avløpsstasjonen med diffusorarrangement.

INNLEDNING

NIVA har i rapport C-229, datert mars 1965, kommet med forslag til hvordan avløpsvannet fra den nye Titan dioksydfabrikken ved Titan Co. A/S, Fredrikstad, kan føres ut i Glomma på en tilfredsstillende måte.

De prinsipielle konklusjoner som ble trukket opp i denne rapporten, har vært benyttet ved prosjekteringen av fabrikkens avløpsdisponering i Glomma. Forutsetningene som ble lagt til grunn for vårt arbeid, ble imidlertid forandret under den videre planlegging og bygging av fabrikk.

Det anlagte dypvannsutslipp består av 6 utløpsrør i polyetylen, hver påmontert 2 dyser på henholdsvis 90 og 110 mm. Dysene er plassert i elvas hovedstrøm og danner en vinkel på ca. 60° med horisontalen i retning med Glommas hovedstrøm. Maksimal utstrømningshastighet er satt til 4 m/sek., og avløpsvannets spesifikke vekt vil kunne variere i området 1,010 - 1,020.

Dypvannsutslippet er således konstruert noe annerledes enn foreslått i vår rapport, og da vårt beregningsgrunnlag ble forandret, anmodet Titan Co. A/S NIVA om å foreta en kartlegging av avløpsvannets innlagring og fortynning i estuarområdet vannmasser.

For å forstå betydningen av variasjoner i utstrømningshastighet og avløpsvannets spesifikke vekt, ble avløpsvannets utbredelse kartlagt for ulike utslipningsbetingelser.

Undersøkelsene ble utført i dagene 30.8., 31.8., 1.9., 5.9. og 6.9.1966. Dagene 31.8., 1.9. og 5.9. viste typiske situasjoner og er derfor nærmere behandlet i denne rapporten.

BESKRIVELSE AV GLOMMAS ESTUAR

Glommas estuarområde er begrenset av Hvalerøyene i sør og strekker seg ca. 12-13 km nord av Titan Co. A/S mot Sarpsborg-Tune.

Den gjennomsnittlige tideamplitude utgjør 13 cm. Forholdet mellom midlere tilført ferskvannsvolum og tidsmessig korresponderende tidevolum er 17:1. Et såvidt stort forholdstall betinger en markert lagdeling av estuarets vannmasser.

For vannføringer mindre enn ca. 1.000 - 1.100 m³/sek. finner man kompensasjonsstrømmer av salt sjøvann langs elvebunnen rettet mot ferskvannsstrømmen. Fra kompensasjonsstrømmen eller saltvannskilen foregår det en kontinuerlig transport av sjøvann opp gjennom sprangsjiktet.

Vi har gjennom en rekke observasjoner av temperatur, salinitet og hastighet kartlagt forholdet mellom transport av saltvann gjennom sprangsjiktet, sprangsjiktets beliggenhet og Glommas vannføringer. Forholdet er for Glommas estuarområde fremstilt i fig. 2-5.

Fig. 2 A viser skjematisk prinsippet for saltvannets inntrengning i Glommas utstrømmende ferskvann, samt vannhastighetenes variasjon med dypet.

I fig. 2 B er vannføringsfordelingen av ferskvann og saltvann transportert opp gjennom sprangsjiktet fremstilt for en ferskvannsføring i Glomma på henholdsvis 448 og 884 m³/sek.

I fig. 3 er transportforholdet for ferskvann og saltvann inntegnet. Det fremgår av figuren at den vertikale transport av saltvann gjennom sprangsjiktet utgjør 43 % ved en ferskvannsføring på 400 m³/sek. og ca. 30 % ved en ferskvannsføring på ca. 900 m³/sek. For vannføringer mellom 900 og 1.000 m³/sek. mangles observasjoner, men for vannføringer i området 1.000 - 1.100 m³/sek. vil man få en total tilbaketrengning av saltvannskilen og utstrømning av ferskvann over hele tverrsnittet.

Fig. 4 viser sprangsjiktets beliggenhet mellom saltvann og brakkvann som en funksjon av ferskvannsføringen i Glomma.

Fig. 5 viser den midlere månedlige vannføring i Glomma registrert ved Solbergfoss for perioden 1953-1959.

GENERELT OM FORURENSNINGSPROBLEMET

Avløpsvannet fra Titan Co. A/S, som utgjør ca. 10.000 m³/døgn, inneholder uorganiske forurensninger i form av svovelsyre, jern-II-sulfat og betydelig turbiditet.

I det følgende er de enkelte forurensningsparametre beskrevet nærmere.

Svovelsyre.

Syren vil, under forhold med saltvannsinnblanding, bli nøytralisert av saltvannets bikarbonatinnhold.

Ut fra titrerkurver for elvevann hentet fra ulike nivåer i Glomma ved Titan Co. A/S, har det vært mulig å beregne nødvendig fortykning av avløpsvann for å oppnå pH-verdier på henholdsvis $\geq 6,5$ og $6,0$. Resultatet av slike forsøk er vist grafisk i fig. 6.

Jern-II-sulfat.

Toverdige jernioner vil i tilnærmet nøytralt miljø oksyderes til treverdige av molekylært oksygen, og i den form hydrolysere og falle ut som jernhydroksyd.

Oksygenobservasjoner i estuaret viser en metning på mer enn 80 % ned til et dyp av 5 m og ca. 65 % ved bunnen (9 m).

I tabell 1 er effekten målt ved hjelp av pH og farge for varierende for-
tyninger av avløpsvann.

Tabell 1.

Dyp i m	Tid	Para- metre	Glomma- vann	Fortynninger			
				10^{-3}	$2 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	10^{-2}
3	0	pH	7,9	7,4	6,9	6,5	5,7
	2 døggn	"	7,8	7,3	6,8	6,3	5,4
	0	Farge $^{\circ}\text{H}$	45,8	52,8	61,6	63,2	64,9
	4 timer	"	43,5	72,5	79,0	55,3	63,2
	2 døggn	"	45,8	100	217	520	320
	6	0	pH	7,8	7,4	7,2	6,7
2 døggn	"	7,8	7,8	7,35	7,1	6,6	6,1
6	0	Farge $^{\circ}\text{H}$	10,6	34,8	40,5	40,5	45,8
	4 timer	"	10,6	81,8	103	45,8	42,5
	2 døggn	"	10,6	103,1	214	502	331

Som det fremgår av tabellen, er forandringen av pH-verdi meget liten, mens fargeverdiene viser en stor økning. Det er åpenbart at den største fortynningen gir minst forandring i pH-verdi og derfor den hurtigste økning i farge.

Dette betyr at en transport av avløpsvann i saltvannskilen kan by på sedimenteringsproblemer dersom oppholdstiden i saltvannstungen er flere timer.

Ved vannføringer større enn $1.000 - 1.100 \text{ m}^3/\text{sek.}$, vil store mengder sedimentert jernhydroksyd-fnokker rives løs og blandes i ellevannet i sterkt konsentrert form.

Turbiditet.

Turbiditetsmålinger ble utført for varierende konsentrasjoner av avløpsvann i ellevannet. Resultatet er fremstilt i fig. 7. Den naturlige turbiditeten i ellevannet i de øverste to meterne varierer opp til $7 \text{ mg SiO}_2/\text{l.}$

På bakgrunn av det samlede observasjonsmaterialet synes en fortynning av avløpsvann i resipienten $> 10^{-3}$ å gi en akseptabel forurenings-situasjon.

For å utnytte estuaret på en hensiktsmessig måte slik at de beskrevne forureningsparametre skal ha minst mulig skadevirkning, ble avløpsarrangementet utført slik at

1. avløpsvannet innlagres i et brakkvannslag under vannoverflaten.
2. minst mulig avløpsvann blir transportert med saltvannstungen med påfølgende oksydasjon og utfelling av jernhydroksyd-fnokker.
3. den kinetiske energi i utslipningsstrålen blir tilstrekkelig nedbrutt for å hindre en lokal gjennomstrømning av turbid vann til overflaten.

BESKRIVELSE AV UNDERSØKELSENE

Generelt.

For å kartlegge avløpsvannets innlagring og fortynning i estuarets vannmasse, ble det benyttet en såkalt tracermetode.

Metoden går ut på at man doserer en tracer i avløpsvannet før dette slippes ut i resipienten, og ved å kartlegge tracerens utbredelse får man et bilde av avløpsvannets bevegelse og fortynning. Forutsetningen er at traceren fortynnes tilstrekkelig til at den kan bevege seg på samme måte som avløpsvannet, og at den kan registreres i meget små konsentrasjoner. For å kunne foreta en kvantitativ analyse, må tracermengden som måles ute i resipienten, kun være et resultat av fortynningsprosessen. Påvirkes traceren av andre faktorer i avløpsvannet eller i resipientens vannmasser, må deres innflytelse på måleobservasjonene korrigeres eller være av ubetydelig størrelse.

Tracer.

Som tracer ble benyttet et fluorescerende fargestoff, Rhodamin B, som er et vanlig organisk pigment, benyttet innen mange forskjellige felter. Fargestoffet viser stor følsomhet og standardoppløsninger kan i destillert vann registreres i en fortynning på inntil 10^{-11} .

Rhodamin B påvirkes imidlertid av en rekke faktorer i resipienten, som reduserer tracerens følsomhet og kan dermed bringe feil inn i målingene.

Som feilkilde vil følgende faktorer kunne være av betydning for tracerstudiet i Glomma:

Turbiditet og fysisk absorpsjon.

Temperatur.

pH-verdi.

Fotokjemisk decay (reduksjon).

For våre undersøkelser ble de enkelte faktorerens innflytelse vurdert inngående, men vi kom til det resultat at feilkildene antas til sammen ikke å gi nevneverdig utslag på tracermålingene.

For å unngå betydelige feilkilder under tracerforsøkene var det nødvendig å føre et renere vann enn fabrikkens avløpsvann ut i utslippet. Vannet måtte imidlertid ha tilsvarende spesifikke vekt og mengde som avløpsvannet.

Som avløpsvann ble derfor benyttet Glommavann med en spesifikk vekt på mellom 1,010 og 1,020. På bakgrunn av temperatur- og salinitetsmålinger kunne dette vannet hentes fra det mest hensiktsmessige dyp i elva.

Traceren ble dosert inn i avløpsvannet fra en doseringsbeholder hvor doseringsmengden til enhver tid kunne overvåkes. Doseringsmengden var ca. 1 l/min. av en standardoppløsning fortynnet 20 ganger. Tracermengden så vel som vannføringen i utslippet ble holdt konstant i løpet av hele observasjonsdagen. Ved utstrømningshastighet på 4-5 m/sek. i en 90 mm dyse ble standardoppløsningen av traceren fortynnet mellom 10^{-3} og 10^{-4} ganger i avløpsvannet. For å begrense forbruket av tracer ble det benyttet bare én dyse.

Målinger.

Fra NIVA's forskningsfartøy "H.H. Gran" ble vann pumpet opp fra ulike punkter og dyp i resipienten og fordelingen av fargestoffet kartlagt. Vannet ble pumpet gjennom et såkalt fluorometer hvor fargekonsentrasjonene ble registrert.

I fluorometeret ble vannet belyst av en ultrafiolett lampe, en del av det innkommende lys absorberes av fargepigmentet i vannet, mens det samtidig dannes et fluorescerende lys. Det fluorescerende lys fremtrer med en større bølgelengde enn det absorberte lys, og i mengde er det avhengig av fargekonsentrasjonen. Ved hjelp av et primærfilter plassert mellom lyskilden og kuvetten med vannprøven, slippes lys av mindre bølgelengde enn det fluorescerende lys inn i prøven. I en vinkel av 90° til det innkommende lys måles, ved hjelp av en fotomultiplikator, mengden av det fluorescerende lys fra vannprøven. Mellom kuvetten og fotomultiplikatoren sitter et sekundærfilter hvor kun det fluorescerende lys slipper gjennom.

Å kartlegge en tracers utbredelse i en resipient er et tidkrevende arbeid, og det er derfor av stor betydning å kunne måle i et stasjonært system hvor tracerens mengde og utbredelse er uavhengig av tiden i observasjonsperioden. Målinger utført til forskjellige tider, vil derved kunne settes sammen til ett bilde.

Den dynamiske og fysiske situasjon i estuarområdet er først og fremst bestemt av Glommas vannføring, vindforhold og tidevariasjoner.

Variasjoner i vannføringen skjer relativt langsomt og vil normalt ikke forandre seg nevneverdig i løpet av en observasjonsdag.

Vannføringen var i de to første observasjonsdager, 31. august og 1. september 1966, konstant $450 \text{ m}^3/\text{sek}$. I de etterfølgende dager tiltok vannføringen og nådde 5. september en vannføring på $605 \text{ m}^3/\text{sek}$.

Tidevannet vil først og fremst gi variasjoner i vannstand, men med de små tideamplityder (ca. 13 cm) som kan registreres i området, makter tidevannet kun i liten grad å påvirke systemet.

Midlere vannstand for de to første observasjonsdager lå under normal vannstand, mens den for den siste dagen lå betydelig over normal vannstand.

En plutselig økning av vindstyrken i området vil kunne føre til at det ferske vannet ved overflaten utover i estuarområdet lettere blandes ned i et større dyp. Derved kan det innstrømmende sjøvann få en noe mindre saltholdighet.

I de nærmeste dager før og under de to første observasjonsdager var vindforholdene skiftende med liten styrke. Ved den siste observasjonsdagen var den fremherskende vindretning SV med kulings styrke.

Tabell 2, side 12, viser utdrag av hav- og vannstandsobservasjoner ved Fredrikstad havnevesens målestasjon samt vannføringer i Glomma ved Solbergfoss. Tabell 3, side 13, viser et utdrag fra meteorologiske vindobservasjoner ved Ferder fyr. For enkelte av de ytre faktorer, eksempelvis vindforholdene, er variasjoner og intensitet over et visst tidsrom før observasjonsdagene av betydning. I tabell 2 og 3 er derfor verdier for de nærmeste dager før og under observasjonsdagene gjengitt. Verdiene for observasjonsdagene er understreket.

For å få et noenlunde stasjonært forhold ble traceren dosert inn i avløpsvannet i tilstrekkelig tid før kartleggingen av tracerens utbredelse i estuaret begynte. Dette var nødvendig fordi traceren måtte ha en endelig utbredelse for å beskrive avløpsvannets stasjonære fortynningsbilde. For våre forsøk startet doseringen 2-7 timer før målingene begynte. Under målingene ble båten ankret opp på ønskede stasjoner med fastlagte posisjoner. Stasjonenes beliggenhet fremgår av fig. 1.

Tabell 4 viser under hvilke forhold de enkelte forsøk ble utført.

Tabell 4.

	Dato		
	31.8.	1.9.	5.9.
Ferskvannsføring	450	450	605
Avløpsvannets tetthet	1,010	1,015	1,015
Resipientvannets tetthet omkring utslippet	1,018	1,018	1,016
Tetthetsdifferanse	0,008	0,003	0,001
Utløpshastighet	4,0	4,0	5,0
Froudes tall	48	78,5	165,5

Avløpsvannets innlagring og fortykning samt elvevannets dynamiske og fysiske egenskaper ble kartlagt i et snitt langs elvens hovedstrøm. Resultatet er fremstilt i fig. 8 og fig. 9. Avløpsvannets fordeling ble også kartlagt i 2 snitt på tvers av elven ved henholdsvis Kaldera og Lilleborg fabrikker, fig. 10 - fig. 15.

RESULTATET AV UNDERSØKELSEN

Den inngående saltvannsstrøm langs bunnen påvirker avløpsstrålen i større grad enn tidligere antatt. Det fortygnede avløpsvann i strålens randssone makter ikke å følge strålens stige-hastighet, men fraktes innover. I den øvre sonen av saltvannssjiktet hvor avløpsstrålens vertikale stige-hastighet er betydelig redusert, dominerer den inngående saltvannsstrømmen strålens bevegelse. Avløpsstrålen avbøyes innover, og avløpsvannet får en betydelig fortykning i saltvannssjiktet. Dette forholdet forårsaker enn innlagring av avløpsvann i underkant av sprangsjiktet.

Et nøyaktig uttak av vannprøver i sentrum av strålen, hvor turbulensforholdene forårsaker et stadig skiftende bilde, lot seg ikke utføre. Det var derfor ikke mulig å måle de relativt små variasjoner i innlagringen forårsaket av de ulike utslipningsdata.

Som følge av vanskelighetene med å lokalisere senterlinjen for den longitudinale diffusjon av farge i området nær utløpet, er fortykningsverdiene

like over og oppstrøms av utslipningspunktet noe unøyaktige. Imidlertid har vi fått et generelt spredningsbilde som viser forholdene som de enkelte forsøk ble utført under.

Avløpsstrålene fra hver av dysene vil i utslippets umiddelbare nærhet innlagres i underkant av sprangsjiktet, som beskrevet for et enkelt utlipp. Til sammen vil avløpsstrålene danne et "teppe" med et konsentrert avløpsvann i utslipningsarrangementets bredde.

I en viss avstand fra utslippet vil avløpsvannet fra de enkelte dyser fortynnes inn i hverandre. I en avstand av 200-300 m fra dysene vil man kunne betrakte det samlede utlipp som et punktutlipp med samme innlagring og fysiske egenskaper som utslippet fra én dyse, men med 10 ganger mer konsentrert avløpsvann.

Vårt forsøk viser at man ligger på den sikre siden ved det prosjekterte utløpsarrangement når det gjelder å oppnå den nødvendige fortykning, fremstilt i fig. 6 og fig. 7.

Den maksimale beregnede oppholdstid for avløpsvann i saltvannstungen vil være 2-3 timer ved optimal bruk av diffusoren.

På bakgrunn av farge- og pH-målinger foretatt ved varierende fortykning av avløpsvann, tabell 1, fremgår det at en meget liten fraksjon av jern vil bli fraktet oppstrøms av utslippet.

Resultater fremkommet under 3 observasjonsdager, viser at mulighetene for et gjennombrudd av utslipningsstrålen til overflaten er svært liten.

Den 5. september 1966 ble det observert en langt større hastighet i kompensasjonsstrømmen enn på de foregående dager. Dette skulle indikere at en betydelig transport av farge i saltvannstungen på denne dagen skulle skyldes størrelsen av saltvannsstrømmen. På den annen side er det på bakgrunn av observasjoner foretatt 31. august og 1. september, sannsynlig at Froudes tall er av større viktighet enn saltvannshastigheten. Froudes tall for utløpsstrålen er gitt ved

$$F = \frac{v}{\sqrt{\frac{\delta_s - \delta_w}{\delta_s} \cdot g \cdot D}}$$

hvor

- v = utstrømningshastighet.
 δ_s = resipientvannets tetthet omkring utslippet.
 δ_w = avløpsvannets tetthet.
 D = dysens diameter.

For å beskrive den relative betydning av hastighet og avløpsvannets tetthet i denne likning, har vi tegnet et diagram, fig. 16 a.

Små variasjoner i δ_s har en ubetydelig effekt på Froudes tall slik at vi for en vurdering av avløpsarrangementet har benyttet $\delta_s = 1,018$.

Kurvene viser at hvis vi opprettholder et konstant Froudes tall, vil en liten tetthetsdifferanse betinge en liten hastighet og vice versa. I fig. 16 b er forholdet Froudes tall, fortynning og høyde over utslippet fremstilt for det aktuelle utløpsarrangement. Figuren er fremkommet ved en modifisering av beregninger og eksperimentelle forsøk foretatt i utlandet.

På denne bakgrunn er det sannsynlig at Froudes tall i området 10-50 gir den minste verdi av fortynning i saltvannskilen og derved reduserer mulighetene for en vesentlig slamavsetning på oppstrømssiden av utslippet. Utløpet bør derfor reguleres i henhold til de rådende tetthetsforhold i avløpsvannet og saltvannskilen.

Froudes tall benyttet under våre eksperimenter, er plottet inn på fig. 16a, og det fremgår at bare en av verdiene faller innenfor det anbefalte området.

Sammenholdes de generelle spredningsbildene som er vist i fig. 8 og 9 med beregnede verdier av Froudes tall, er det åpenbart at den minste oppstrømsspredningen i saltvannskilen fant sted den 31.8., da anlegget ble kjørt med et lavt Froudes tall. På den annen side var det en sterk spredning den 5.9. da anlegget ble kjørt under ugunstige forhold.

Generelt kan man derfor anbefale at utløpshastigheten skal variere i området 2-3 m/sek. avhengig av tetthetsdifferansen mellom avløpsvann og det omkringliggende vann i resipienten.

Forholdet mellom ønsket tetthet i fortynnet vann og nødvendig mengde av fortynningsvann brakt inn i utløpsstasjonen er ikke ennå kjent for alle

mulige variasjoner i konsentrasjoner og avløpsmengder. Så snart dette forholdet er kartlagt, vil operatøren ved utløpsstasjonen kunne styre anlegget i henhold til nomogrammet, fig. 17, som viser sammenhengen mellom tetthet av saltvannstungen, tetthetsforhold i avløpsvannet, utløpshastigheten og Froudes tall.

Ved å utføre daglige tetthetsobservasjoner i resipienten vil operatøren ut fra nomogrammet kunne bestemme en gunstig tetthet for vannet som føres ut fra utløpsstasjonen og dermed styre spredningsforløpet i henhold til den hydrografiske situasjon i estuaret.

KONKLUSJON

Forsøkene viser at man ved det anlagte utløpsarrangement kan oppnå en fortykning som tilfredsstiller de krav man bør stille til forurensningskonsentrasjoner i elvevannet.

Saltvannskilen i Glommas estuarområde vil dominere avløpsstrålens bevegelse og forårsake en innlagring av avløpsvann i underkant av sprangsjiktet.

Gjennomtrengning av avløpsvann til overflaten vil neppe forekomme med utløpshastigheter mindre enn 5 m/sek. Det anbefales at utløpshastigheten skal ligge i området 2-3 m/sek., avhengig av tetthetsforholdene i avløpsvannet og saltvannskilen.

På bakgrunn av daglige tetthetsmålinger i resipienten vil det i stor grad være mulig å styre spredningen av avløpsvannet i henhold til den hydrografiske situasjon i estuaret.

Tabell 2.

Utdrag av vær- og vannstandsobservasjoner ved Fredrikstad Havnevesens målestasjon, samt vannføringer i Glomma målt ved Solbergfoss.

Dato	Barometerstand	Vind	Vannstandsmålinger (cm)							Vannføring (m ³ /sek.)
			kl. 07.00	kl. 09.00	kl. 12.00	kl. 14.00	kl. 16.00			
22.8.	760	NØ lett bris	5 ÷	8 ÷	12 ÷	22 ÷	25 ÷		750	
23.8.	761	NØ lett bris	13 ÷	14 ÷	10 ÷	15 ÷	13 ÷		707	
24.8.	762	NØ lett bris	30 ÷	28 ÷	15 ÷	12 ÷	7 ÷		658	
25.8.	769	NØ lett bris	30 ÷	28 ÷	12 ÷	8 ÷			609	
26.8.	770	NØ svak vind	30 ÷	28 ÷	12 ÷				551	
27.8.	768	NØ svak vind	26 ÷	20 ÷	16 ÷				485	
28.8.	767	NØ svak vind							475	
29.8.	767	SV lett bris	22 ÷	15 ÷	15 ÷	10 ÷	3 ÷		457	
30.8.	767	VSV lett bris	15 ÷	17 ÷	18 ÷	12 ÷	5 ÷		450	
31.8.	759	VNV lett bris	18 ÷	12 ÷	10 ÷	10 ÷	3 ÷		450	
1.9.	756	VNV lett bris	12 ÷	15 ÷	5 ÷	5 +	7 +		450	
2.9.	751	NV svak vind	5 +	5 +	7 +	10 +	12 +		450	
3.9.	750	SØ lett bris							499	
4.9.	750	SV svak vind							550	
5.9.	749	VSV frisk bris til liten kuling	38 +	37 +	35 +	35 +	30 +		605	
6.9.	750	SV frisk bris til liten kuling	28 +	27 +	25 +	22 +	20 +		615	

Tabell 3.

Vindobservasjoner ved Ferder angitt som døgnmiddel.

Vindstyrken er gitt i dm/sek.

Vind fra sør og vest regnes som negativ og har fortegn --.

Vindretningen er dekomponert i NS og ØV.

Vind fra nord og øst regnes som positiv og har ikke fortegn.

Observasjonsdato	Antall døgn for observasjonsdagen												Middel					
	6		5		4		3		2		1		0		NS	ØV		
	NS	ØV	NS	ØV	NS	ØV	NS	ØV	NS	ØV	NS	ØV	NS	ØV				
<u>1966</u>																		
23.8.	-78	-114	-45	-60	-26	-29	-50	-62	59	-4	60	31	58	53	58	53	-3	-27
24.8.	-45	-60	-26	-29	-50	-62	59	-4	60	31	58	53	54	16	33	53	13	-3
25.8.	-26	-29	-50	-62	59	-4	60	31	58	53	54	16	33	53	54	16	27	8
26.8.	-50	-62	59	-4	60	31	58	53	33	54	16	9	5	9	5	9	31	14
27.8.	59	-4	60	31	58	53	33	53	54	16	9	-11	40	-11	40	-11	44	21
28.8.	60	31	58	53	33	53	54	16	5	9	40	-11	26	-10	26	-10	40	20
29.8.	58	53	33	53	54	16	5	9	40	-11	26	-10	48	-18	48	-18	24	13
30.8.	33	53	54	16	5	9	40	-11	26	-10	48	-18	-7	-9	-7	-9	15	4
31.8.	54	16	5	9	40	-11	26	-10	48	-18	-7	-9	-6	48	-6	48	9	4
<u>1967</u>																		
1.9.	5	9	40	-11	26	-10	48	-18	-7	-9	-6	48	-40	-5	-40	-5	-4	1
2.9.	40	-11	26	-10	48	-18	-7	-9	-6	48	-40	-5	-63	11	-63	11	-14	1
3.9.	26	-10	48	-18	-7	-9	-6	48	-40	-5	-63	11	-59	-5	-59	-5	-28	2
4.9.	-48	-18	-7	-9	-6	48	-40	-5	-63	11	-59	-5	-27	-37	-27	-37	-36	-2
5.9.	-7	-9	-6	48	-40	-5	-63	11	-59	-5	-27	-37	-90	-77	-90	-77	-42	-11
6.9.	-6	48	-40	-5	-63	11	-59	-5	-27	-37	-90	-77	-83	-85	-83	-85	-53	-22

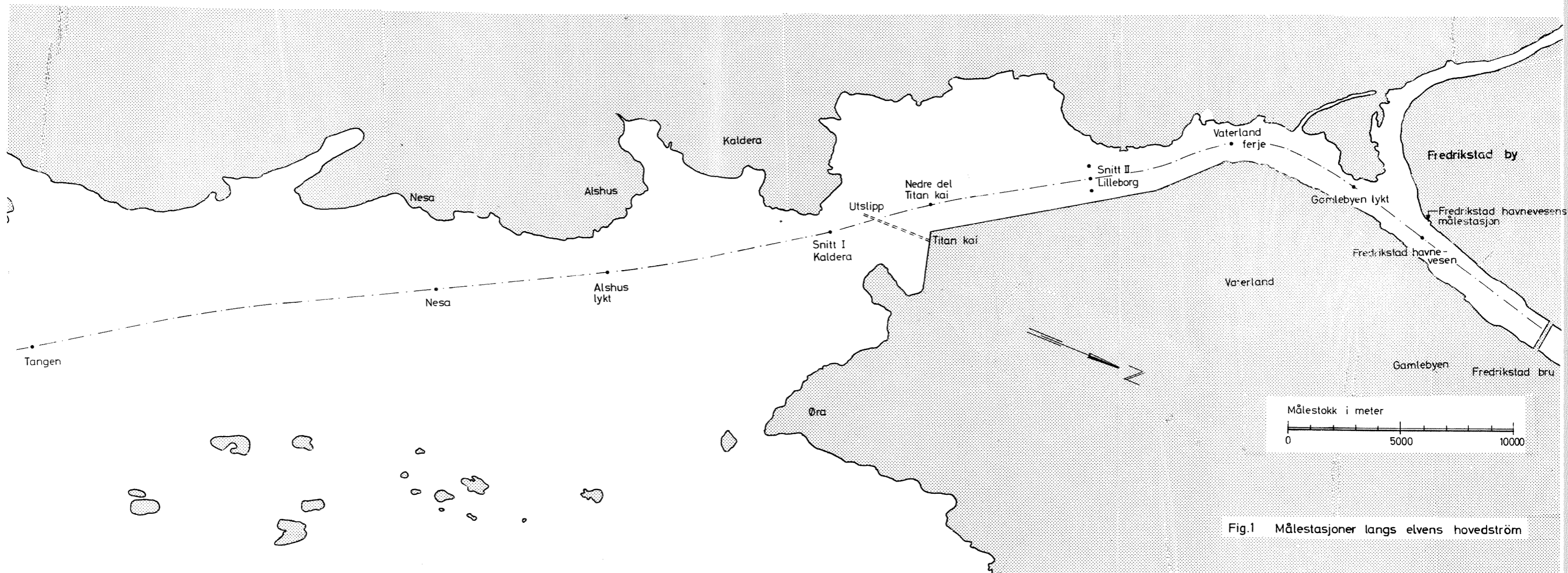


Fig.1 Målestasjoner langs elvens hovedstrøm

Glommas estuarområde

- A: Prinsipp for saltvanns-
inntregning
- B: Ökning av elvens vann-
transport som følge av
saltvannsinntregning

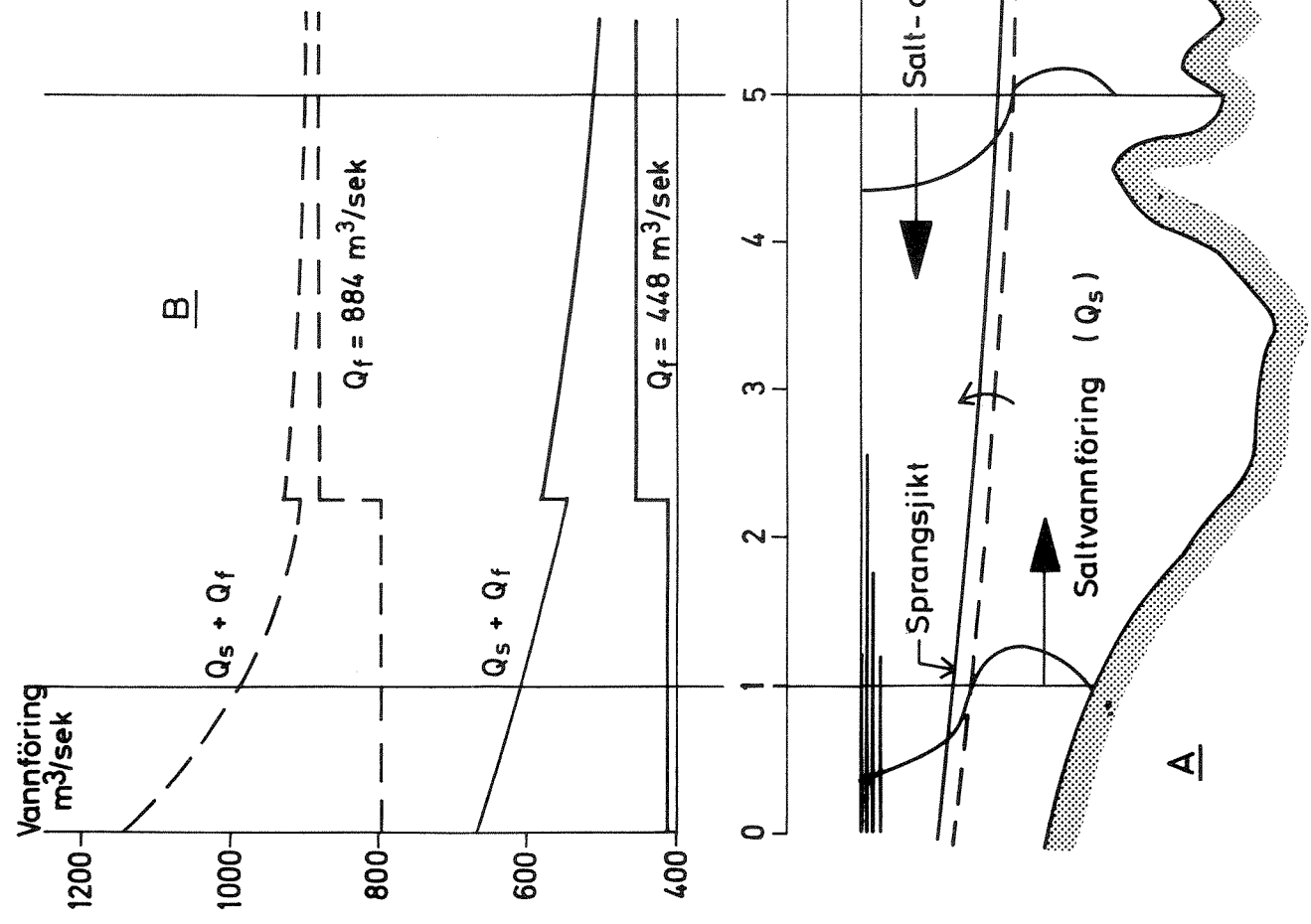


Fig. 2

Glommas estuarområde.

Observert forhold mellom transport av ferskvann og saltvann.

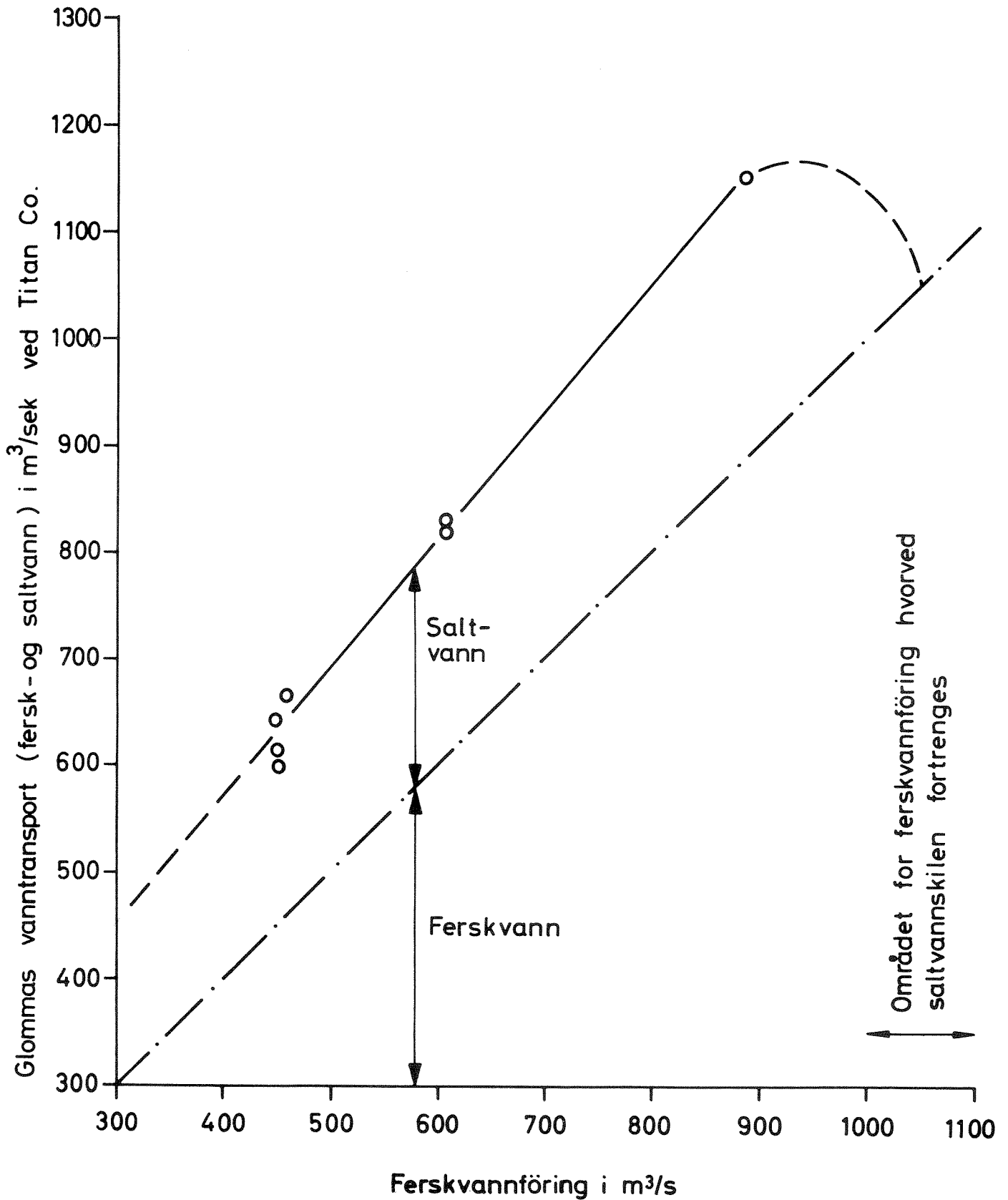


Fig. 3

Glommas estuarområde.

Forhold mellom ferskvannføring og sprangsjiktets beliggenhet.

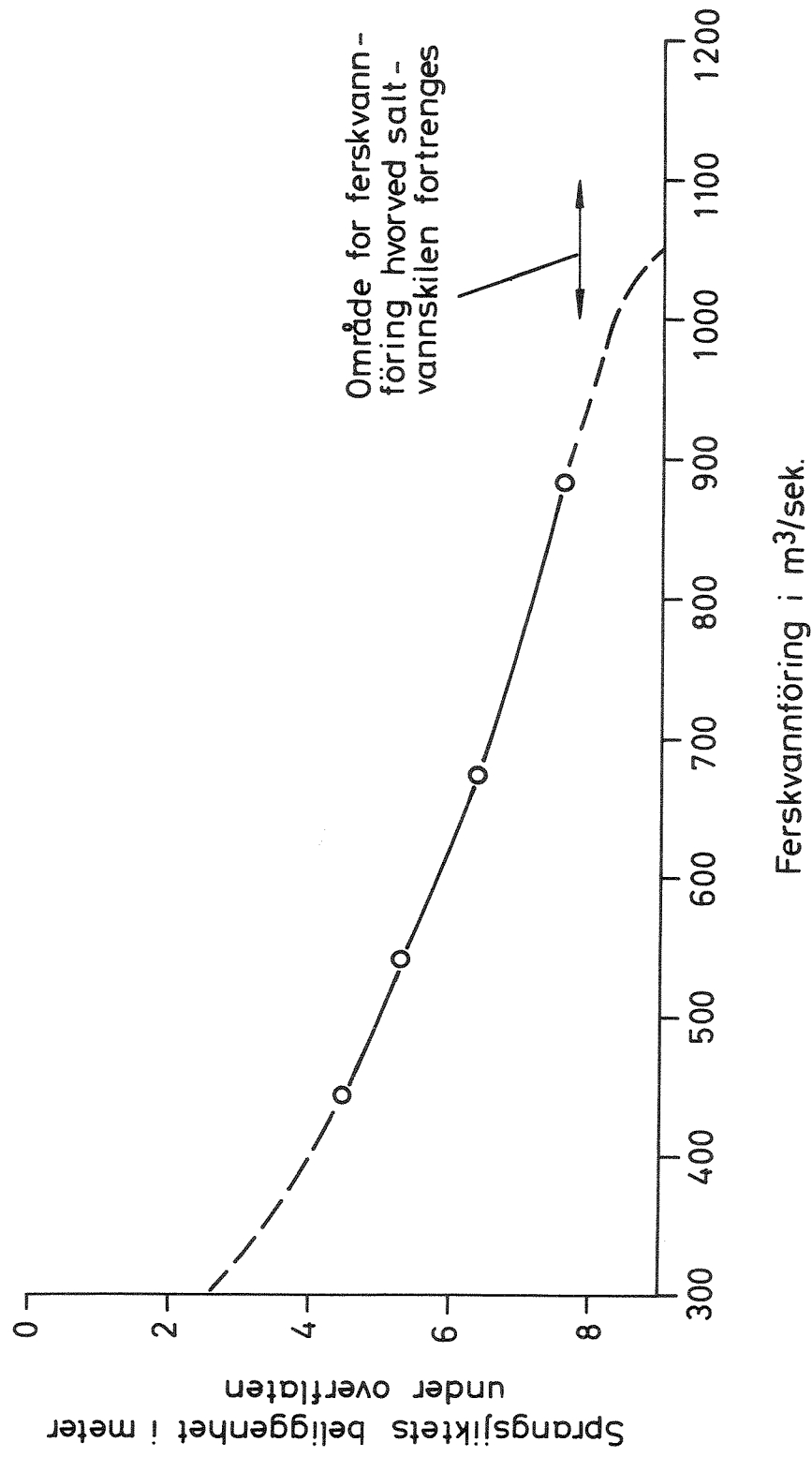


Fig.4

Midlere månedlig vannføring i Glomma.

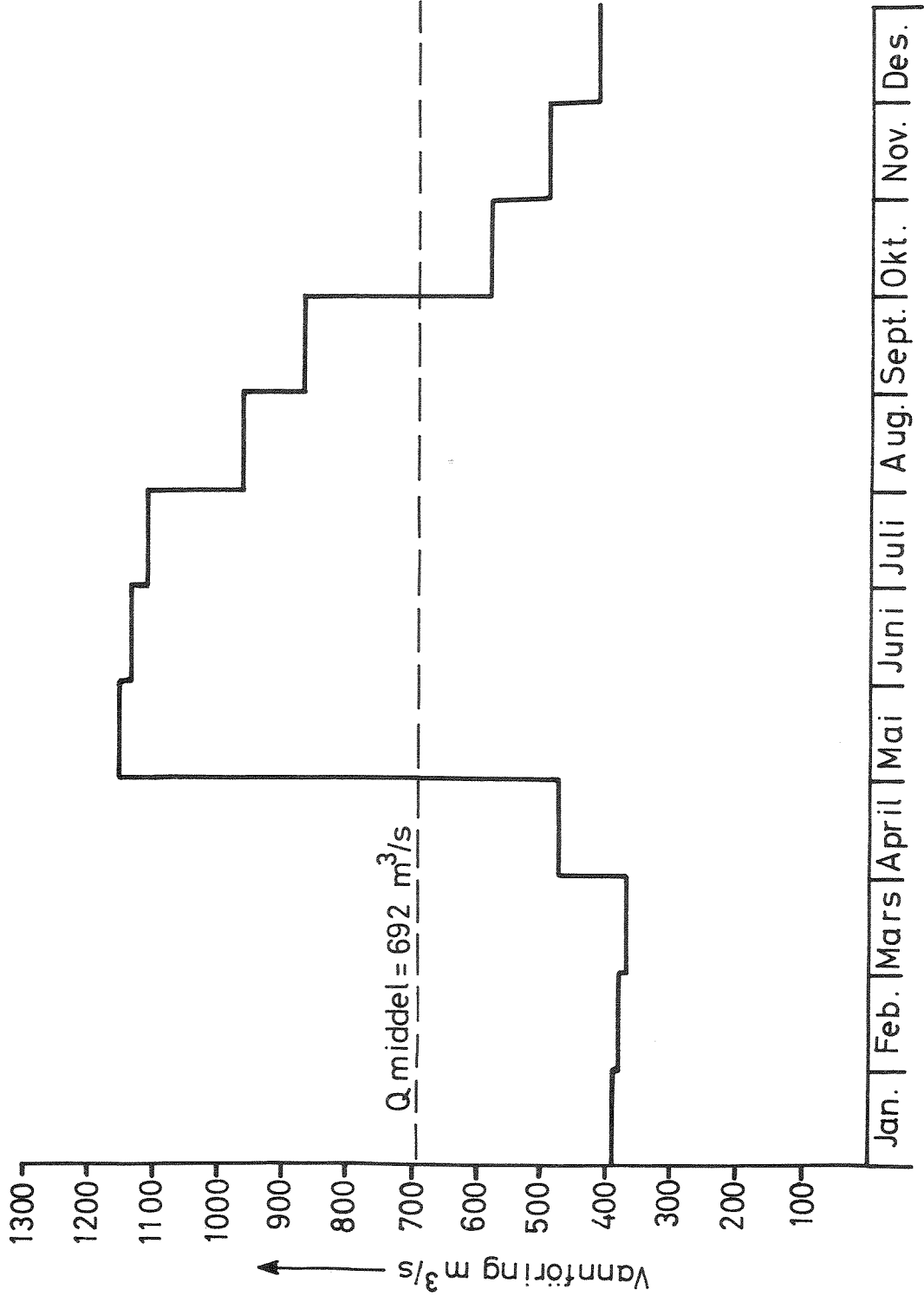


Fig. 5

Titring av Glommavann med saltsyre.

Nödändig fortynning av avløpsvann i ellevann, med varierende vannkvalitet for å oppnå pH-verdier på henholdsvis ≈ 6.5 og 6.0

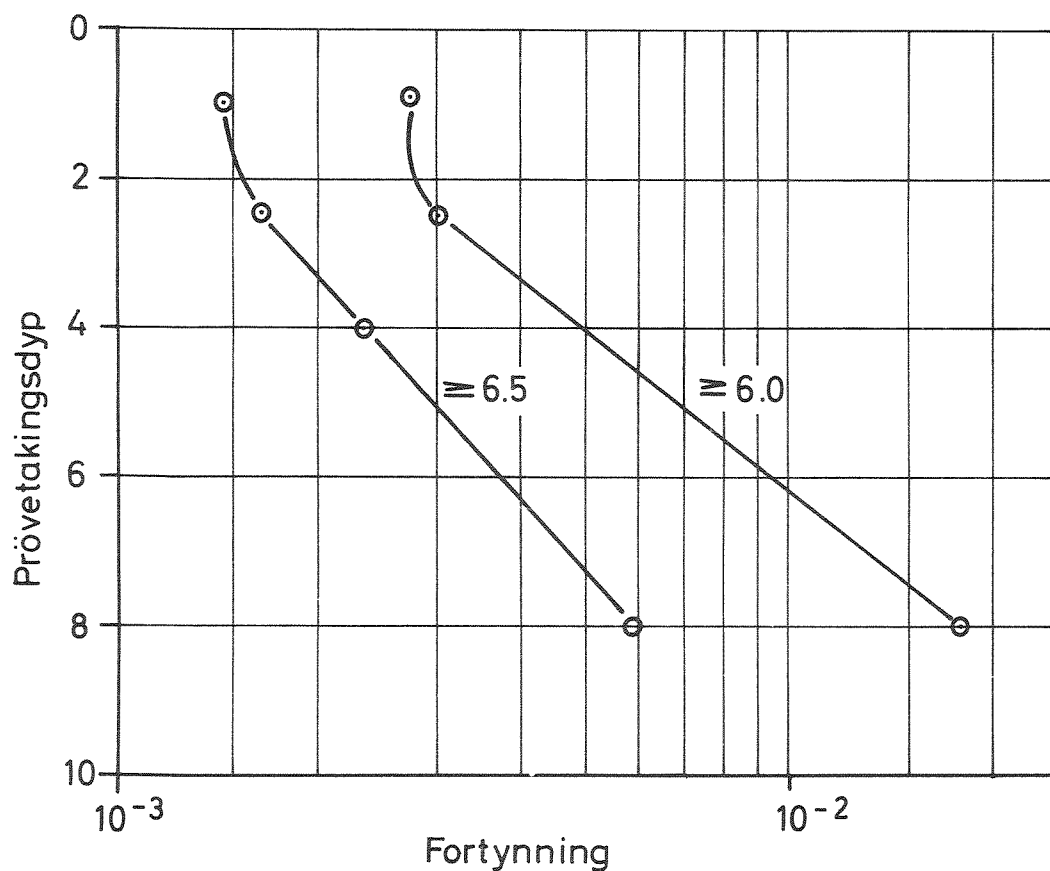


Fig. 6

Forhold mellom fortynning av avløpsvann i elvevann og turbiditet

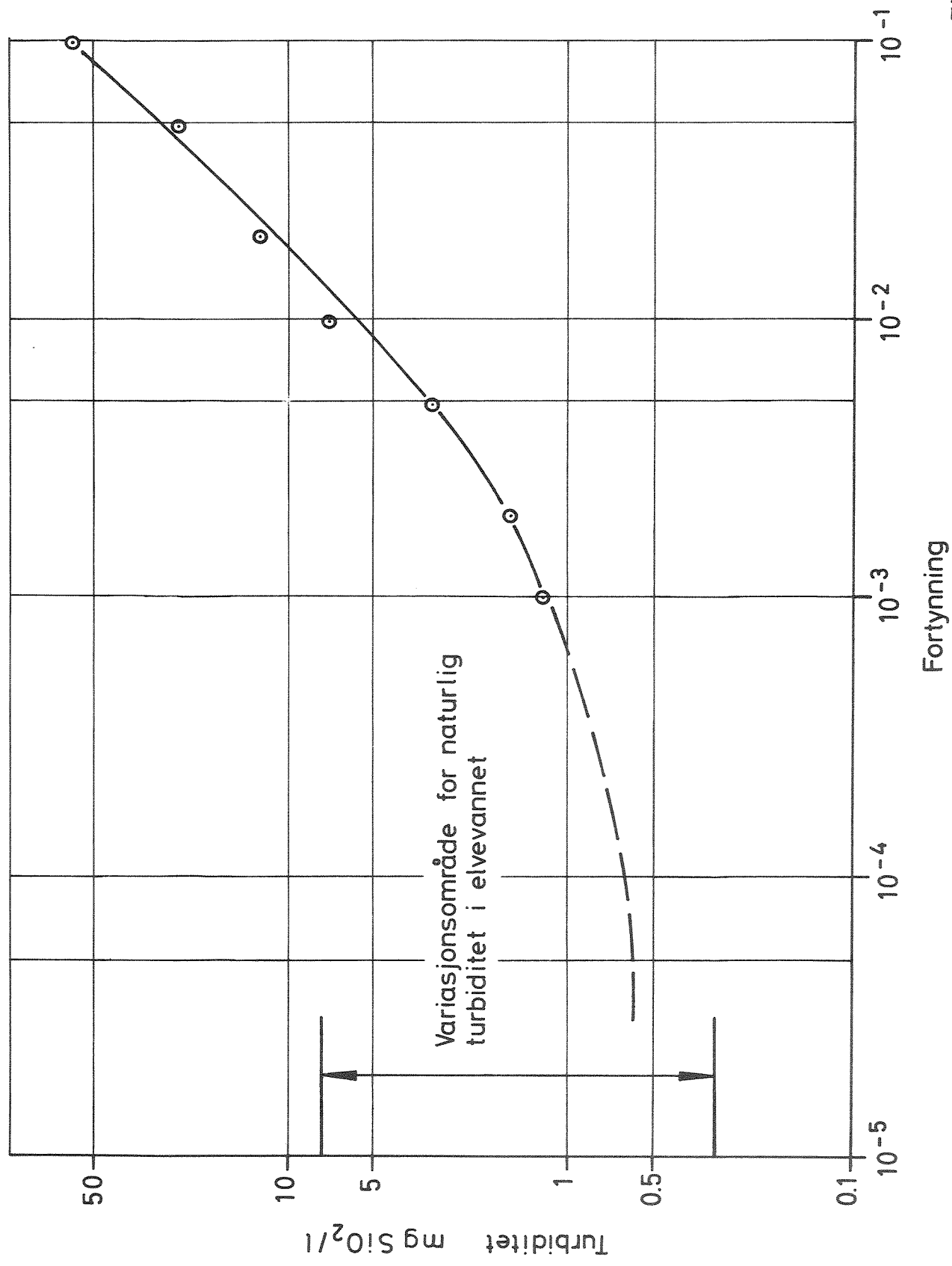


Fig.7

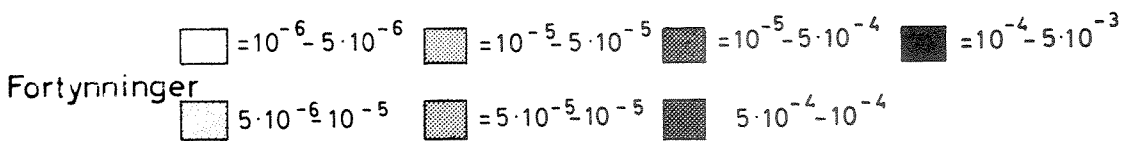
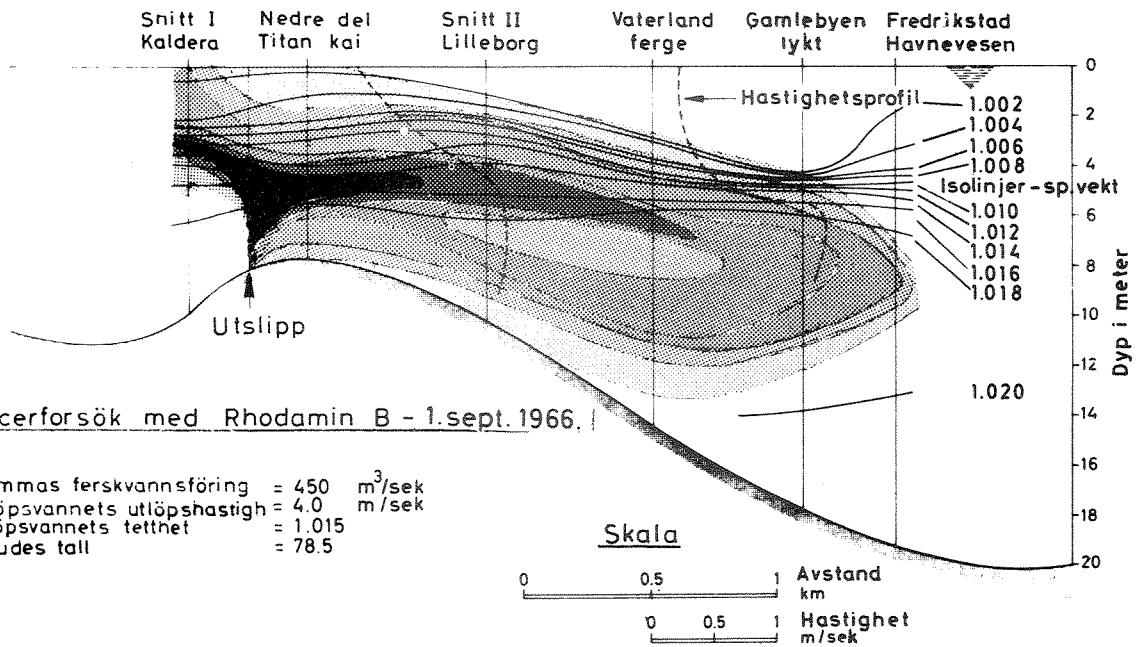
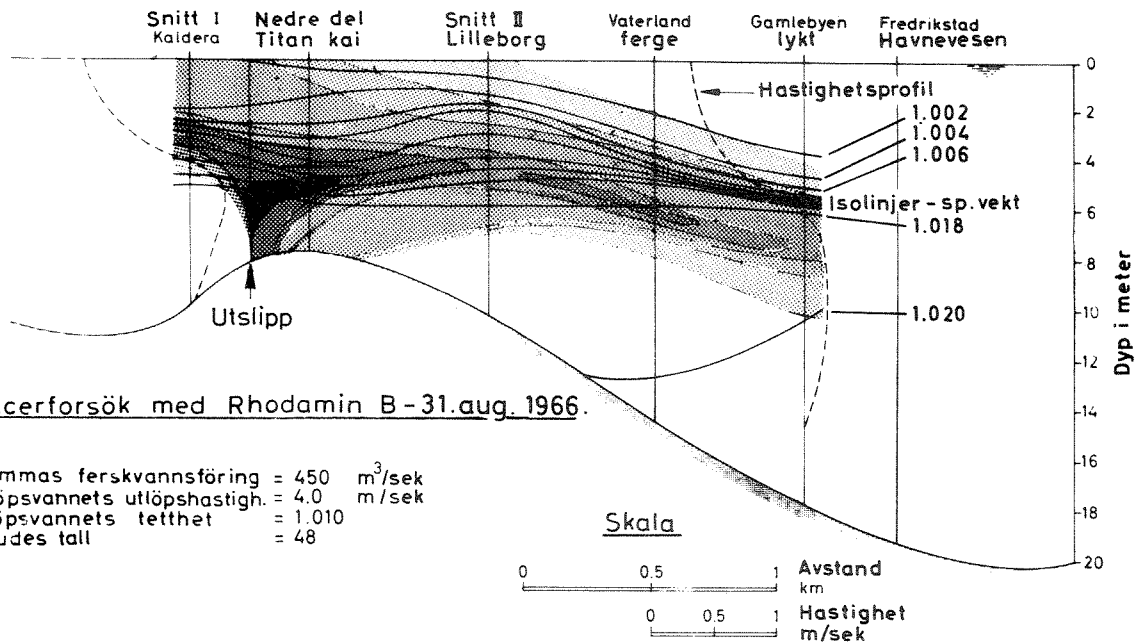
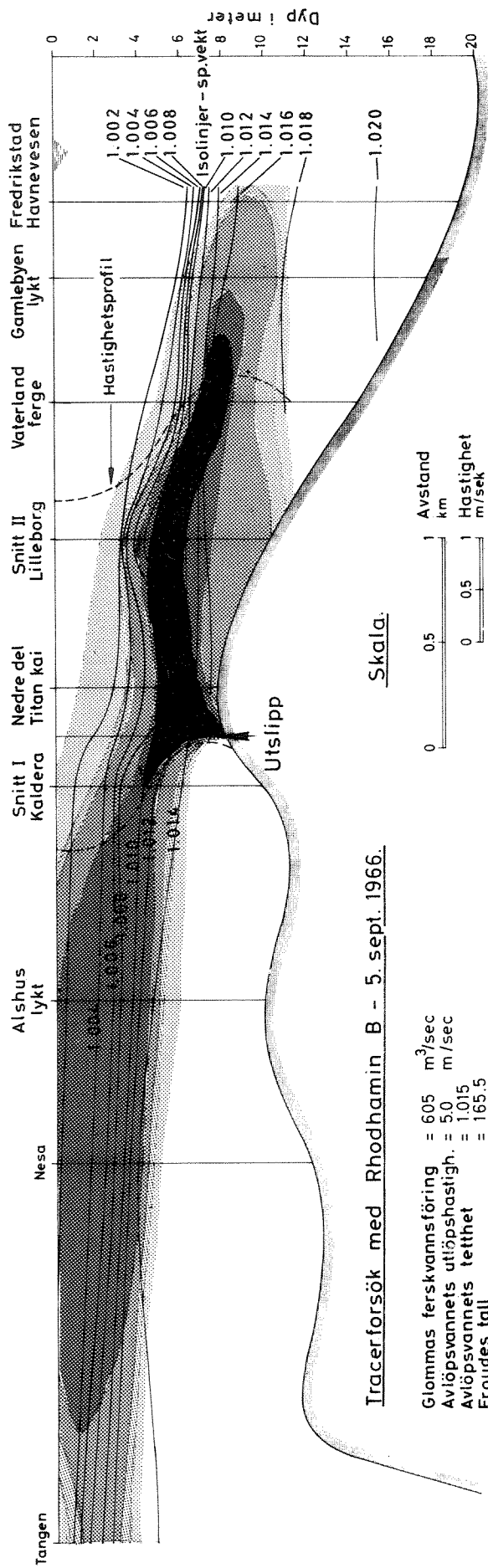


Fig. 8



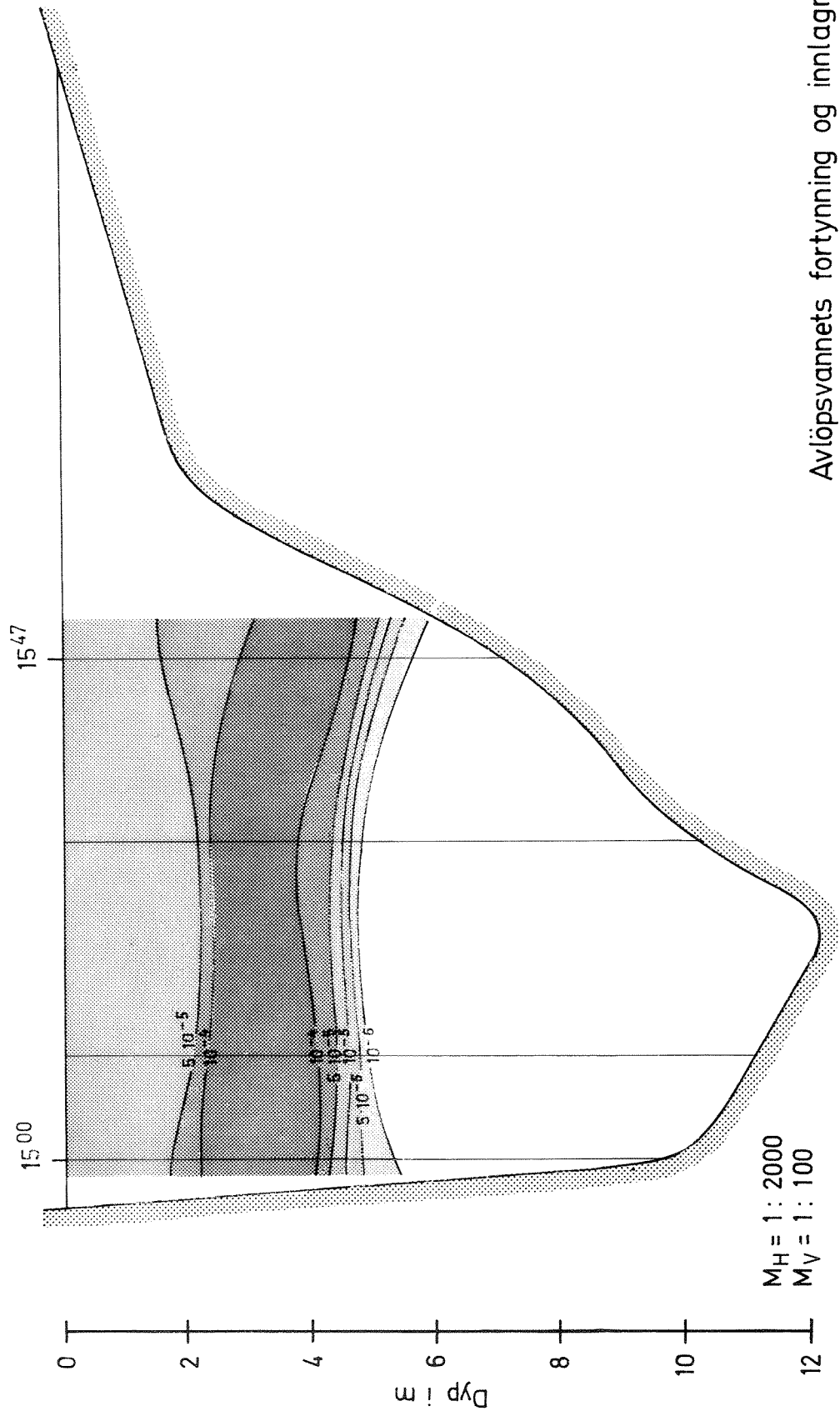
Tracerforsök med Rhodamin B - 5. sept. 1966.

Glommas ferskvannsföring = 605 m³/sec
 Avlöpsvannets utlöphastigh. = 50 m/sec
 Avlöpsvannets tetthet = 1.015
 Froudes tall = 165.5

- = 10^{-6} - $5 \cdot 10^{-6}$ = $5 \cdot 10^{-5}$ - 10^{-4}
- = $5 \cdot 10^{-6}$ - 10^{-5} = 10^{-4} - $5 \cdot 10^{-4}$
- = 10^{-5} - $5 \cdot 10^{-5}$

Fortynningar

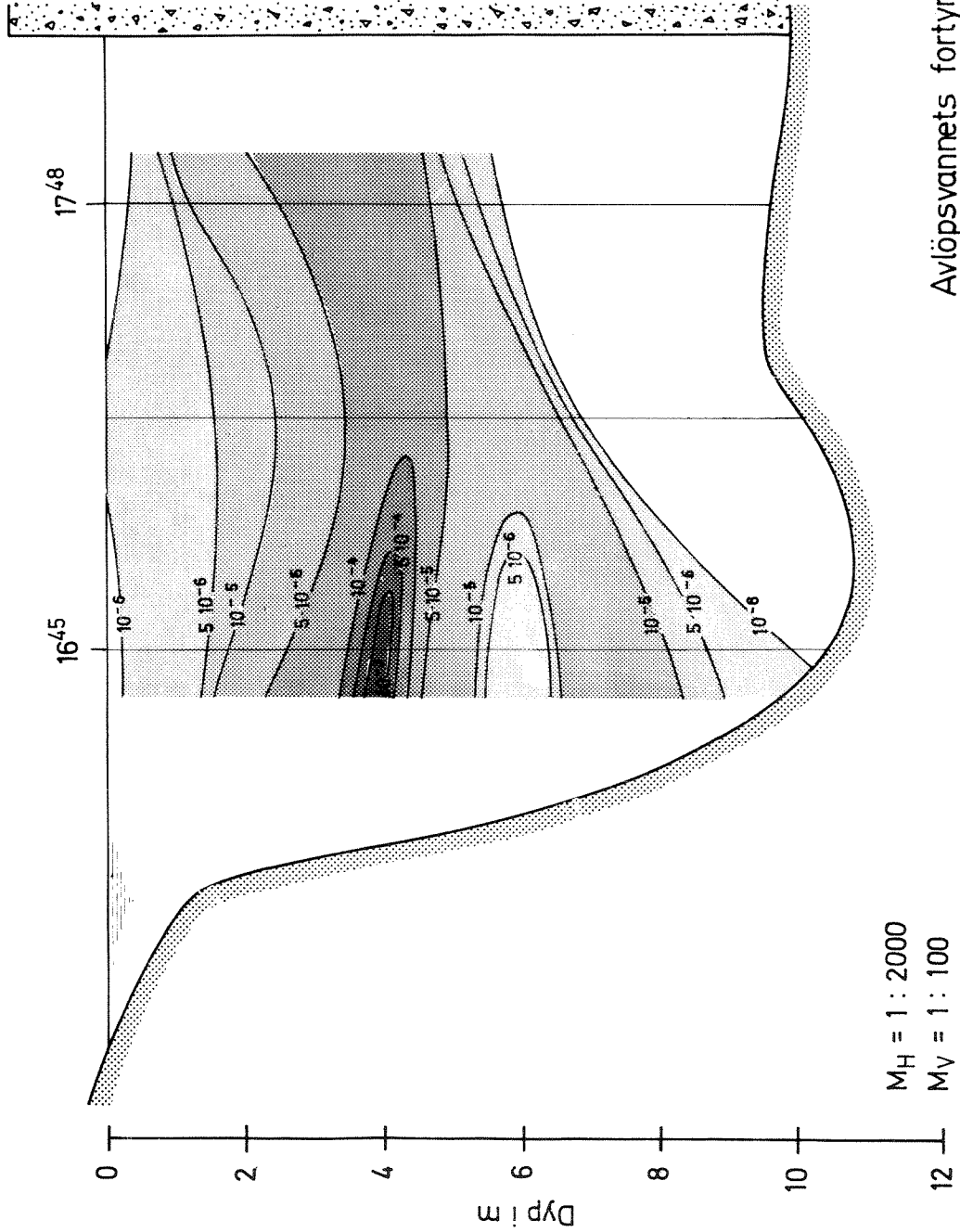
Fig. 9



$M_H = 1 : 2000$
 $M_V = 1 : 100$

Avløpsvannets fortynning og innlagring
 Snitt I - Kaldera Dato: 31/8

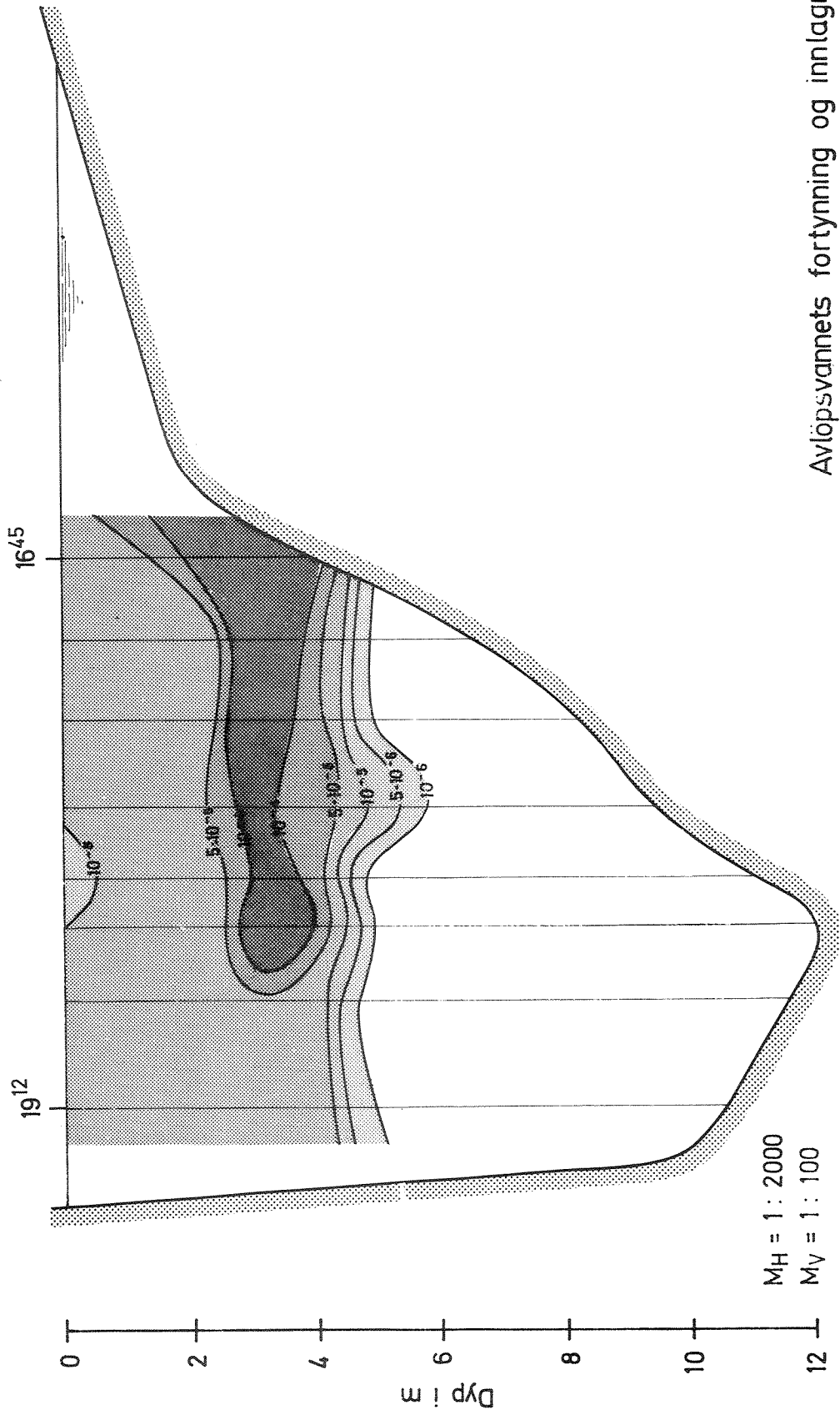
Fig.10



$M_H = 1 : 2000$
 $M_V = 1 : 100$

Avløpsvannets fortynning og innlagring
 Snitt II - Lilleborg Dato: 31/8

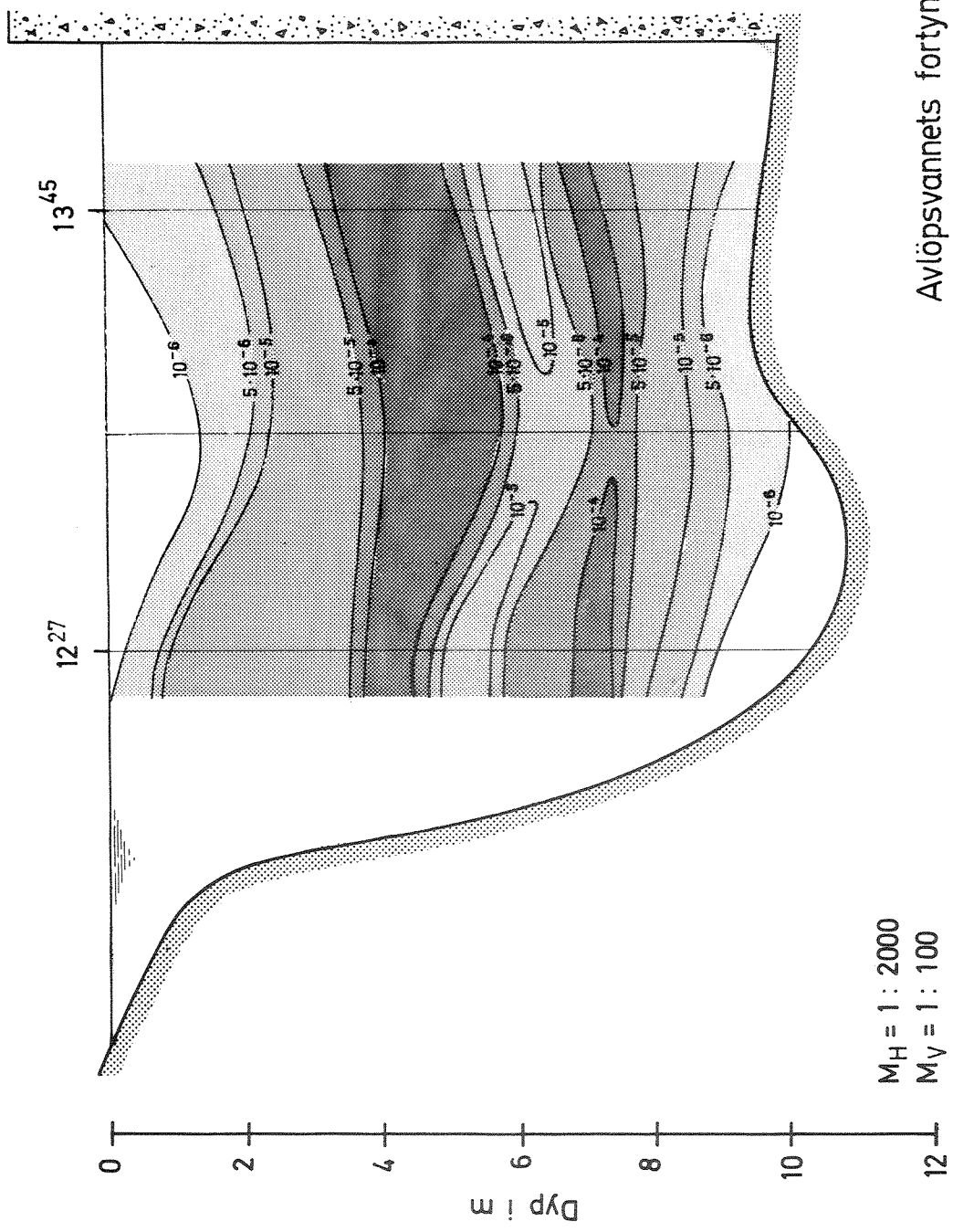
Fig.11



Avløpsvannets fortynning og innlagring

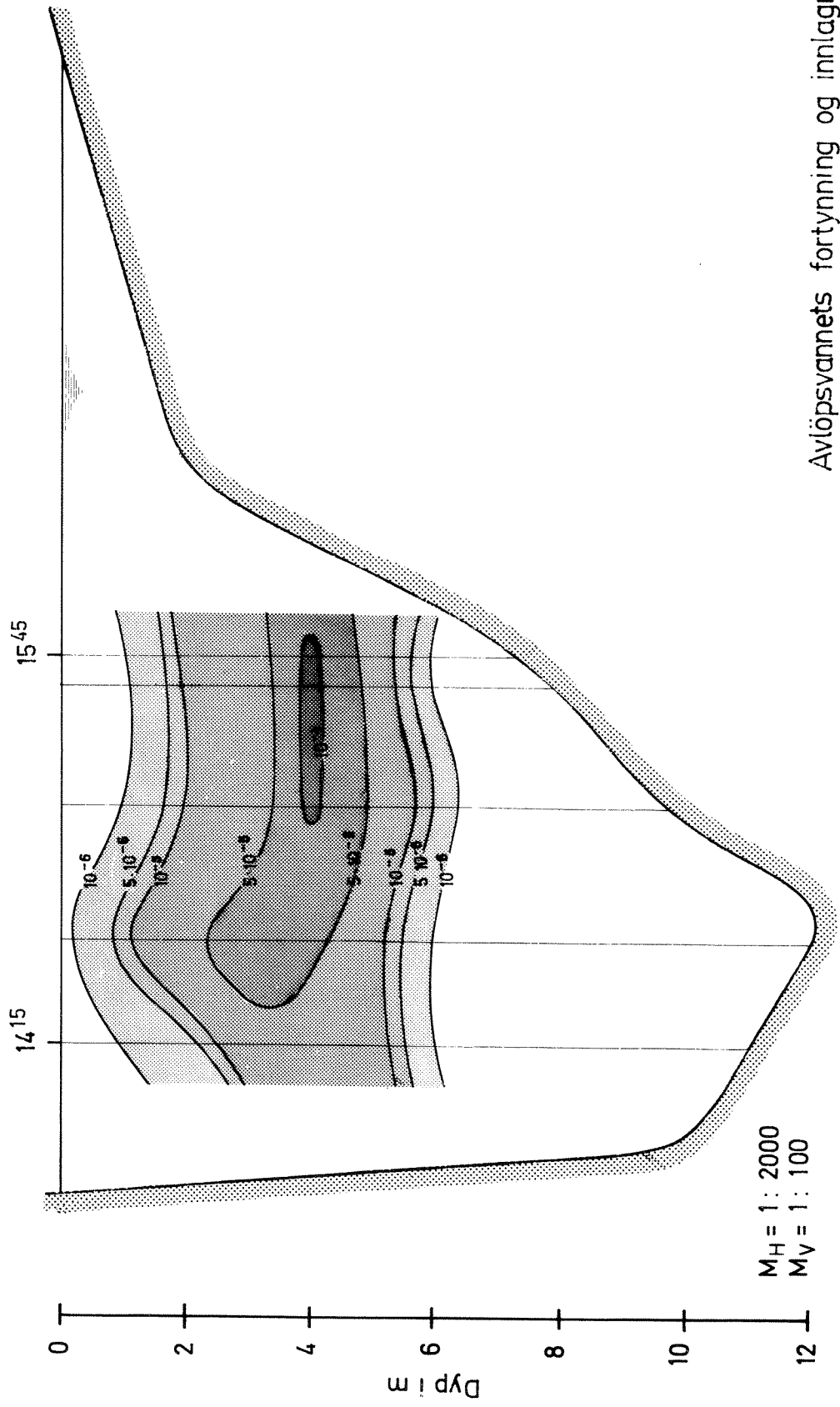
Snitt I — Kaldera Dato: 1/9

Fig.12



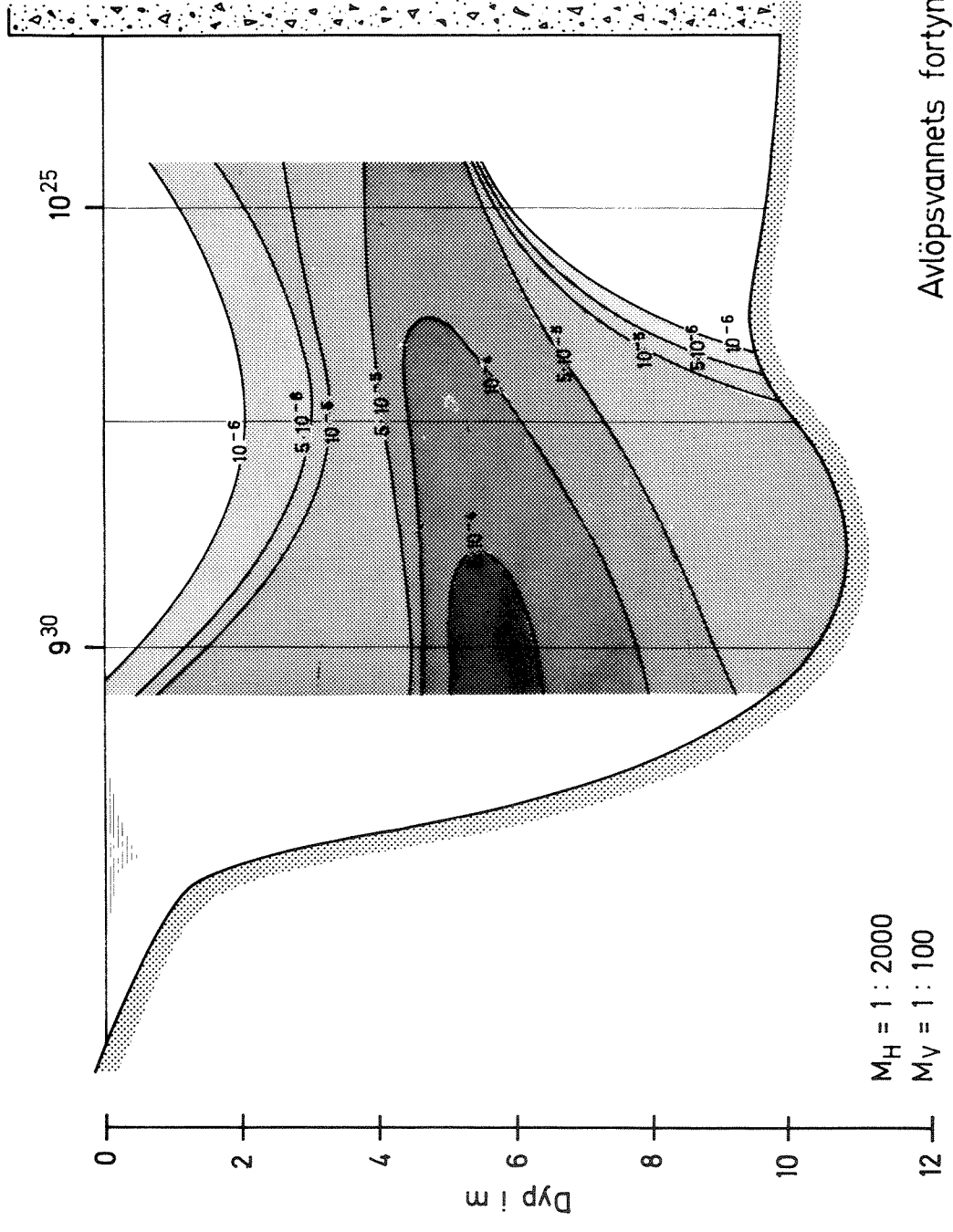
Avløpsvannets fortynning og innlagring
 Snitt II - Lilleborg
 Dato: 1/9

Fig. 13



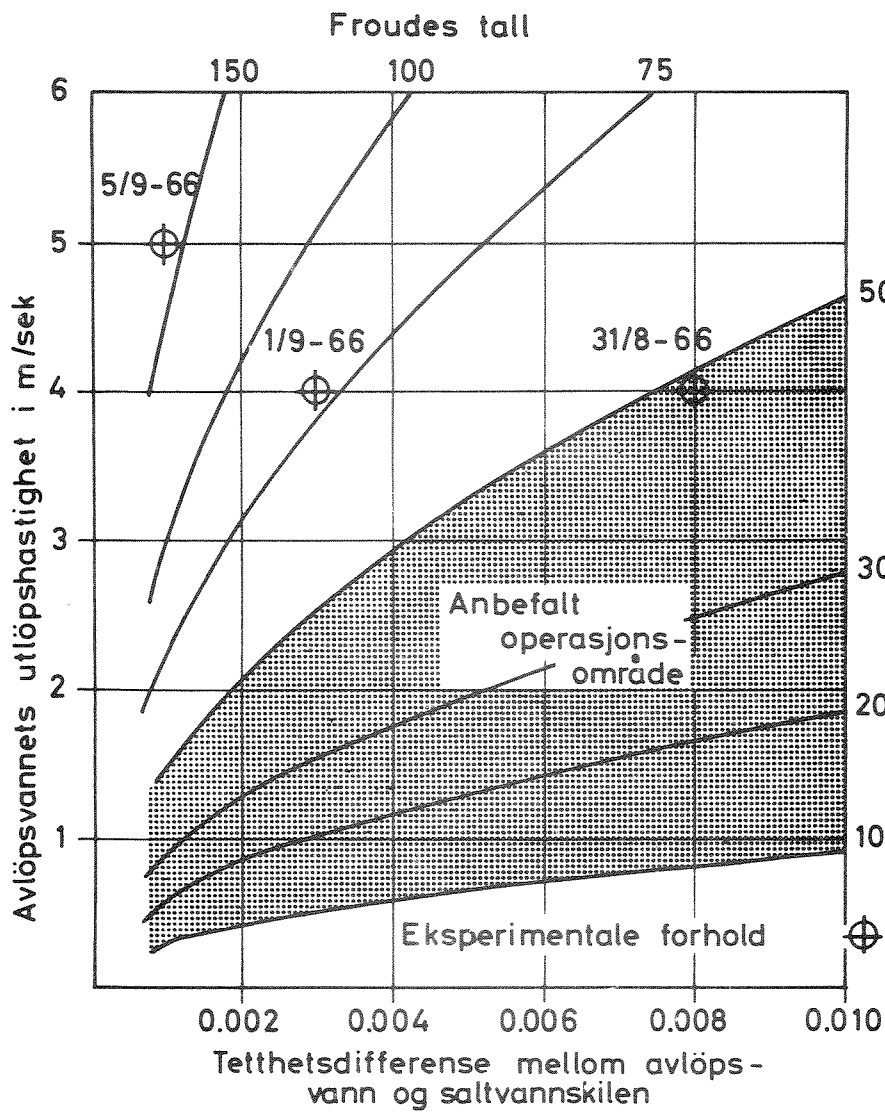
Avløpsvannets fortynning og innlagring
 Snitt I - Kaldera Dato : 5/9

Fig.14

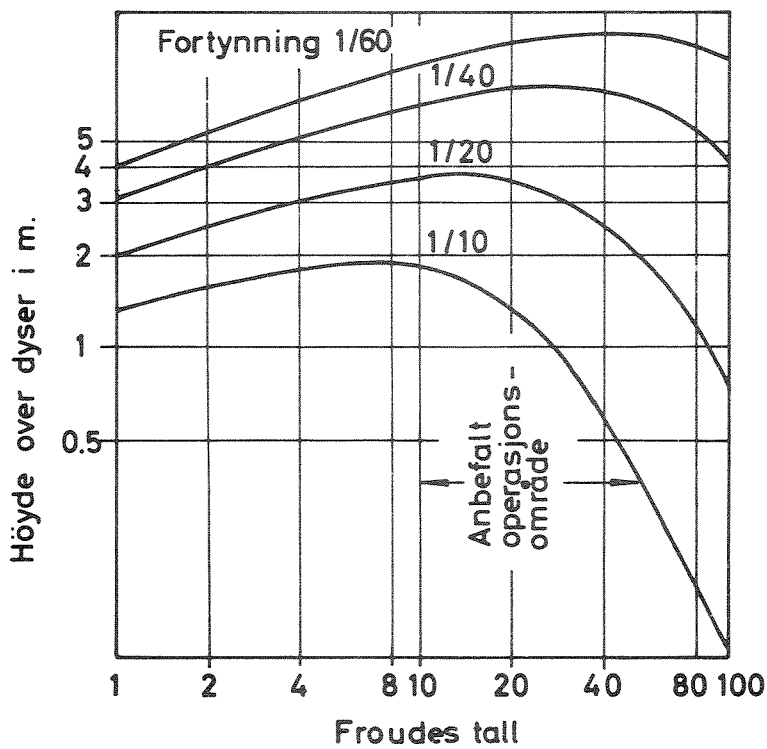


Avløpsvannets forfytning og innlagring
 Snitt II - Lilleborg Dato: 5/9

Fig. 15

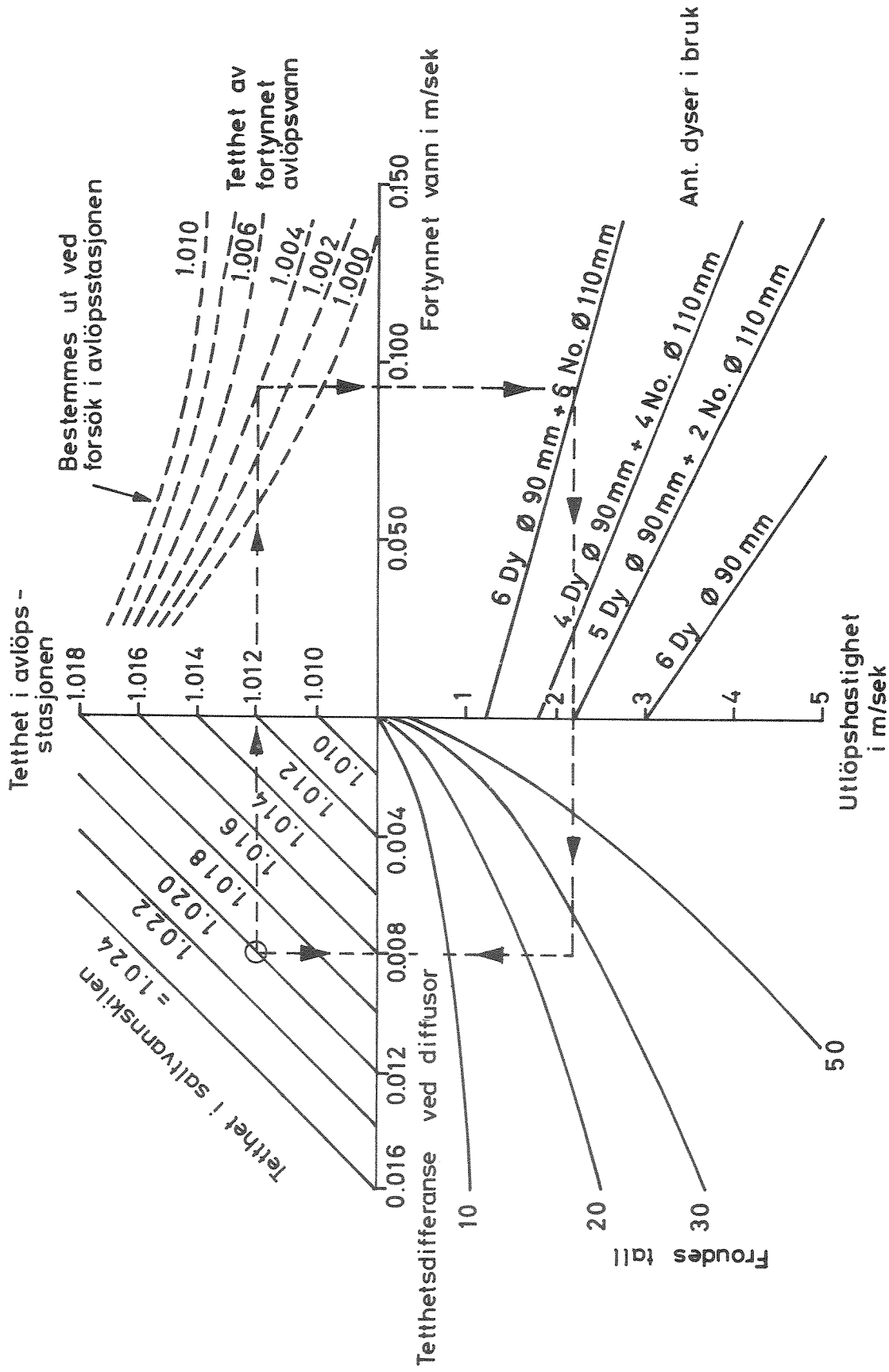


a)



b)

Fig.16



Nomogram for styring av avløpsstasjonen med diffusorarrangement.