

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

BLINDERN

O - 229.

Bestemmelse av utslipningssted og beregning av utslipningsanordning for utslipp av avløpsvann fra Titan Co. A/S., Fredrikstad, i Glommas nedre løp.

Saksbehandler: Siv.ing. P. Liseth.

Rapporten avsluttet mars 1965.

INNHALDSFORTEGNELSE:

	Side:
1. INNLEDNING	4
2. DYNAMISKE OG FYSISKE FORHOLD I RESIPIENTEN	4
3. AVLØPSVANNET	5
4. MÅLSETTING	6
5. BESTEMMELSE AV UTSLIPNINGSSTED	6
6. HYDRAULISK DIMENSJONERING AV UTSLIPPET	6
6.1. Forutsetninger	6
6.2. Dimensjonerende vannføring i Glomma	6
6.3. Avløpsvannets fortynning og bevegelse i utslipningsområdet	7
6.3.1. Fortynning og bevegelse i sjøvannssjiktet	7
6.3.2. Fortynning og bevegelse ved innlagring i brakkvannet	9
6.3.3. Valg av utstrømningshastighet, utstrømningsretning og antall dyser	10
6.4. Avløpsvannets fortynning og konsentrasjon utover i resipienten	10
6.5. Dimensjonering av avløpsledning og dyser samt bestemmelse av den innbyrdes avstand mellom dysene	11
7. FORSLAG TIL UTFORMNING AV UTSLIPNINGSARRANGEMENTET	12
8. SAMMENFATTENDE KONKLUSJON	14

FIGURFORTEGNELSE:

1. Midlere vannføring i Glomma ved st. 2.
2. Strømhastigheter målt i Glomma ved st. 2.
3. Tetthetsfordeling i Glomma ved st. 2.
4. Avløpsvannets stigehastighet i sjøvannssjiktet. Utstrømnings-  
hastighet 2 m/s.
5. Avløpsvannets stigehastighet i sjøvannssjiktet. Utstrømnings-  
hastighet 3 m/s.
6. Avløpsvannets stigehastighet i sjøvannssjiktet. Utstrømnings-  
hastighet 4 m/s.
7. Avløpsvannets fortynning i sjøvannssjiktet. Utstrømnings-  
hastighet 2 m/s.
8. Avløpsvannets fortynning i sjøvannssjiktet. Utstrømnings-  
hastighet 3 m/s.
9. Avløpsvannets fortynning i sjøvannssjiktet. Utstrømnings-  
hastighet 4 m/s.
10. Avløpsvannets stigehastighet og fortynning ved inntrengning i  
brakkvannssjiktet.
11. Beregnede grenseverdier for avløpsvannets stigehastighet og  
sjøvannsinnblanding ved gjennomtrengning til overflaten.
12. Avløpsvannets fortynning og konsentrasjon utover i resipienten.
13. Overlapping av avløpsstrålene fra de enkelte dyser.
14. Forslag til utslipningsarrangement for utslipp av avløpsvann  
fra Titan Co. A/S., Fredrikstad, i Glommas nedre løp.

## 1. INNLEDNING.

I forbindelse med planleggingen av en ny titandioksydfabrikk ved Titan Co. A/S., Fredrikstad, foretok Norsk institutt for vannforskning i 1960 en undersøkelse av Glommas nedre løp som resipient for industrielt avfallsvann. Resultatene fra denne undersøkelse er gitt i rapport fra NIVA 11. januar 1961, hvor det konkluderes med at avløpsvannet fra den nye titandioksydfabrikk ikke vil kunne volde skade eller ulempe i Glommas nedre løp såfremt avløpsvannet blandes inn i Glomma på en hensiktsmessig og effektiv måte.

Følgende rapport behandler bestemmelse av utslipningssted, hydraulisk dimensjonering av utslippet, samt et forslag til utforming av utslipningsarrangementet.

## 2. DYNAMISKE OG FYSISKE FORHOLD I RESIPIENTEN.

Avløpsvannet fra den nye titandioksydfabrikk skal føres ut i Glommas østre løp ved Titan Co. A/S., se figur 12. Glomma representerer her et typisk estuarområde, hvor ellevannet går over i fjordbassenget og ferskvann blandes opp med sjøvann. På grunn av sjøvannets relativt store tetthet, trenger dette opp langs elvebunnen og danner et saltholdig bunnvannssjikt.

Sjøvannets utstrekning oppover elvebunnen bestemmes vesentlig av Glommas vannføring. Ved mindre vannføringer vil sjøvannssjiktet kunne strekke seg helt opp til Sarpsborg og inn i Visterflo. Ved økende vannføring skyves sjøvannet utover og sjiktets tykkelse avtar. For vannføringer større enn  $900 - 1000 \text{ m}^3/\text{s}$ , klarer sjøvannet ikke å trenge opp i elven.

I overgangssonen mellom det utstrømmende ellevannet ved overflaten og sjøvannssjiktet i bunnen hersker en sterk turbulens. Denne turbulens bevirker en kontinuerlig innblanding av sjøvann i ellevannet, som raskt får karakter av brakkvann. I sjøvannssjiktet får vi en inngående kompensasjonsstrøm.

Figur 1 viser Glommas midlere månedlige vannføringer målt ved Langnes vannmerke i perioden 1950 - 59. Det fremgår av figuren at det bare unntaksvis er sjøvann å finne langs elvebunnen i sommermånedene mai, juni, juli og august. De mange reguleringer som er foretatt i vassdraget medfører en stor magasineringskapasitet som bevirker en utjevning av såvel daglige som månedlige vannføringsspisser. Den regulerte minstevannføring  $Q_{90}$  er ca.  $320 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Strømningshastigheten i Glomma bestemmes vesentlig av vannføringen. Ved store vannføringer med utstrømmende elvevann helt til bunnen, er hastigheten ved overflaten relativt liten, men holder seg tilnærmet konstant til bunnen. Ved mindre vannføringer er hastigheten størst ved overflaten og avtar til null ved overgangssonen til sjøvannssjiktet. I sjøvannssjiktet ved bunnen finner vi alltid en inngående strøm. Figur 2 viser karakteristiske hastighetskurver.

Vannets tetthet nedover i dypet er gitt ved saltholdighet og temperatur. Ved store vannføringer bestemmes tettheten av temperaturen. Ved mindre vannføringer med sjøvannssjikt i bunnen og brakkvann ved overflaten, er saltholdigheten utslagsgivende. Som tidligere nevnt er sjøvannsinnblandingens vesentlig bestemt av vannføringen. Tetthetsforholdene er derfor også indirekte en funksjon av vannføringen. Figur 3 viser karakteristiske tetthetskurver.

### 3. AVLØPSVANNET.

Fra Titan Co. A/S er følgende avløpstall oppgitt:

Mengde m <sup>3</sup> /døgn	10.000 (0,116 m <sup>3</sup> /s)
Sp. vekt (beregnet av NIVA)	1,016
pH	1,3 - 1,5
Temp. °C	ca. 30
% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,9
" FeSO <sub>4</sub>	1
" MgSO <sub>4</sub>	0,2
" TiO <sub>2</sub>	0,03
" faste stoffer	0,09

På grunn av avløpsvannets høye syreinnhold, etterstrebes en størst mulig innblanding av saltholdig bunnvann og deretter en effektiv innblanding i Glommas utgående hovedvannmasser.

Avløpsvannet må innen det når overflaten fortynnes og avfarges slik at det ikke forårsaker estetiske ulemper i resipienten.

Avløpsvannets innhold av ferrosulfat vil i resipienten bli oksydert til ferrisulfat, som danner fnokker av jernhydroksyd. Blir avløpsvannet ført oppover langs bunnen i den inngående sjøvannsstrømmen, vil vi få en sedimentering og oppsamling av jernhydroksydfnokkene i ovenforliggende basseng i elveløpet. Jernhydroksydfnokkene vil kunne danne betydelige sedimentmengder som ved store vannføringer i Glomma rives løs og blandes

inn i elvevannet i sterkt konsentrert form. Denne utspyling representerer en stor forurensningsfare i resipienten. For å sikre oss mot at avløpsvannet innlagres i sjøvannssjiktet, må avløpsvannet føres gjennom sjøvannssjiktet og opp i det utstrømmende brakkvann ved hjelp av en kinetisk energi, forårsaket ved utstrømningshastighet rettet oppover.

#### 4. MÅLSETTING.

Innlagring og effektiv fortykning av avløpsvannet i den nedre sone i Glommas utgående hovedvannmasser under maksimal innblanding av sjøvann.

#### 5. BESTEMMELSE AV UTSLIPNINGSSTED.

Avløpsvannet skal føres ut i elven fra et trykk-kammer ved sydlige ende av Titans kaianlegg. For å oppnå den mest hensiktsmessige innblanding i Glommas vannmasser, slippes avløpsvannet ut fra elvebunnen på 9 m dyp gjennom flere dyser. Utslipningsstedet bør ligge i Glommas hovedstrøm ca. 100 m rett ut for kaien. Den nøyaktige posisjon for utslippet kan først bestemmes etter en vurdering av elvebunnens topografi og geologiske forhold.

For feltmålinger i resipienten er st. 2 (se fig. 12) valgt til å representere utslipningsstedet.

#### 6. HYDRAULISK DIMENSJONERING AV UTSLIPPET.

##### 6.1. Forutsetninger.

Avløpsvannets mengde	0,116 m <sup>3</sup> /s
Avløpsvannets tetthet	1,016
Maks. vannstand i Glomma	+ 0,90 m
Maks. oppstuvningsnivå i avløpsvannets trykk-kammer på land	+ 2,00 m
Maks. trykkehøyde for føring av avløpsvannet ut i Glomma	1,10 m

##### 6.2. Dimensjonerende vannføring i Glomma.

Ved mindre vannføringer i Glomma strømmer som tidligere beskrevet elvevannet ut i et sjikt ved overflaten. Avløpsvannets utstrømningshastighet retning og antall dyser er her avgjørende for å oppnå en innlagring og videre fortykning i elvevannet. Faren for at avløpsvannet ikke vil nå tilstrekkelig opp i elvevannet, såvel som faren for at avløpsvannet trenger igjennom til overflaten, er større jo tynnere elvevannets overflatesjikt er.

Ved store vannføringer i Glomma med utstrømmende ellevann helt til bunnen, har vannføringen i seg selv en slik fortynningskapasitet at det ikke vil kunne oppstå skader i resipienten.

De små vannføringer representerer derfor de ugunstigste situasjoner. Som dimensjonerende vannføring i Glomma er valgt  $445 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### 6.3. Avløpsvannets fortykning og bevegelse i utslipningsområdet.

Avløpsvannets fortykning og bevegelse er en kompleks funksjon av mange parametere og kan kun tilnærmet beregnes. De viktigste parametere i resipienten er tetthet og strømforhold, som bevirker en deling av vannmassen i utslipningsområdet i to sjikt; et tungt, saltholdig sjøvannssjikt ved bunnen med relativt svak inngående strøm, og et brakkvannssjikt ved overflaten med sterk utgående strøm. Avløpsvannets bevegelse og fortykning vil være forskjellig i de to sjikt og skal derfor først behandles hver for seg.

6.3.1. Fortykning og bevegelse i sjøvannssjiktet. Avløpsvannets bevegelse fra bunnen opp gjennom sjøvannssjiktet skyldes en potensiell energi forårsaket ved oppdrift, og en kinetisk energi ved utstrømningshastighet rettet oppover. Under bevegelse har avløpsvannet et tap av energi til omgivelsen i form av friksjon og turbulensdannelse, som bevirker en fortykning og reduksjon av oppdrift og stigehastighet. Avgjørende for bevegelse og fortykning er avløpsvannets mengde, tetthet, utstrømningshastighet og retning, samt antall dysehull.

Avløpsvannets mengde og tetthet er gitt konstant. Utstrømningshastighet og retning kan varieres. For å sikre selvspyling av dysene, bør utstrømningshastigheten være større enn  $1,5 \text{ m/s}$ . Ved mindre hastigheter vil elvens massetransport kunne tette og dekke over dysene med slam, sand og stein. Avløpsvannets maksimale energihøyde begrenser hastigheten oppover til  $4,5 \text{ m/s}$ . Utstrømningsretning er for beregningene antatt vertikalt oppover. Antall dyser for utslipp vil kunne varieres, men bør av konstruktive og økonomiske grunner ikke være større enn 10.

For beregning av avløpsvannets bevegelse og fortykning i sjøvannssjiktet er følgende likninger benyttet:

Utstrømning i vann med samme tetthet:

$$\frac{V_m}{V_o} = 6,4 \frac{D}{y}, \quad \frac{C_m}{C_o} = 5,2 \frac{D}{y}$$

Utstrømning i vann med større tetthet (med oppdrift):

$$\frac{V_m}{V_o} = 3,65 F^{-2/3} \left(\frac{y}{D} + 2\right)^{-1/3}, \quad \frac{C_m}{C_o} = 9,7 \cdot F^{2/3} \left(\frac{y}{D} + 2\right)^{-5/3}.$$

$$\frac{C_m}{C_o} = \frac{Q_o}{Q_s} = \frac{\rho_s - \rho_m}{\rho_s - \rho_o}$$

hvor

$V_o$  = Avløpsvannets utstrømningshastighet.

$V_m$  = Avløpsvannets hastighet i sentrum av strålen i en høyde  $y$  over utslipningspunktet.

$C_o$  = Utstrømningskonsentrasjon.

$C_m$  = Avløpsvannets konsentrasjon i sentrum av strålen i en høyde  $y$  over utslipningspunktet.

$Q_o$  = Avløpsvannets utstrømningsmengde.

$Q_s$  = Fortynningsmengde med sjøvann i sentrum av avløpsstrålen.

$\rho_o$  = Avløpsvannets tetthet.

$\rho_s$  = Sjøvannssjiktets tetthet (se figur 3).

$\rho_m$  = Avløpsvannets tetthet i en høyde  $y$  over utslipningspunktet.

$$F = \frac{V_o}{\sqrt{\frac{\rho_s - \rho_o}{\rho_o} \cdot g \cdot D}} \quad \text{Frouds tall.}$$

$D$  = Utstrømningshullets diameter.

$y$  = Vertikal stigehøyde over utslipningspunktet.

Disse likninger er stilt opp for beregning av dypvannsutslipp i marine områder. De er fremkommet ved teoretiske studier, modellforsøk, og empirisk ved hjelp av eksisterende utslipp.

Vårt problem ligger i utkanten av likningenes gyldighetsområde, men de vil likevel kunne gi oss gode retningslinjer for dimensjonering av utslippet.



De beregnede verdier av avløpsvannets stigehastighet og fortynning som funksjon av utstrømningshastighet og antall dysehull, er tegnet inn på figurene 4 - 9. Alle beregninger er foretatt med den tidligere fastsatte dimensjonerende vannføring i Glomma  $445 \text{ m}^3/\text{s}$ . Fig. 10 viser avløpsvannets stigehastighet  $V_1$  og sjøvannsfortynning  $\frac{Q_s}{Q_0}$  ved inntrengning i brakkvannet.

6.3.2. Fortynning og bevegelse ved innlagring i brakkvannet. Etter å ha passert gjennom sjøvannssjiktet trenger avløpsvannet opp i det utstrømmende brakkvann. Avløpsvannets kinetiske energi må her alene gi den oppstrømmende bevegelse. Avløpsvannets større tetthet i forhold til omgivelsen vil sammen med energitap virke mot en inntrengning og bevegelse oppover.

Betrakter vi et volumelement i avløpsvannet under bevegelse kan vi sette opp følgende energilikning:

$$\Delta E_k = \int \Delta \rho \cdot dh + \Delta E_t$$

$\Delta E_k$  = Tap av kinetisk energi.

$\int \Delta \rho dh$  = Potensiell energi som følge av tetthetsdifferens.

$\Delta E_t$  = Avgivelse av energi til omgivelsen som følge av friksjon og turbulens.

$\Delta \rho$  = Tetthetsforskjell mellom avløpsvannet og brakkvannet.

Da avløpsvannet har en relativt rolig, oppadstigende bevegelse i brakkvannet, vil energitapet i form av friksjon og turbulens være lite, og tetthetsforskjellen  $\Delta \rho$  vil derfor vesentlig alene nedbryte den kinetiske energi.

En beregning av avløpsvannets bevegelse, fortynning og innlagring i brakkvannet er meget komplisert. Ved å benytte denne enkle energibetraktning vil vi imidlertid kunne beregne grenseverdier som sikrer oss mot gjennomtrengning til overflaten.

Ser vi bort fra energitap til omgivelsen og antar en reduksjon av såvel stigehastighet som tetthetsforskjell  $\Delta \rho$  til 0 ved overflaten, kan vi skrive energilikningen på følgende måte:

$$\frac{1}{2} m V_1^2 = \int_0^H \Delta \rho \cdot dh$$

$V_1$  = Avløpsvannets hastighet ved inntrengning i brakkvannssjiktet.

$\Delta\delta$  = Tetthetsforskjell.

H = Brakkvannets tykkelse.

Antar vi videre en lineær reduksjon av  $\Delta\delta$  som sammen med energitapet til omgivelsen vil gi oss en ekstra sikkerhet mot gjennomtrengning, får vi:

$$V_1 = \sqrt{\frac{g}{\delta} \cdot H \cdot \Delta\delta_1}$$

$V_1$  = Inntrengningshastighet.

$\Delta\delta_1$  = Tetthetsforskjell ved inntrengning.

Fig. 11 viser beregnede grenseverdier  $V_1$  for gjennomtrengning som funksjon av fortynning i sjøvannssjiktet  $\frac{Q_s}{Q_0}$ .

### 6.3.3. Valg av utstrømningshastighet, utstrømningsretning og antall dyser.

For å oppnå en fortynning og innlagring i den nedre sone i det utstrømmende brakkvann, må avløpsvannet ikke trenge for høyt opp i brakkvannet. På bakgrunn av fig. 11 er avløpsvannets inntrengningshastighet i brakkvannet valgt til 0,30 - 0,35 m/s. Fig. 10 gir oss da den optimale sjøvannsinnblanding ved en utstrømningshastighet 3 m/s i 10 dyser.

Den inngående strøm i sjøvannssjiktet vil trekke avløpsstrålen med og forlenge strålens vei innen denne når opp i brakkvannet. For å kompensere dette er utstrømningsretningen valgt til 30 grader ut fra vertikalen mot den inngående sjøvannsstrøm.

### 6.4. Avløpsvannets fortynning og konsentrasjon utover i resipienten.

For beregning av avløpsvannets videre fortynning under transport utover i resipienten er følgende empiriske formel benyttet:

$$F = 0,321 \cdot L^{0,76}$$

F = Fortynning i horisontalplanet.

L = Avstand fra utslipningsstedet.

Fortynning i sjøvannet  $\frac{Q_S}{Q_O} = 12$

Fortynning i brakkvannet  $\frac{Q}{Q_O} = 12 \cdot F.$

De beregnede verdier er tegnet inn i fig. 12.

6.5. Dimensjonering av avløpsledning og dyser samt bestemmelse av den innbyrdes avstand mellom dysene.

For føring av avløpsvannet ut til utslipningsstedet er valgt en rørledning med indre diameter 400 mm. Avløpsvannet får da en hastighet på 0,92 m/s som sikrer en selvspyling av ledningen. Ledningen legges under elvebunnen i en lengde av ca. 100 m fra land, og vil med en friksjonskoeffisient  $k = 100$  (Manning - Strichler) gi ca. 0,20 m i trykktap.

Avløpsvannet strømmer videre gjennom et utslipningsarrangement og ut i 10 like dyser. Avløpsvannets mengde pr. dyse vil være  $0,0116 \text{ m}^3/\text{s}$  som med en utstrømningshastighet 3 m/s og en kontraksjonskoeffisient i dysen = 1 gir dysediameter 70 mm.

For å oppnå en utstrømningshastighet på 3 m/s er en energihøyde på 0,46 m nødvendig. Avløpsvannets totale oppstuvning i trykk-kammer på land blir da:

Kinetisk trykkehøyde:	0,46 m
Trykktap i utslipningsarrangement:	$\Delta h$ "
Trykktap i avløpsledning:	<u>0,20 "</u>
	<u>0,66 m + <math>\Delta h</math></u>

$\Delta h$  vil variere med den konstruktive utforming av utslipningsarrangementet og være av størrelsesorden 0,20 - 0,40 m.

Under avløpsvannets bevegelse oppover i sjøvannssjiktet, utvider avløpsstrålene seg på grunn av sjøvannsinnblanding, se fig. 13. Antar vi en spredningsvinkel  $\alpha = 30^\circ$  og halv overlapping av avløpsstrålene fra de enkelte dysene ved inntrengning i brakkvannet, blir minste avstand mellom dysene  $\Delta s$ :

$$\Delta s = y \cdot \text{tg} \frac{\alpha}{2} = 4,5 \cdot 0,2679 = 1,21.$$

Velger  $\Delta s = 1,5 \text{ m}.$

7. FORSLAG TIL UTFORMNING AV UTSLIPNINGSARRANGEMENTET.

Utslipningsarrangementet består av et fordelingsrør (diffusor), utstrømningsdyser og en fundamenteringsanordning, ( i prinsipp vist på fig. 14.)

Avløpsvannet fordeles til de enkelte dyser gjennom hull i fordelingsrørets vegg. For å oppnå en lik fordeling til alle dyser, må forholdet mellom diameter i fordelingsrøret og diameter i fordelingsrørets veggåpning være større enn 4. Likeledes bør hastigheten i fordelingsrøret være så liten som mulig for å gi utstrømningen i sidehullene en liten kontraksjon.

Skal vi ha en selvspyling av fordelingsrøret, må avløpsvannets hastighet være større enn 0,6 m/s, hvilket betyr at fordelingsrørets diameter må reduseres fra 400 mm ved første hull til 150 mm ved siste hull. Dette lar seg ikke forene med ovenfor nevnte betingelser, og følgelig må det søkes en løsning som tillater en sedimentasjon i fordelingsrøret.

Ved å velge hullåpningene i fordelingsrørets vegg langs bunnen, vil den lokale hastighetsøkning ved utstrømning til dysene bevirke en kontinuerlig spyling og vekktransport av sedimentert materiale. Det anbefales derfor en indre diameter i fordelingsrøret på 700 mm med en avtrapning til 400 mm mellom 6. og 7. dyseåpning. Alle utløpshullene til dysene bør ligge i fordelingsrørets bunn.

Avløpsvannets utstrømningsretning er valgt rettet oppover i en vinkel av  $30^{\circ}$  ut fra vortikalen på diffusorens oppstrømside. Dette krever en kortere rørledning fra fordelingsrørets åpning i bunnen opp til dysen.

Det må legges vekt på en hydraulisk god utformning av fordelingsrøret, hullåpningene i bunnen med utløpsrør til dysene og ikke minst dysene selv.

Fundamenteringen av utslipningsarrangementet må bygge på en grundig vurdering av elvebunnens geologi, mulige belastningstilfeller, beskyttelse mot elvevannets bevegelse, og ikke minst de mange bygningsmessige problemer. Vårt forslag er tenkt som et grunnlag for videre vurdering av teknisk konsulent.

Det antas at fordelingsrøret og dyser delvis må støpes inn i betong og senkes ned i elvebunnen, slik at kun dysene stikker frem. Utslipnings-

arrangementet vil da være beskyttet mot vannets bevegelse og transport av sand og stein langs bunnen. Den relativt store utstrømningshastighet vil holde dysene rene ved en massetransport med avlagring i utslipningsområdet. For å sikre arrangementet mot erosjon i elvebunnen, bør betongklossene forankres med peler og elvebunnen fikseres med blokkfylling ovenfor og nedenfor.

Fordelingsrøret er tenkt fundamentert ved hjelp av 5 betongblokker, hver med 2 innstøpte dyseutløp. Betongblokkene støpes ferdig på land og plasseres på peler i bunnen. Betongblokkene forbindes så med rørstykker som danner et elastisk og føyelig ledd i fordelingsrøret. Ved å øke avstanden mellom blokkene vil rørforbindelsen lettere kunne tilpasses.

Avgjørende for valg av rørmateriale er avløpsvannets høye syreinnhold. Det anbefales kunststoffrør, trerør eller syrefaste stålrør. Ved den store utstrømningshastighet i dysene, vil avløpsvannets innhold av hårde mineralkorn kunne ha en betydelig slipende effekt. Dysene bør derfor lages i syrefast stål. Av hensyn til en spyling av utslippet må dypvannsledning, fordelingsrør og dyser dimensjoneres for å tåle en større hastighet i en kortere spyleperiode enn ved normal drift.

Avløpsvannets trykk-kammer på land bør utformes og dimensjoneres for å kunne tjene som et oppsamlingsmagasin for spyling av utslippet. Spylingen foretas ved middels eller lavere vannstand i Glomma. Spylingen er tenkt gjennomført ved at man sperrer utslippet i Glomma og lar avløpsvannet fylle opp trykk-kammeret til maks. oppstuvningsnivå + 2 m. Etter å ha fjernet fordelingsrørets endelukk, slippes det oppsamlede avløpsvann ut gjennom fordelingsrøret. Vi får en maksimal utstrømningshastighet på ca. 6 m/s med en stor spylehastighet i dypvannsledning og fordelingsrør. Den oppsamlede avløpsmengde i trykk-kammeret må være tilstrekkelig til å gi en gjennomspyling av utslippet i flere minutter. Spylingen av fordelingsrøret bør gjentas flere ganger. Etter å ha lukket fordelingsrøret i enden, bør dysene spyles på tilsvarende måte.

Avløpsvannets trykk-kammer på land bør videre kunne tjene som sedimenteringsbasseng for større partikler som er uønsket i utslippet.

Som det fremgår i rapporten er en eksakt beregning av avløpsvannets bevegelse, fortynning og innlagring ikke mulig. Beregningene bygger på en rekke antakelser som gir dimensjoneringen av utslippet en viss usikkerhet. Den konstruktive utformning av utslipningsarrangementet

bør derfor gi mulighet for enkelt å bytte ut dysene og derved justere dysediameter og utstrømningshastighet. Ved senere forandring av avløpsmengden bør det være mulig å redusere, eventuelt øke dyseantallet ved en utvidelse av fordelingsrøret.

## 8. SAMMENFATTENDE KONKLUSJON.

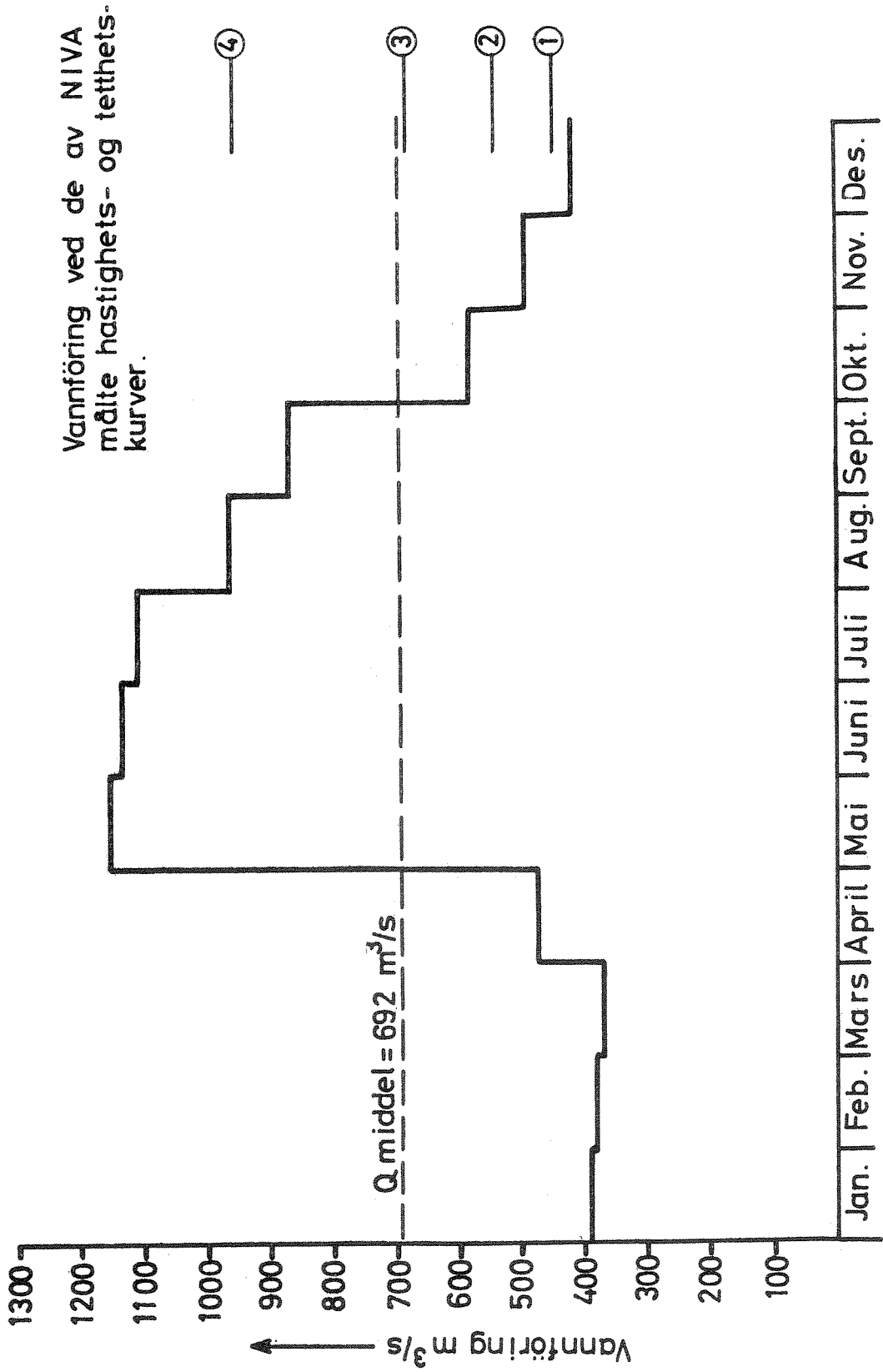
1. En hensiktsmessig innlagring og fortynning i resipienten kan oppnåes ved at avløpsvannet slippes ut fra elvebunnen i Glommas hovedstrøm. Utslipningsstedet blir på 9 m dyp og bør være ca. 100 m ut for den sydlige ende av Titans kaianlegg.

2. Utslipningsanordningen bør konstrueres etter følgende data:

Avløpsvannet strømmer ut med en hastighet på 3 m/s gjennom 10 like dyser. Dysene har en utstrømningsdiameter på 70 mm og er rettet oppover med  $30^{\circ}$  avbøyning mot syd. De er plassert på tvers av elveløpet med en minste innbyrdes avstand på 1,5 m.

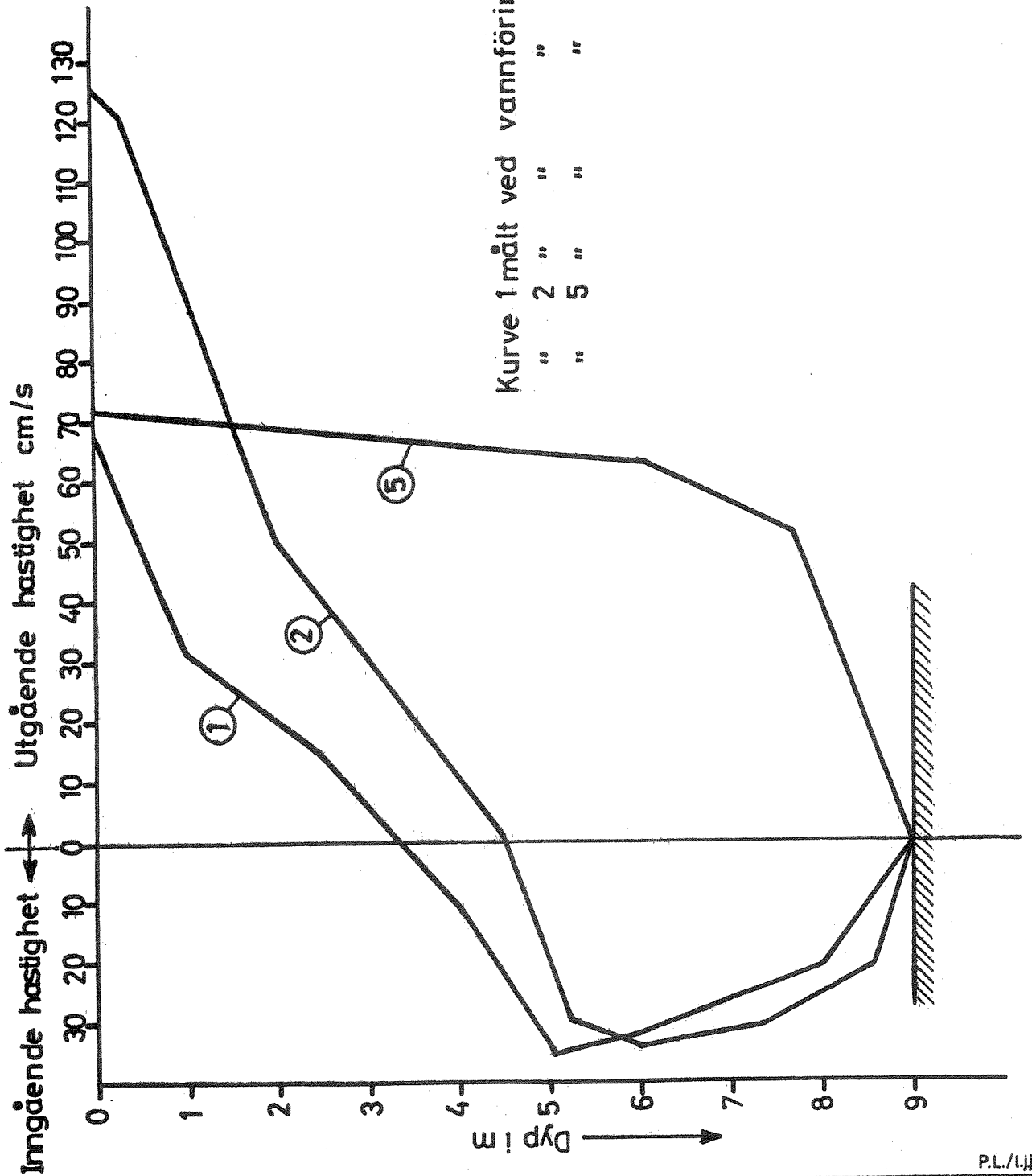
Avløpsvannet føres ut til utslipningsstedet i en 400 mm rørledning under elvebunnen, og fordeles til dysene gjennom et fordelingsrør. Fordelingsrøret har en indre diameter 700 mm som avtrappes til 400 mm mellom sjette og syvende dyse. For å hindre at en sedimentering skal tette igjen og redusere fordelingsrørets kapasitet, skjer utløpet til dysene gjennom hull i fordelingsrørets bunn.

Det antas at fordelingsrøret og dyser delvis må støpes inn i betong og senkes ned i elvebunnen for å beskytte mot vannets bevegelse og annen mekanisk påkjenning som kan forekomme.



Midlere månedlig vannføring basert på målinger ved Langnes vannmerke i perioden 1950-59

P.L./l.j.



P.L./L.H.

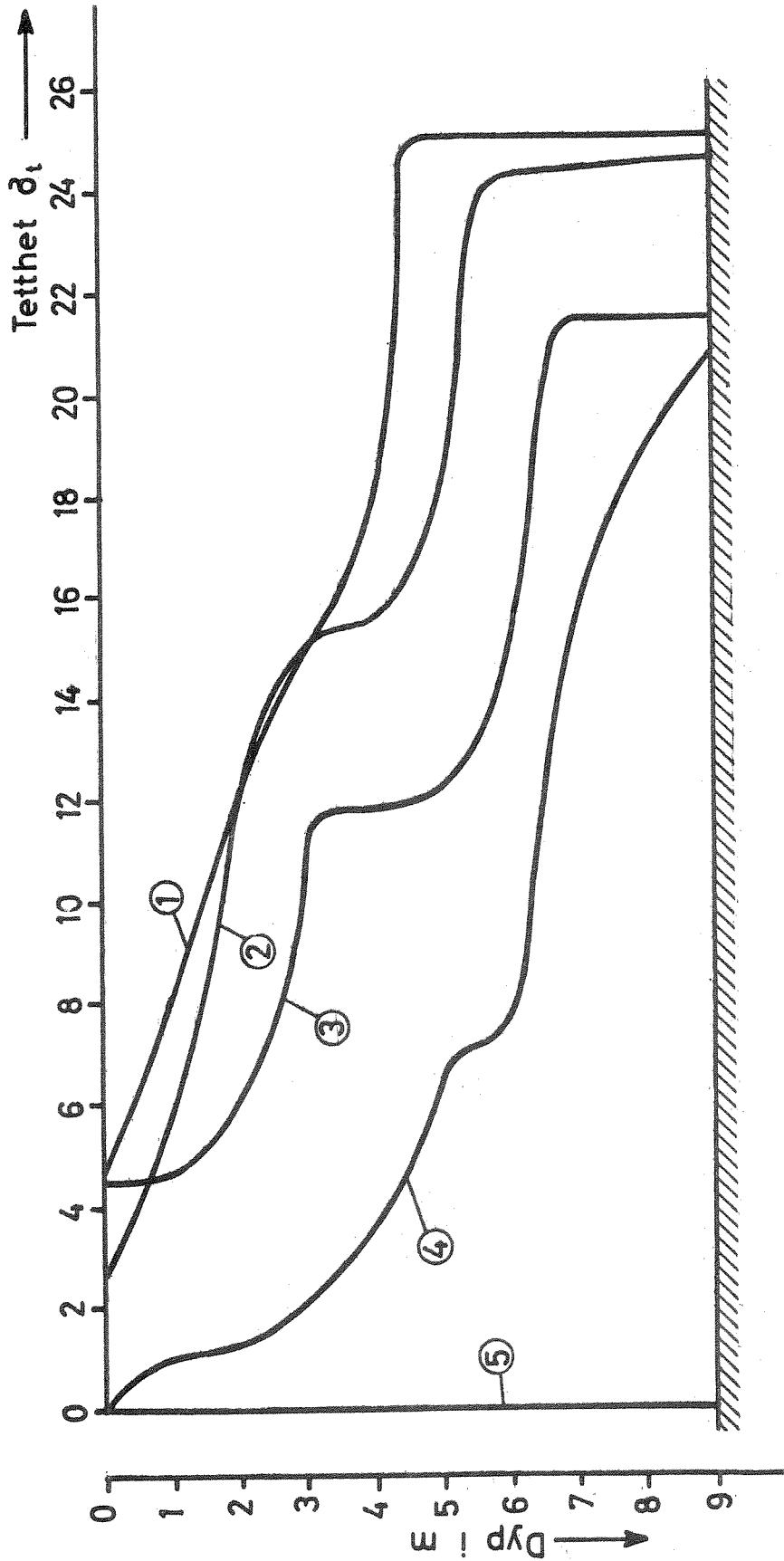
NORSK INSTITUTT FOR  
VANNFORSKNING  
BLINDERN

Strömhastigheter målt  
i Glomma ved st. 2.

Fig. 2

0-229 4601



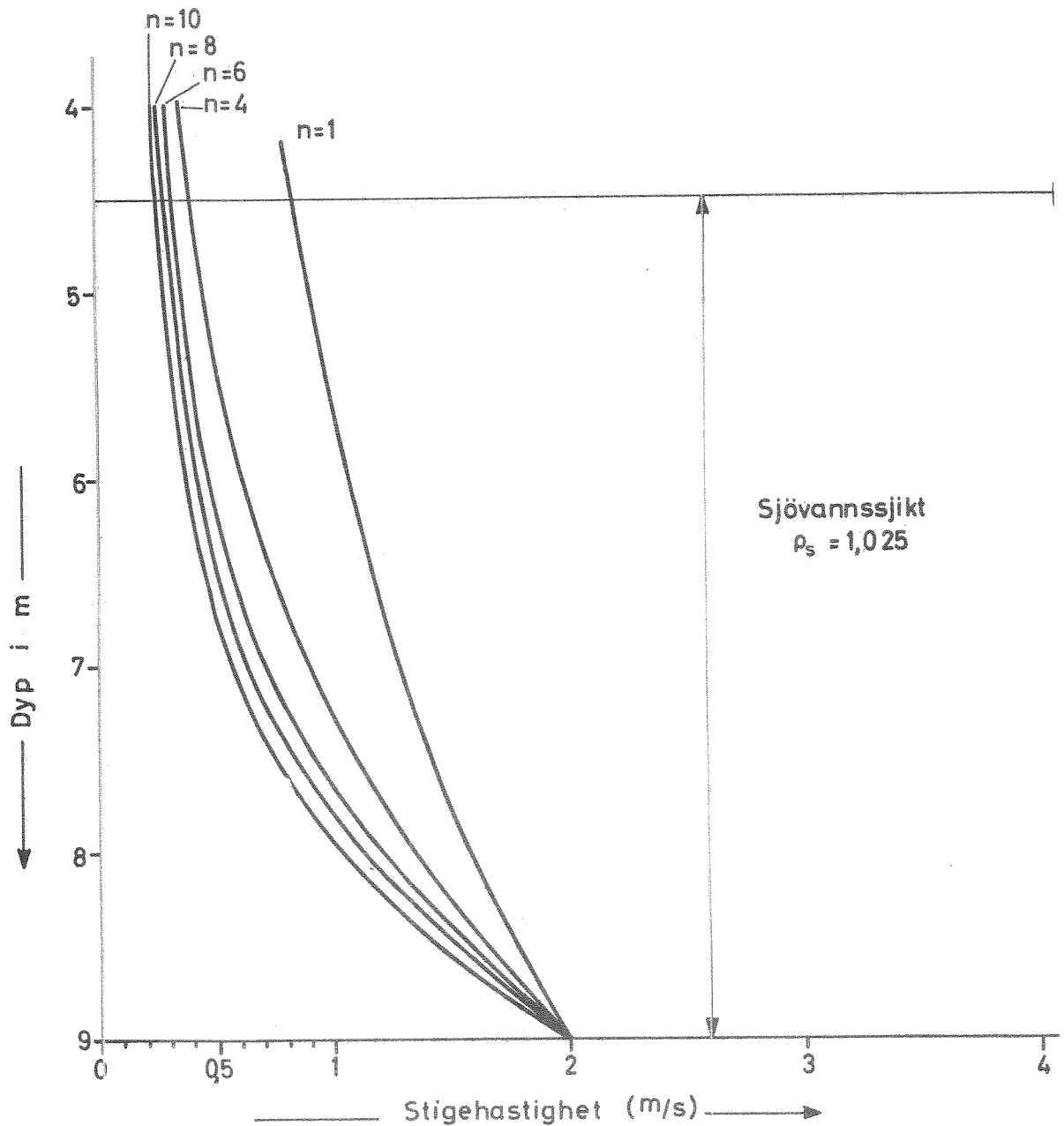


Kurve	1	målt ved	vannføring	445 m <sup>3</sup> /s (26-1-65)
"	2	"	"	540 m <sup>3</sup> /s (10-11-60)
"	3	"	"	674 m <sup>3</sup> /s (7-9-60)
"	4	"	"	950 m <sup>3</sup> /s (10-8-60)
"	5	"	"	1725 m <sup>3</sup> /s (21-10-64)

R.L./L.J.

# Avløpsvannets stigehastighet i sjö vannssjiktet ved utslipp gjennom n dyser rettet vertikalt oppover

Avløpsvannets utstrømningshastighet  $V_0 = 2,0 \text{ m/s}$   
 " " tetthet  $\rho_1 = 1,016$   
 " " mengde  $Q = 0,116 \text{ m}^3/\text{s}$   
 Glommas vannføring  $445,0 \text{ m}^3/\text{s}$



PL/4j

NORSK INSTITUTT FOR  
 VANNFORSKNING  
 BLINDERN

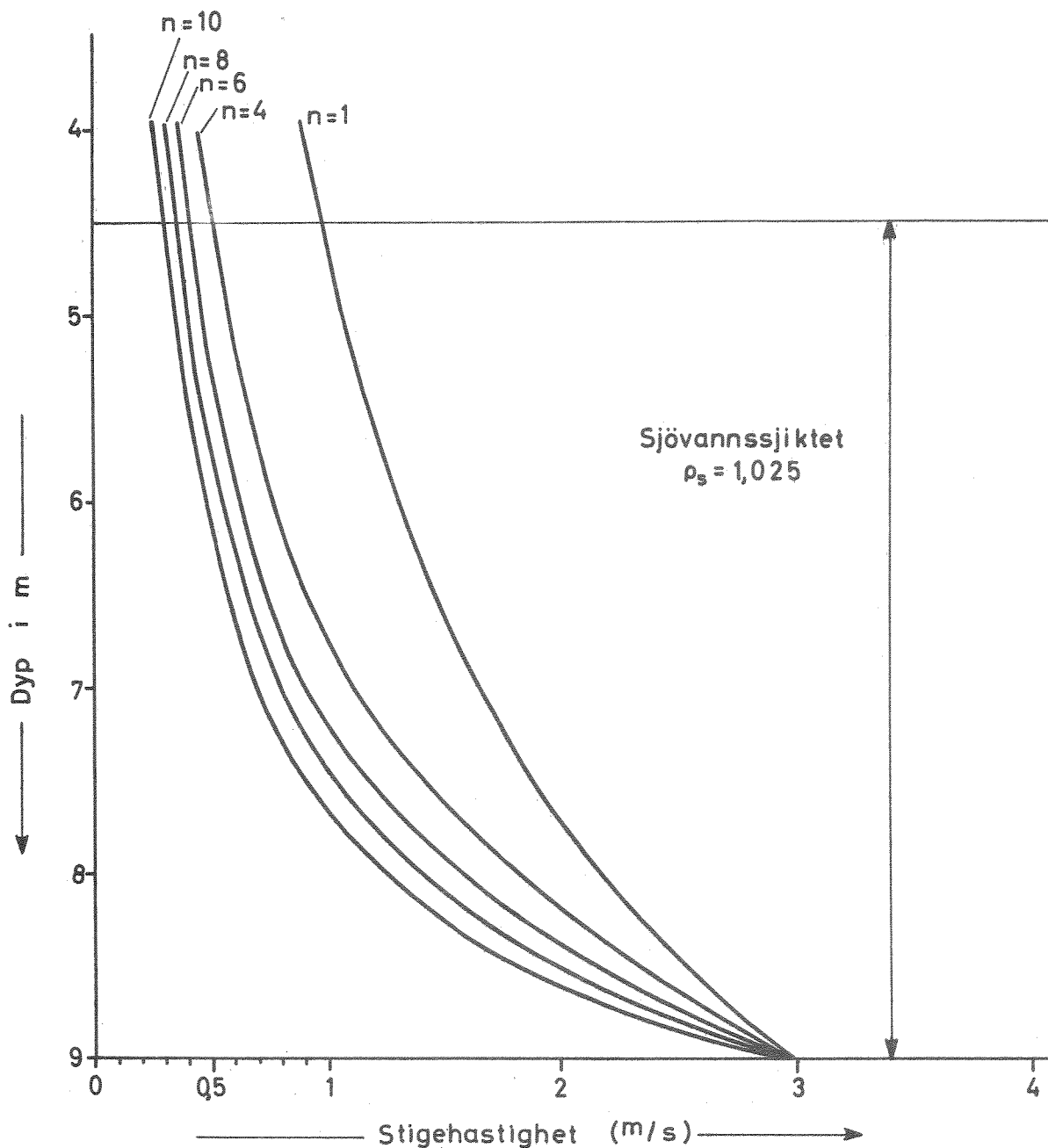
Avløpsvannets stigehastighet  
 i sjö vannssjiktet.  
 Utstrømningshastighet 2m/s.

M. Fig. 4

O-229 3237

Avløpsvannets stigehastighet i sjövaningssjiktet ved utlipp gjennom n dyser rettet vertikalt oppover.

Avløpsvannets utstrømningshastighet  $V_0 = 3,0 \text{ m/s}$   
 " " tetthet  $\rho_t = 1,016$   
 " " mengde  $Q = 0,116 \text{ m}^3/\text{s}$   
 Glommas vannføring  $445,0 \text{ m}^3/\text{s}$



PL./I./j.

NORSK INSTITUTT FOR  
 VANNFORSKNING  
 BLINDERN

Avløpsvannets stigehastighet  
 i sjövaningssjiktet.  
 Utstrømningshastighet 3m/s.

M. Fig. 5

0-229 3236

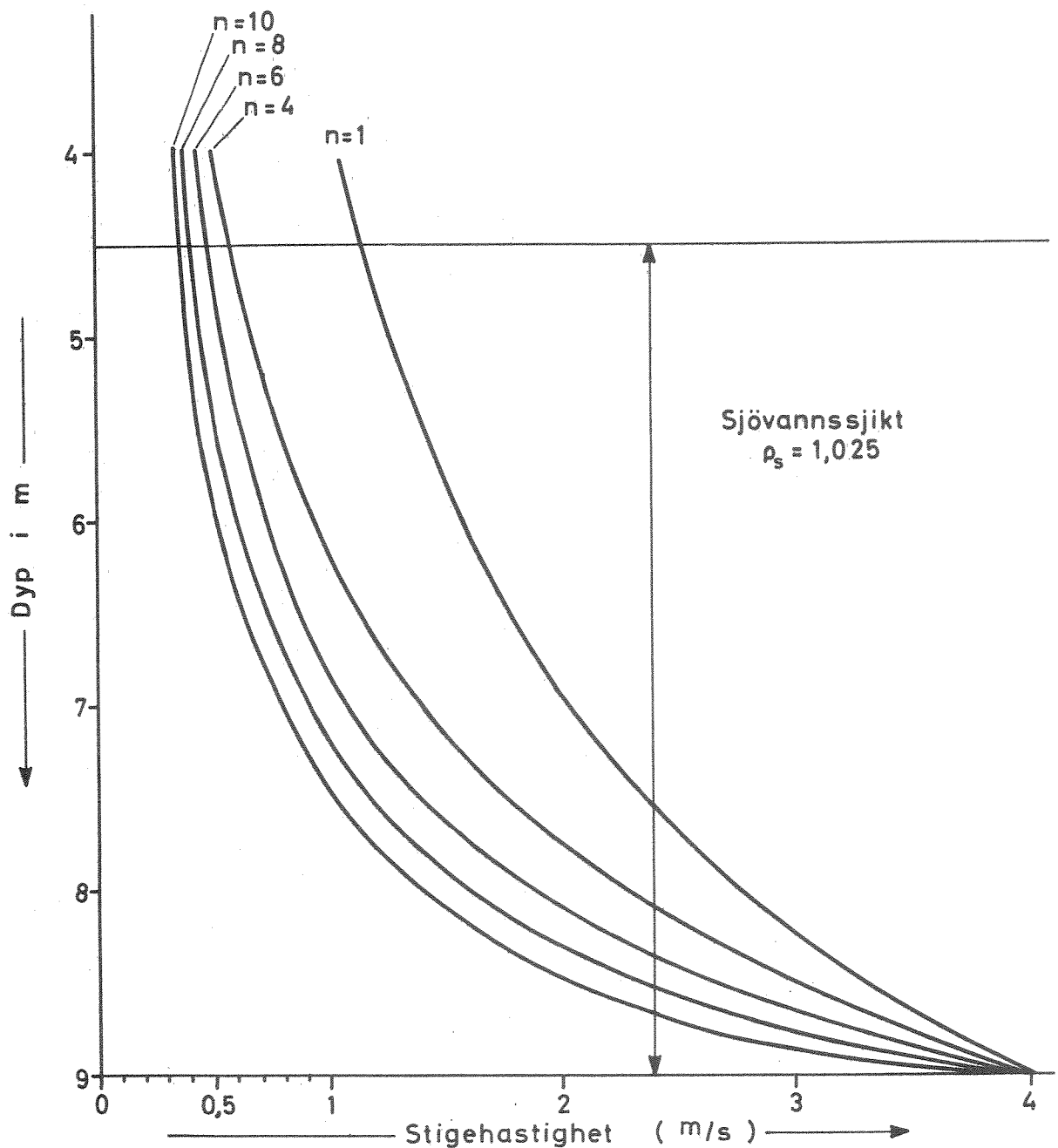
Avløpsvannets stigehastighet i sjövaningssjiktet ved utslipp gjennom n dyser rettet vertikalt oppover.

Avløpsvannets utstrømningshastighet  $V_0 = 4,0 \text{ m/s}$

" " tetthet  $\rho_1 = 1,016$

" " mengde  $Q = 0,116 \text{ m}^3/\text{s}$

Glommås vannføring  $445,0 \text{ m}^3/\text{s}$



P.L./ljj

NORSK INSTITUTT FOR  
VANNFORSKNING  
BLINDERN

Avløpsvannets stigehastighet  
i sjövaningssjiktet.

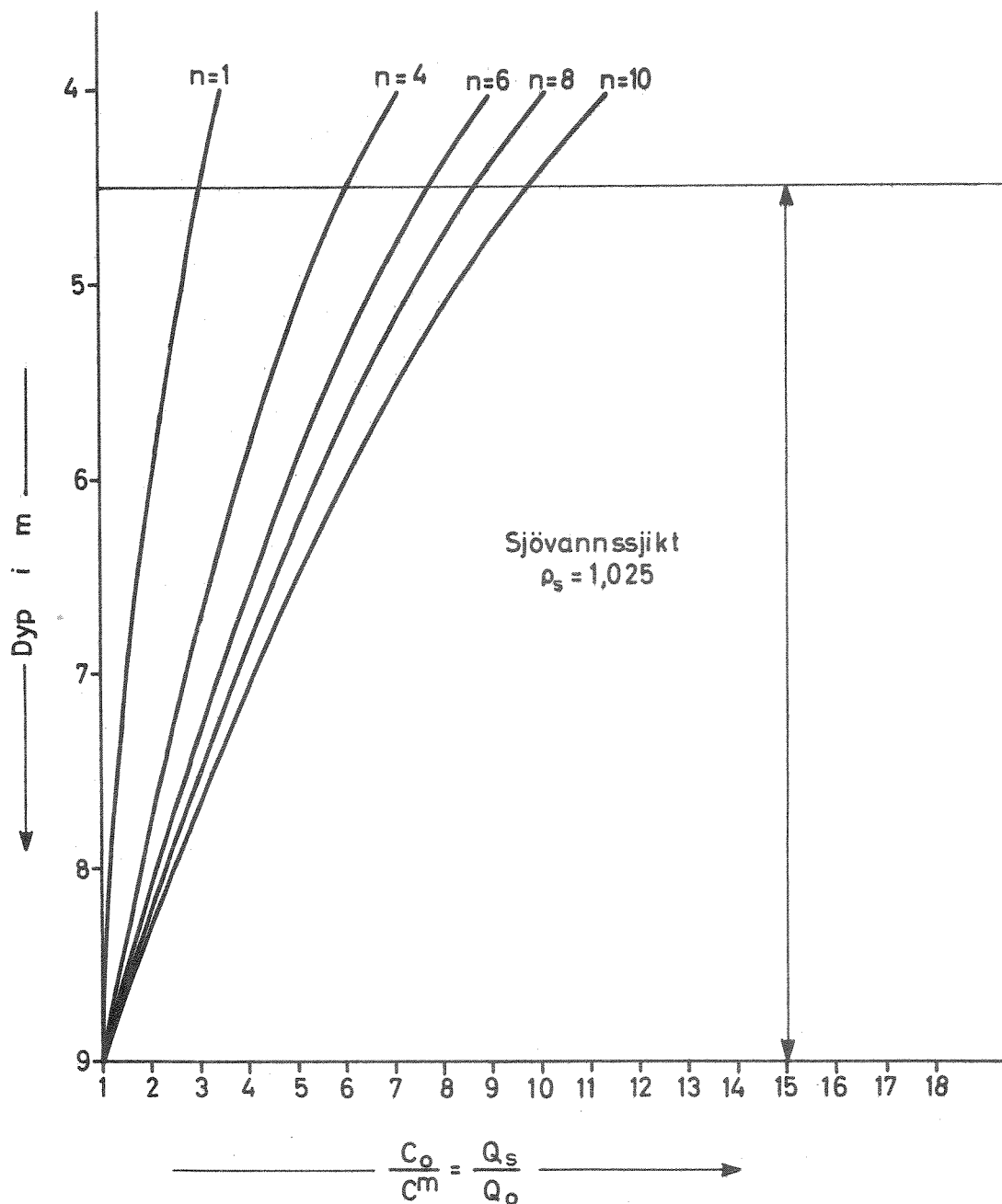
Utstrømningshastighet  $4 \text{ m/s}$ .

Fig. 6

O-229 3235

Avløpsvannets fortykning i sjøvannssjikt ved utslipp gjennom n dyser rettet vertikalt oppover.

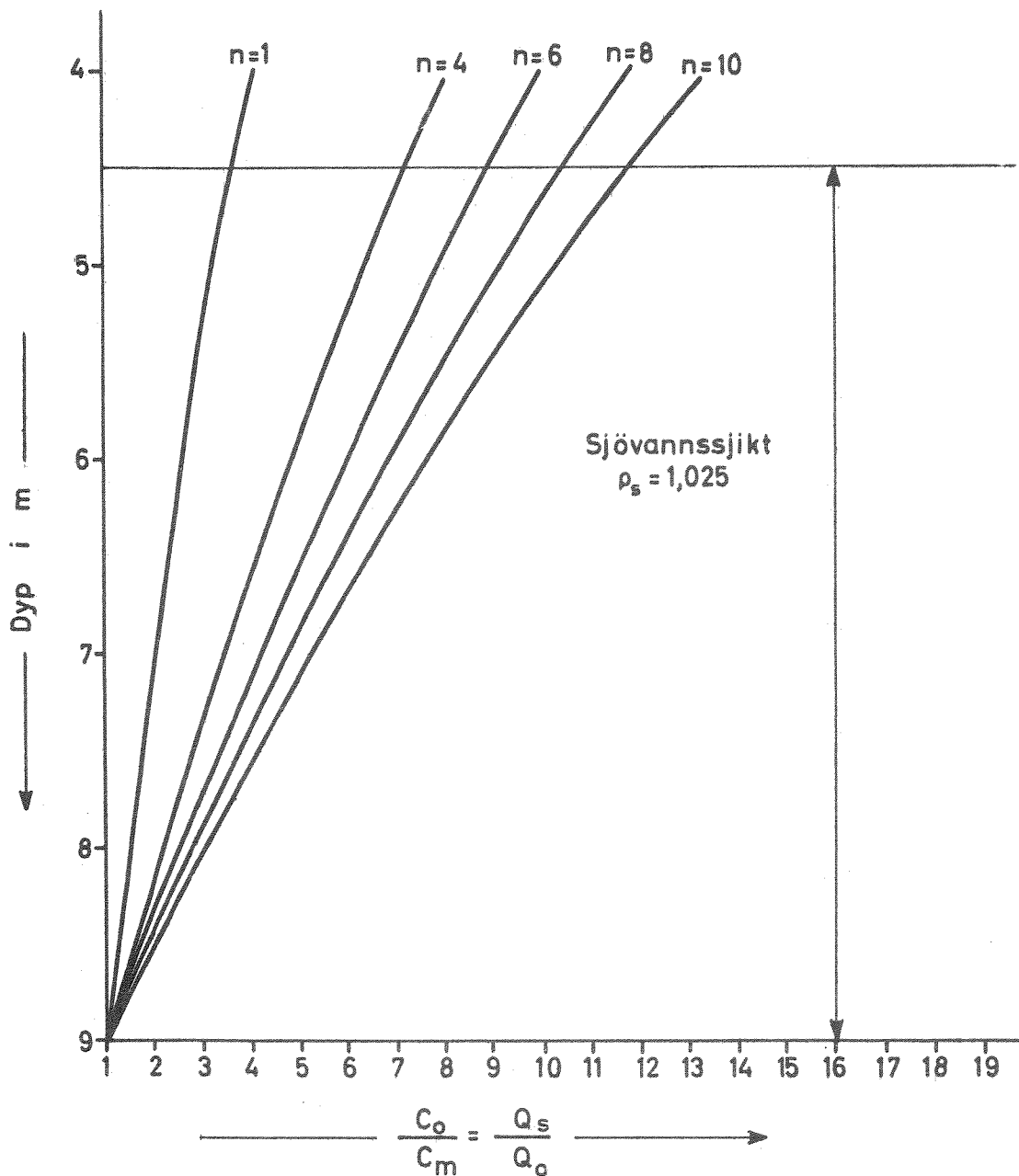
Avløpsvannets utstrømningshastighet  $V_o = 2,0 \text{ m/s}$   
 " " tetthet  $\rho_t = 1,016$   
 " " mengde  $Q = 0,116 \text{ m}^3/\text{s}$   
 Glommas vannføring  $445,0 \text{ m}^3/\text{s}$



P.L./ljj

Avløpsvannets fortyning i sjövaningssjiktet ved utslipp gjennom n dyser rettet vertikalt oppover.

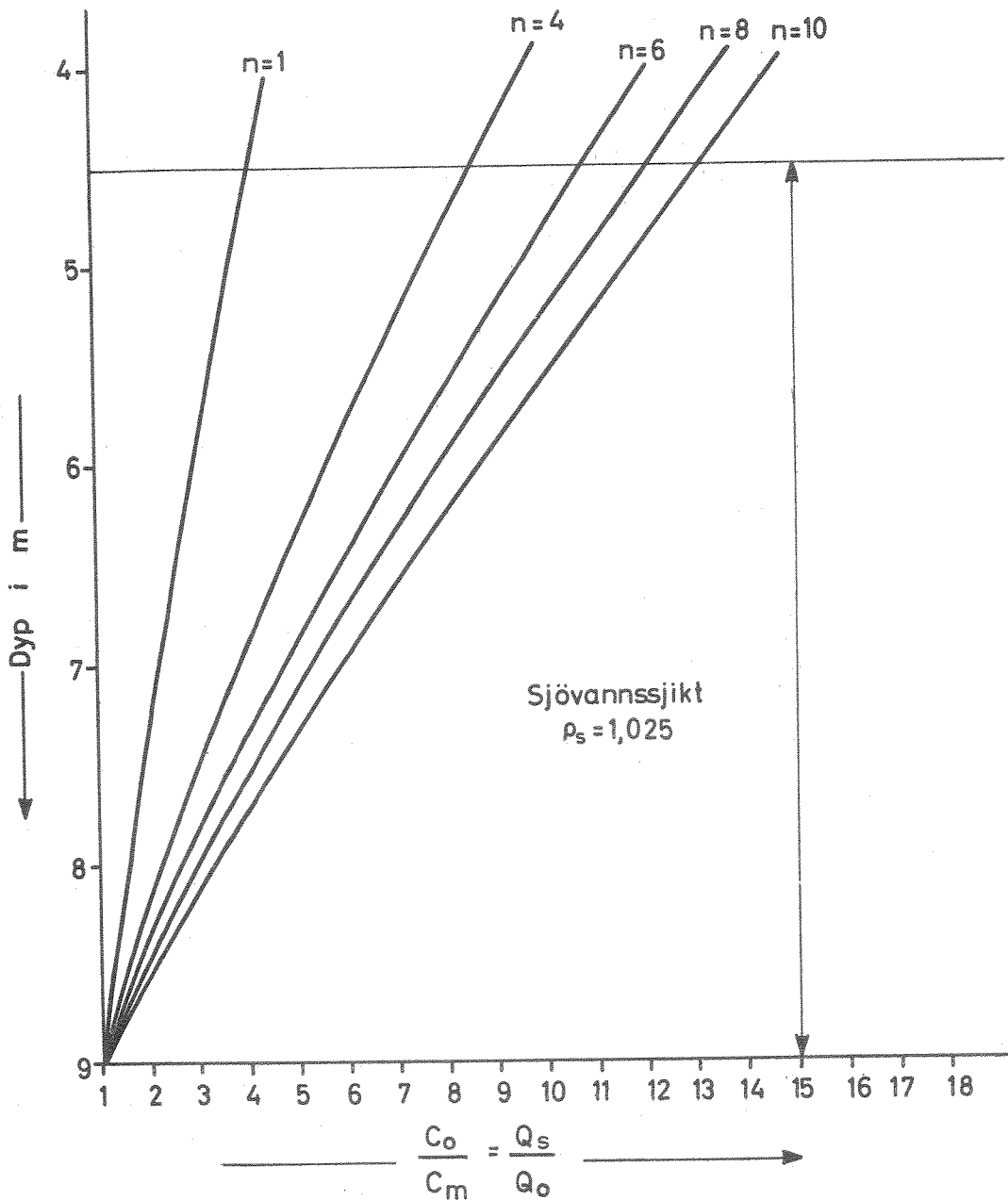
Avløpsvannets utstrømningshastighet  $V_0 = 3,0 \text{ m/s}$   
 " " tetthet  $\rho_1 = 1,016$   
 " " mengde  $Q = 0,116 \text{ m}^3/\text{s}$   
 Glommas vannføring  $445,0 \text{ m}^3/\text{s}$



P.L./I.J.

# Avløpsvannets fortykning i sjövaningssjiktet ved utslipp gjennom n dyser rettet vertikalt oppover

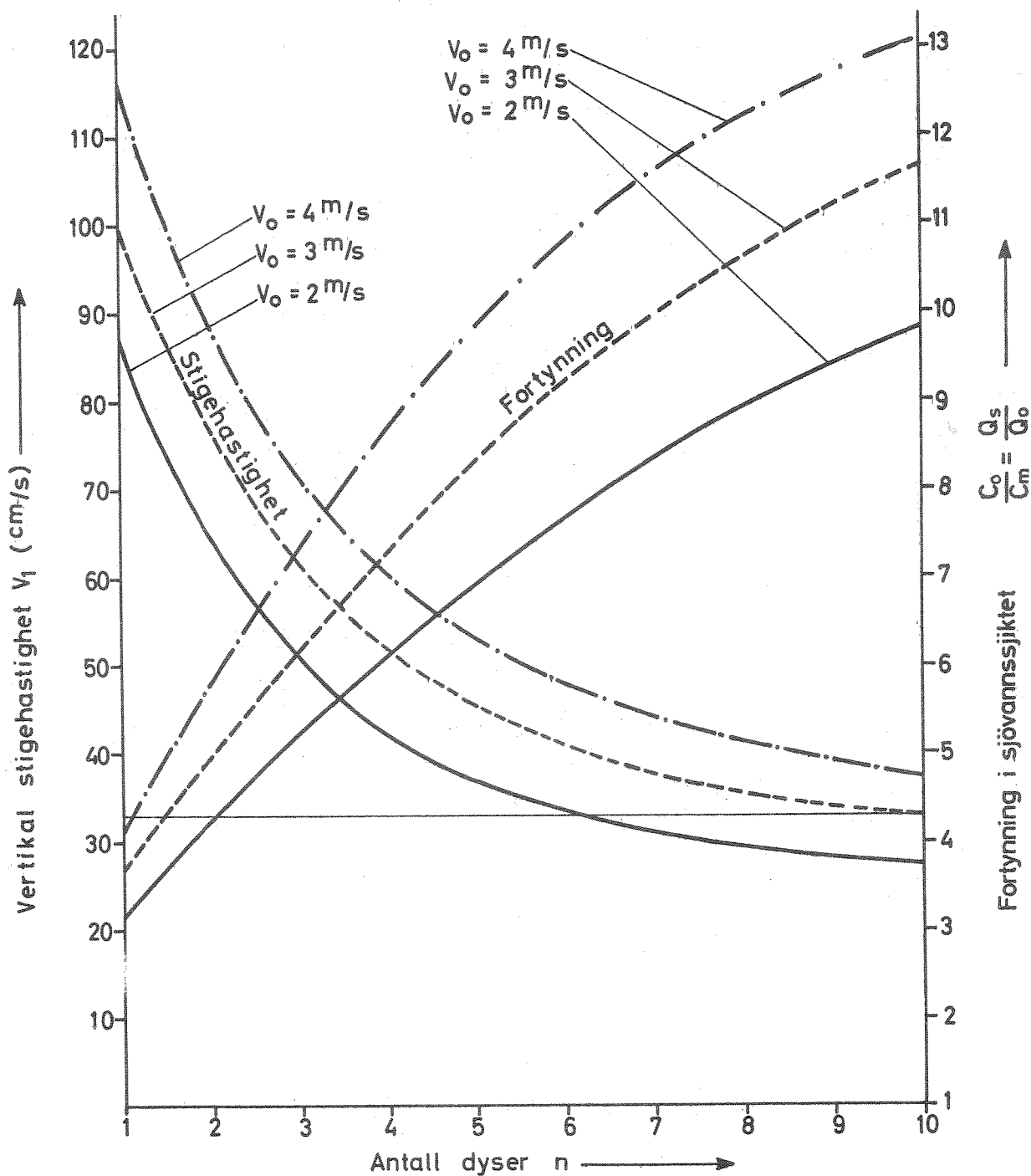
Avløpsvannets utstrømningshastighet  $V_0 = 4,0 \text{ m/s}$   
 " " tetthet  $\rho_i = 1,016$   
 " " mengde  $Q = 0,116 \text{ m}^3/\text{s}$   
 Glommas vannføring  $445,0 \text{ m}^3/\text{s}$



PL./l.j.j.

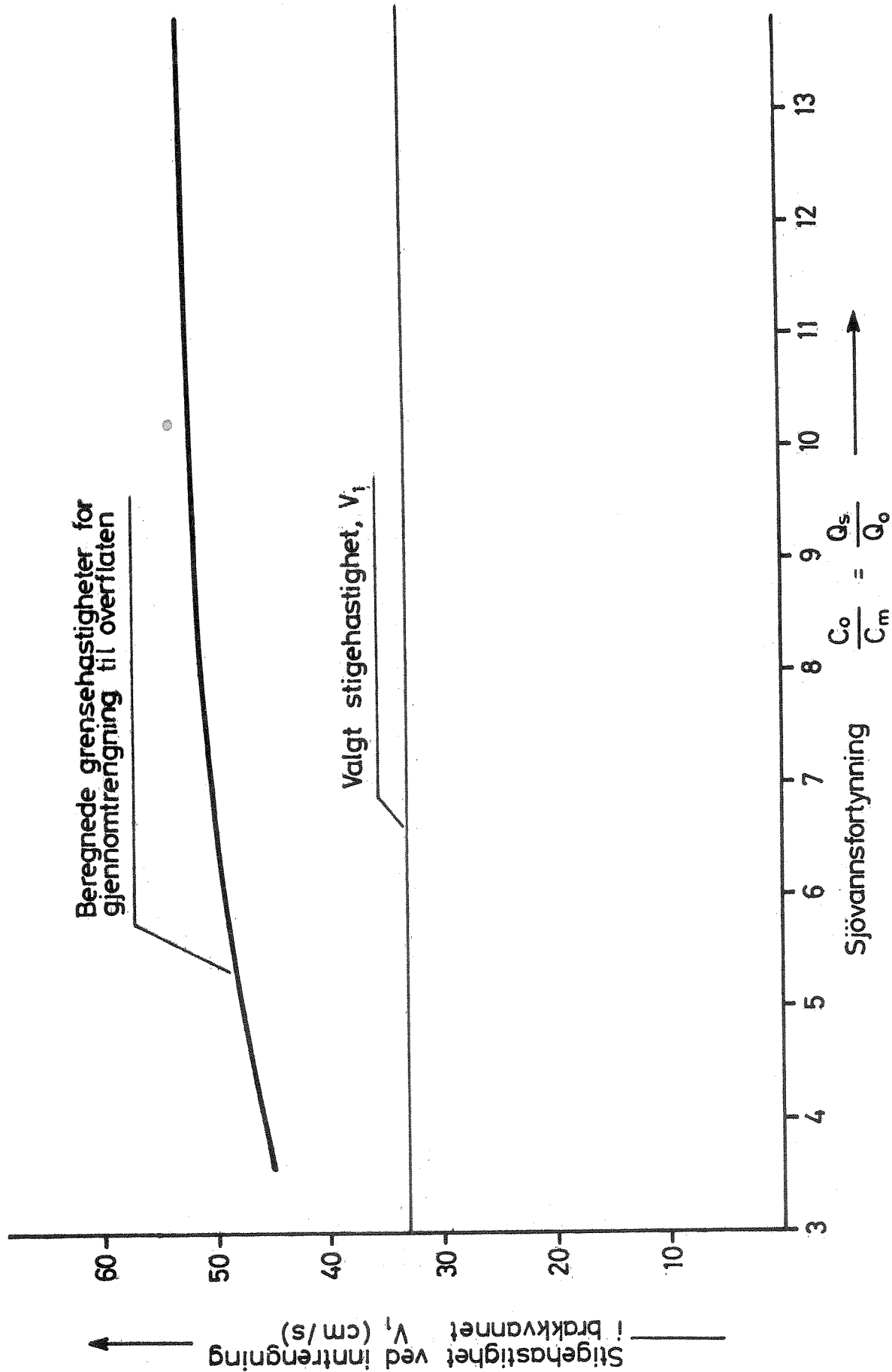
Avløpsvannets fortynning og vertikale stigehastighet ved inntrengning i brakkvannet. Beregningene er gjennomført for n dyser rettet vertikalt oppover. Det er tegnet inn kurver for en utstrømningshastighet på 2, 3 og 4 m/s.

Avløpsvannets utstrømningstetthet  $\rho_1 = 1,016$   
 " " " " -mengde  $Q = 0,116 \text{ m}^3/\text{s}$   
 Glommas vannføring  $= 445,0 \text{ m}^3/\text{s}$



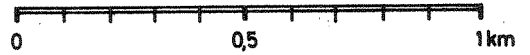
PL./ljj



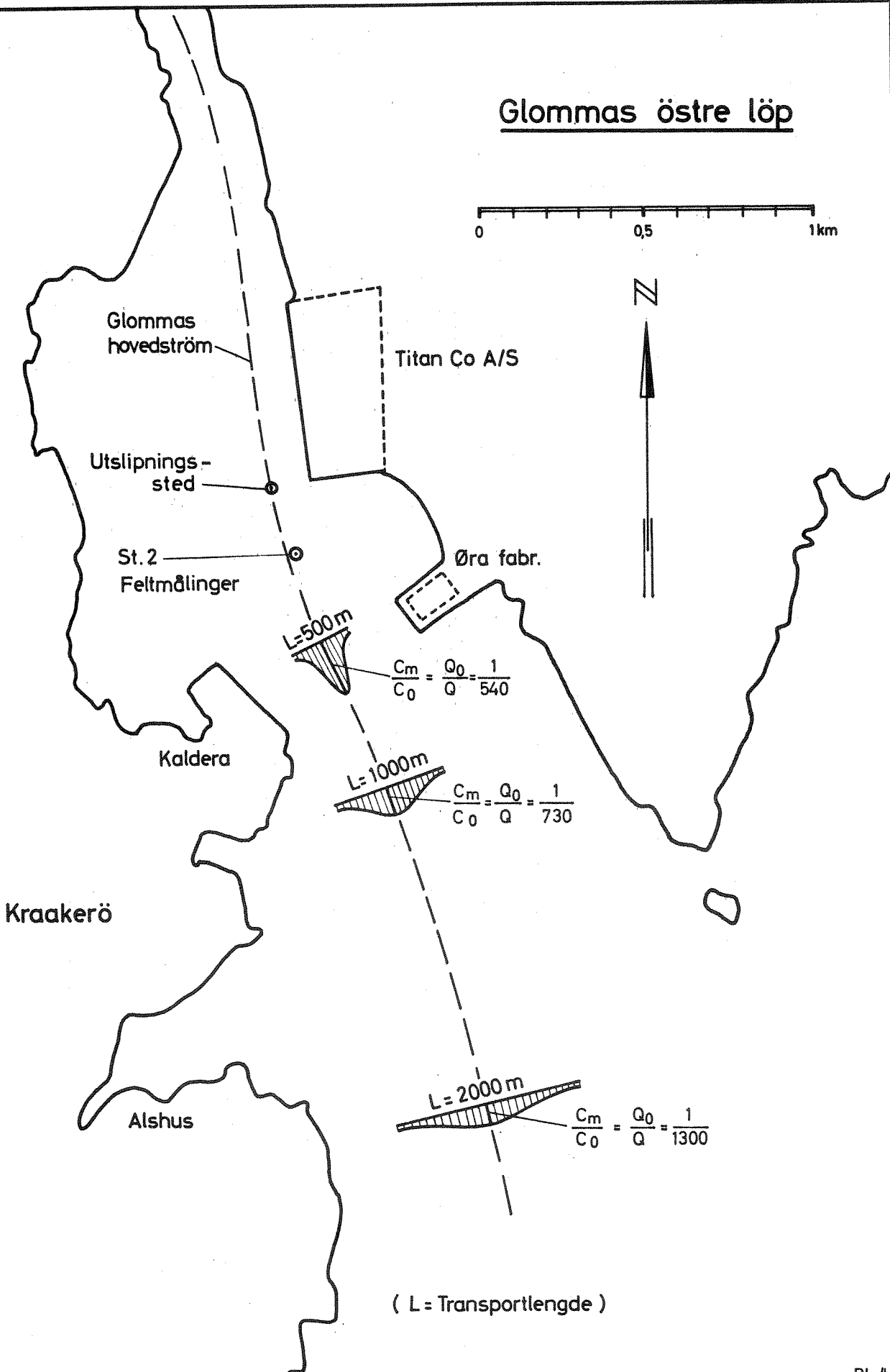


P.L./i.jj.

# Glommas østre l p



N



( L = Transportlengde )

PL./Lr

NORSK INSTITUTT FOR  
VANNFORSKNING  
BLINDERN

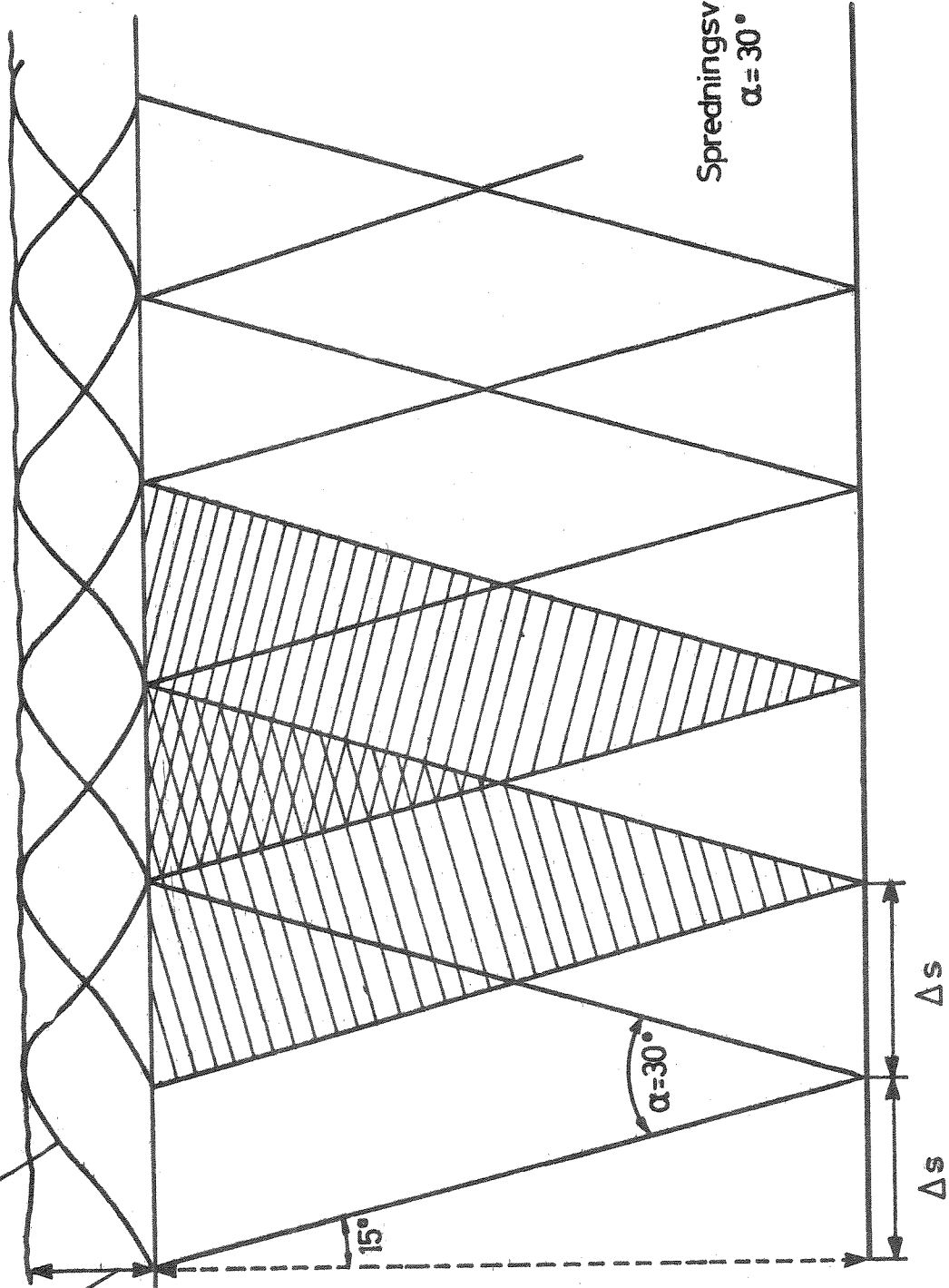
Avløpsvannets fortyning  
og konsentrasjon nedover  
i resipienten.

Fig. 12

O-229 3238

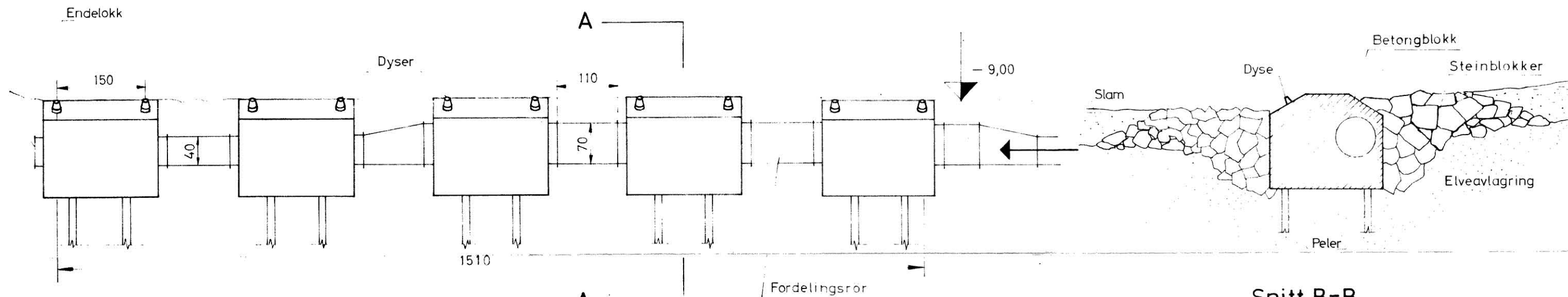
Beregnet konsentrasjon av avløpsvannet ved inntrengning i brakkvannet

Fordeling av avløpsvannets konsentrasjon fra en dyse

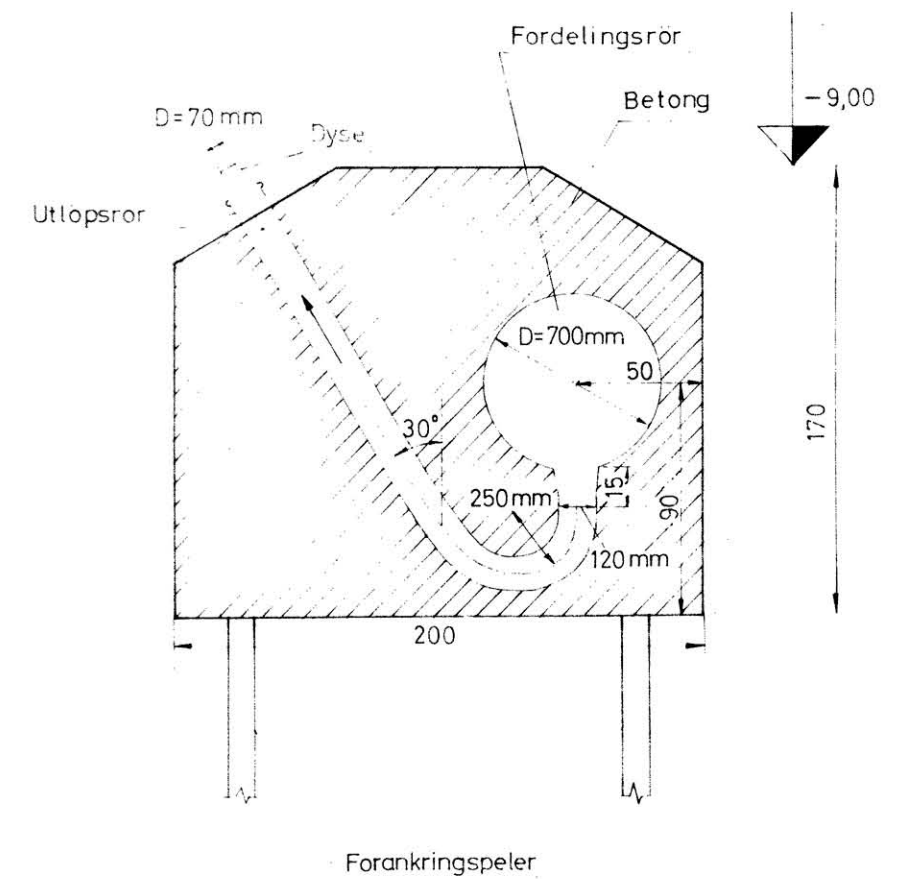
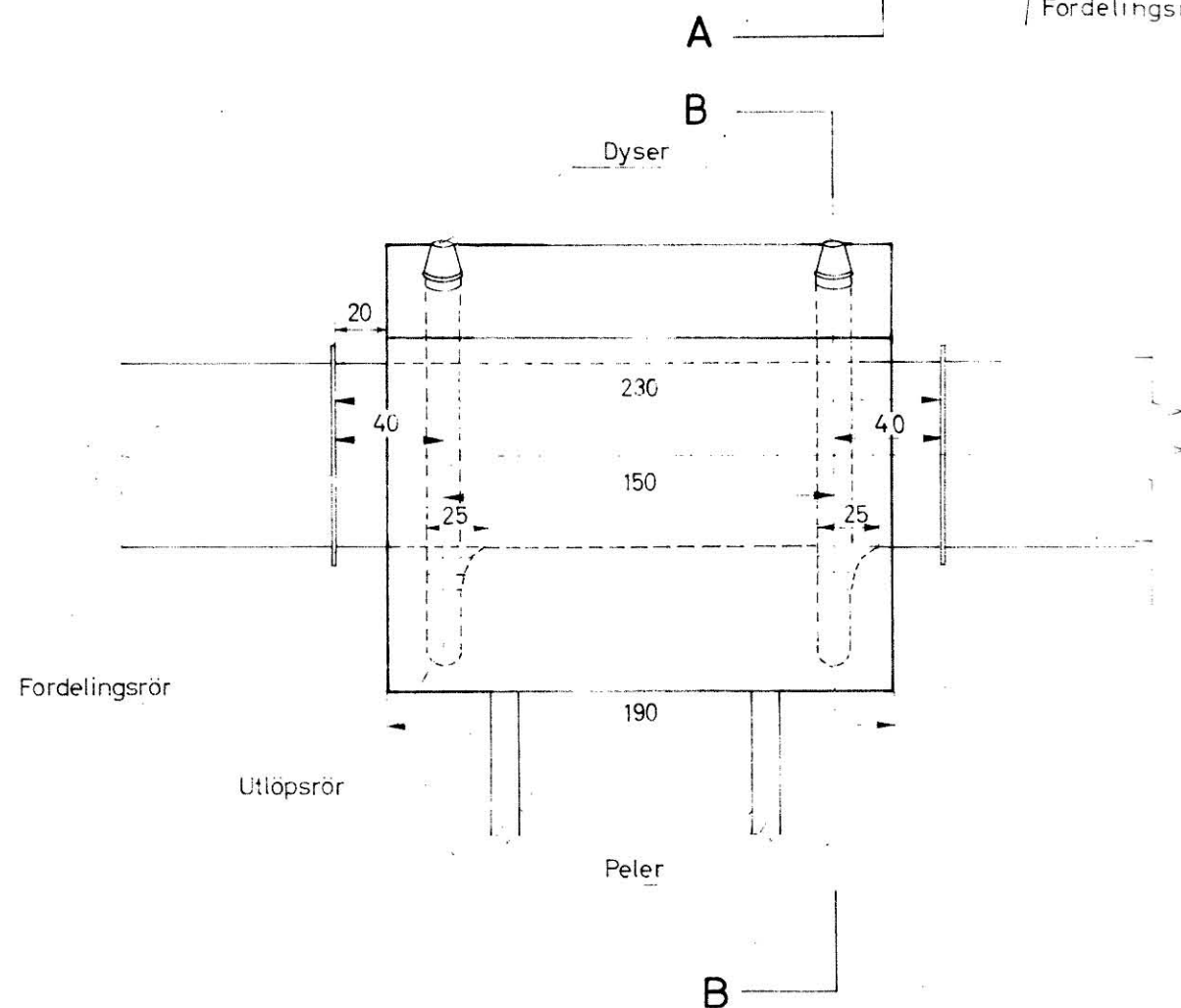


RL/I.J.

### Snitt A-A



### Snitt B-B



Mål i cm

Fig. 14

Förslag til utslippsarrangement for utslipp av avløpsvann fra Titan Co A/S Fredrikstad i Glommas nedre løp.	M.	Tegn	10/3-65 PL./l.jj.
	1:50	Trac.	
	1:20	Godkj.	
<b>NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING</b> BLINDERN		Nr.	0-229 2206