

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

BLINDERN

0-65/63.

Posisjonsbestemmelse og dimensjonering
av dypvannsledning for utslipp av
kloakkvann ved Sjødalsstrand i Bunnefjorden

Saksbehandler: Siv.ing. P. Liseth.

Rapporten avsluttet november 1964.

INNHOOLD:

	Side:
INNLEDNING	3
POSISJONSBESTEMMELSE AV DYPVANNESUTSLIPP	3
BEREGNING AV DYPVANNESUTSLIPPET	6
Innledning	6
Forutsetninger	6
A. Hydraulisk beregning av dypvannsledning og diffusor	6
B. Beregninger av kloakkvannets fortykning og innlagring.	10
SAMMENDRAG	14

FIGURER:

- Fig. 1 - 5. Strømkorsundersøkelse Bunnefjorden 14/8 1964.
- " 6. Vannstand og vindhastighet målt i Bunnefjorden ved Sjødalsstrand 14/8 1964.
- " 7. Bunnprofiler tatt opp i Bunnefjorden ved Sjødalsstrand august 1964.
- " 8. Forslag til dypvannsutslipp ved Sjødalsstrand.
- " 9. Tetthet av sjøvann i Bunnefjorden.
- " 10. Forslag til dypvannsutslipp ved Sjødalsstrand (diffusor).
- " 11. Utstrømning av kloakkvann fra diffusorens sidehull.
- " 12. Skjematisk fremstilling av kloakkvannets fortykning.

INNLEDNING.

I forbindelse med planleggingen av et interkommunalt kloakkanlegg for kommunene Oppegård, Ski, Ås, som utføres av ingeniør Chr. Fr. Grøner, er Norsk institutt for vannforskning av dette firma blitt bedt om å komme med forslag til en mest mulig hensiktsmessig plassering og utformning av kloakkanleggets dypvannsutslipp ved Sjødalsstrand i Bunnefjorden.

POSISJONSBESTEMMELSE AV DYPVANNSUTSLIPP.

Vannet i Oslofjorden er lagdelt, med brakkvann nærmest overflaten og tyngre sjøvann mot bunnen. Vannets tetthet tiltar med dypet og viser en markert gradient i overgangssonen mellom brakkvannet og det tyngre sjøvannet. Denne overgangssonen, som representerer et relativt tynt lag av vannmassen, betegnes som sprangsjiktet.

Ved å slippe ut kloakkvann på et visst dyp under sprangsjiktet, vil det på grunn av sin mindre tetthet enn det omkringliggende sjøvannet, stige opp mot overflaten. Under denne oppstigningen, som skjer med sterk turbulensdannelse, vil kloakkvannet fortynnes med sjøvannet, og den blandede vannmengden vil tilta i tetthet. Med en effektiv innblanding av kloakkvannet vil vi kunne oppnå en innlagring av den blandede vannmengden i eller under sprangsjiktet.

På denne måten vil man i den vesentlige delen av året unngå å få kloakkvannet blandet direkte inn i overflatevannet.

Når kloakkvannet stiger oppover og fortynnes, er det hele tiden påvirket av vannstrømmer i de forskjellige dyp. Strømforholdene er av avgjørende betydning for å sikre en kontinuerlig fortynning og transport av kloakkvannet. Utslipningsstedet må derfor velges etter en best mulig vurdering av strømforholdene i området.

Det vil alltid være mange ytre faktorer som påvirker vannets bevegelse i en fjord, og den resulterende virkning på strømbildet i forskjellige dyp er komplisert. Imidlertid vil det ofte være spesielle faktorer som griper dominerende inn i strømbildet, som f.eks. tidevann, trykkbølger,

vind og sjøbunnens topografi. En nøyaktig kartlegging av strømforholdene i et bestemt område, og mulighetene for å foreta en statistisk bearbeiding av observasjonsmaterialet, vil ofte fordre kostbare og tidkrevende strømundersøkelser.

Bunnefjorden har sin lengderetning nord-syd. Den har en smalere indre del og utvider seg gradvis nordover. Dypvannsutslippet skal ligge på østsiden av fjorden rett ut for Sjødalsstrand. Langs land på begge sider av fjorden ligger en rekke større og mindre bukter. Under 30 - 40 m faller bunnen jevnt nedover til maks. dyp omkring 140 m. Sjøbunnens topografi ligger derfor best til rette for inn- og utgående bevegelse i fjordens lengderetning. De viktigste faktorer som påvirker strømforholdene i Bunnefjorden er tidevann, trykkbølger og vinden.

Tidevannet, såvel som trykkbølger, vil gi en inn- eller utgående strømbevegelse i fjorden. Det vil ikke forårsake påviselige kompensasjonsstrømmer i lavereliggende dyp.

Vinden vil derimot gi store muligheter for varierende strømforhold. I Bunnefjorden er det om sommeren en fremherskende sørlig vindretning, mens det i løpet av vinterhalvåret er nordlig vind som dominerer.

Disse vindretninger vil også vesentlig gi inn- og utgående vannbevegelser. Når vinden setter vannet ved overflaten i bevegelse, krever dette en kompensasjonsstrøm i dypereliggende vannlag.

Langs land får vi virvelavløsninger med tildels stasjonære virvler i de mange buktene. Større virvler vil kunne trekke kloakkvann inn mot land, hvor det samler seg opp i buktene. Det er derfor viktig at kloakkvannet slippes ut i tilstrekkelig avstand fra land for å få blandet det inn i hovedvannmassen.

Arbeidet med å komme frem til et mest mulig generelt bilde av strømforholdene i indre Oslofjord, inngår som en viktig del av det arbeid som vårt institutt for tiden utfører i forbindelse med en undersøkelse av Oslofjordens forurensningstilstand. Det observasjonsmateriale som hittil er innhentet i denne forbindelse, er imidlertid ikke bearbeidet i den grad at det kan danne grunnlag for å vurdere strømforholdene ved Sjødalsstrand. Det er heller ikke mulig på det nåværende tidspunkt å forutsi virkningen av det foreslåtte dypvannsutslipp på hovedvannmassene i Bunnefjorden, samt de tilførte forurensningenes oppholdstid i dette fjordavsnittet.

I håp om å få en viss indikasjon på strømforholdene i det angjeldende området ble det den 14. august 1964 under forhold med sydlig vindretning foretatt en enkel strømundersøkelse.

Det ble sluppet strømkors på fire steder fordelt jevnt over fjorden. På hvert sted ble korsene satt på 5, 10, 15 og 20 m dyp. Strømkorsenes posisjon ble observert i løpet av 6 timer. I denne tiden ble vindens retning og hastighet samt vannstanden målt (fig. 1, 2, 3, 4, 5 og 6).

Såvel vind som vannstandsmålingene skulle gi en utgående bevegelse i fjorden, hvilket strømkorsene viste. Vannet på 5, 10 og 15 m dyp beveget seg med omtrent samme hastighet nordover, mens vannet på 20 m beveget seg noe langsommere og mere uregelmessig.

For å få bedre kjennskap til dybdeforholdene i utslipningsområdet, ble 9 tverrprofiler tatt opp med ekkolodd. Deres posisjon og form er tegnet inn i fig. 1 og 7.

Observasjonene viser en relativt hurtig transport av vann i nordlig retning. Selv om det antas å være en kompensasjonsstrøm fra nord mot syd og beliggende et sted mellom overflaten og sprangsjiktet, har ikke våre målinger vært tilstrekkelig følsomme til å observere dette.

Ved å plassere utslippet tilstrekkelig dypt til å sikre innlagringen i sprangsjiktet, vil en oppnå en vesentlig horisontal utbredelse av kloakk-skyen innen denne langsomt føres opp i kompensasjonsstrømmen. Under en eventuell frakt med denne strømmen i sydlig retning vil vi fortsatt kunne vente en fortykning innen det når overflaten for å transporteres videre nordover.

Under forhold med nordlige vindretninger må det ventes motsatte strømretninger, men også en viss senkning av sprangsjiktet i indre del av Bunnefjorden som følge av en oppstuvning av overflatevann.

På bakgrunn av våre målinger av strøm og dessuten sprangsjiktets beliggenhet til ulike årstider, har vi valgt et utslipningsdyp på 50 m under overflaten. Dette bringer utslipningspunktet ca. 270 m ut fra land, hvilket skulle gi betryggende sikkerhet mot å føre kloakkvannet inn i lokale virveldannelser i strandsonen.

BEREGNING AV DYPVANNSUTSLIPPET.

Innledning:

Av hensyn til å oppnå en best mulig effektiv innblanding av kloakkvannet, forutsettes det anordnet en diffusor på den ytre del av dypvannsledningen.

Belastningen på dypvannsutslippet vil øke gradvis med tiden frem til $Q_{maks} = 1,46 \text{ m}^3/\text{s}$ omkring år 2000. Dette vil kreve stor variasjonsmulighet av vannføringen i utslippet. For å sikre en god drift av dypvannsledningen såvel som diffusor, må hastigheten ikke gå under en minimumsverdi (spylehastighet). Hastigheten må heller ikke økes utover den fastsatte maksimumsverdi. Disse betingelser gir en dypvannsledning et begrenset intervall for variasjon av vannføringen. Det foreslås derfor bygget 2 like dypvannsledninger med en diffusor i hver ende (fig. 8). De kan kobles til samme inntaksdam, og vil da få samme vannføring. De bør bygges ut hver for seg i samsvar med behovet. Som rørmateriale er det i våre beregninger forutsatt benyttet polyetylen.

Forutsetninger:

Maks. vannføring i dypvannsutslippet: $Q_{maks} = 1,46 \text{ m}^3/\text{s}$

Midlere vannføring i dypvannsutslippet: $Q_{midl} = 1,11 \text{ m}^3/\text{s}$

Utslipningssted: 50 m dyp, ca. 270 m fra land.

Sjøvannets tetthet over sprangsjiktet: $\rho_n = 1,016$

Sjøvannets tetthet under sprangsjiktet: $\rho_s = 1,0245$

(Se fig. 9)

A. Hydraulisk beregning av dypvannsledning og diffusor.

En hydraulisk analyse av en diffusor er en trinnvis prosess som begynner ved den ytre enden. Hullene antas å være så langt fra hverandre at strømmingen i nærheten av ett hull er uavhengig av de andre. Vannmengden ut fra hvert hull beregnes hver for seg. Mellom hvert hull vokser trykket med friksjonstapet mellom hullene. Vannmengden som strømmer ut av n^{te} hull kan beregnes etter følgende formler:

$$q_n = C_D \cdot A_n \cdot \sqrt{2 g e_n}$$

C_D = Kontraksjonskoeffisient = $f \left(\frac{e}{v^2/2g} \right)$.

A_n = Hullåpningens flate.

e_n = Kloakkvannets totale energihøyde ved åpningen = statisk trykkhøyde relativ til overflaten + kinetisk energihøyde umiddelbart før vannet når frem til hullåpning.

$$e_{n+1} = e_n + \Delta h_n$$

Δh_n = Friksjonstap mellom hull n og hull n+1.
(Polyetylenrør regnes som "glatte rør").

$$V_n = V_{n-1} + \frac{q_n}{\frac{\pi}{4} \cdot D^2}$$

V_n = Vannets hastighet i diffusoren mellom hull n og n+1.

D = Diffusorens diameter.

Diffusoren legges horisontalt med hullåpningene plassert i rørets side i en høyde $D/2$ fra rørbunn og annenhver gang til hver side. I tabell 1 er diffusoren beregnet for maks. vannføring: $Q_{maks} = 0,73 \text{ m}^3/\text{s}$.

Det er valgt følgende utgangsverdier:

Dypvannsledningens indre diam. = 0,60 m.

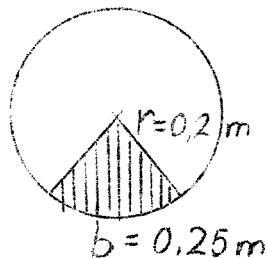
Diffusoren avtrappes fra indre diam. 0,60 m til 0,40 m.

Maks. hastighet i diffusoren foran endeåpningen = 0,9 m/s.

Minste spylehastighet settes til 0,6 m/s.

Utstrømningshastighet i endeåpningen: $v = 6 \text{ m/s}$.

Endeåpningens størrelse:



Hullåpningene på siden av diffusoren:

$D = 0,10 \text{ m}$ (konstant).

De beregnede resultater er tegnet inn på fig. 10.

Tabell 1.

Beregninger av fordeling av vannføring i diffusor.

Hull n	Δs m	V m/s	$\frac{v^2}{2g}$ m	Δh m	e m	$V=\sqrt{2g \cdot e}$ m	C_D	q m ³ /s	Σq m ³ /s
Rørdiameter : 0,40m, $F_{40} = 0,1257 \text{ m}^2$									
Hullåpninger: 0,10m, $A_{10} = 0,00785 \text{ m}^2$									
e					1,835	6,00	0,754	0,113	
1	5,0	0,9	0,0413	0,0065	1,8415	6,01	0,60	0,0283	0,113
2	1,5	1,125	0,0644	0,00345	1,84495	6,015	0,593	0,0280	0,1413
3	"	1,348	0,0926	0,00495	1,84990	6,025	0,587	0,02775	0,1693
4	"	1,571	0,1258	0,0063	1,85620	6,032	0,577	0,0274	0,19705
5	"	1,789	0,1630	0,00795	1,86415	6,048	0,567	0,0268	0,22445
6	"	2,003	0,2045	0,01020	1,87435	6,065	0,557	0,0265	0,25135
7	"	2,211	0,2490	0,01154	1,88589	6,080	0,542	0,0259	0,27785
8	"	2,417	0,2973	0,01350	1,89939	6,100	0,530	0,0254	0,30375
9	"	2,609	0,3470	0,01425	1,91364	6,130	0,518	0,02495	0,32915
	2,0	2,808	0,4020	0,02350					0,35410
Rørdiameter : 0,60m, $F_{60} = 0,2825 \text{ m}^2$									
Hullåpninger: 0,10m, $A_{10} = 0,00785 \text{ m}^2$									
10		1,253	0,0813		1,93714	6,160	0,59	0,0285	
11	1,5	1,355	0,0936	0,0030	1,94014	6,17	0,587	0,0284	0,3826
12	"	1,455	0,1078	0,0036	1,94374	6,18	0,583	0,0283	0,4130
13	"	1,560	0,1240	0,0039	1,94764	6,18	0,580	0,0282	0,4413

Tabell 1 (forts.)

Hull n	Δs m	V m/s	$\frac{V^2}{2g}$ m	Δh m	e m	$V = \sqrt{2g \cdot e}$ m	C_D	q m ³ /s	Σq m ³ /s
14	1,5	1,66	0,1399	0,00420	1,95184	6,19	0,575	0,028	0,4695
15	"	1,755	0,1572	0,00465	1,95649	6,195	0,570	0,02775	0,4975
16	"	1,860	0,1750	0,00525	1,96174	6,20	0,566	0,0275	0,52525
17	"	1,9574	0,1952	0,00600	1,96774	6,21	0,560	0,0273	0,55275
18	"	2,0540	0,2150	0,00600	1,97374	6,22	0,558	0,0272	0,58005
19	"	2,150	0,2360	0,00675	1,98049	6,23	0,555	0,02715	0,60725
20	"	2,251	0,2580	0,00720	1,98769	6,24	0,546	0,02670	0,63430
21	"	2,345	0,280	0,0076	1,99529	6,25	0,538	0,02640	0,66100
22	"	2,4380	0,302	0,00796	2,00325	6,265	0,532	0,02615	0,68740
23	"	2,528	0,325	0,0087	2,01195	6,28	0,527	0,02595	0,71355
	"	2,620	0,3498	0,0093	2,02125				0,7400
	40m								

Nødvendig trykkhøyde H.

$Q_{maks} = 0,74 \text{ m}^3/\text{s}:$

- ΔH diffusor = 2,09 m
- Friksjon i dypvannaledning = 1,68 "
- Forskjell i tetthet = 1,22 "
- ~ 5,00 m

$Q_{min} = 0,49 \text{ m}^3/\text{s} \quad (V_{min} = 0,6 \text{ m/s}):$

- ΔH diffusor = 0,95 m
- Friksjon i dypvannsledning = 0,81 "
- Forskjell i tetthet = 1,22 "
- ~ 3,00 m

Variasjonsmuligheter for vannføringen:

En dypvannsledning i drift:

$$Q_{\text{maks}} = 0,74 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{min}} = 0,49 \text{ "}$$

To dypvannsledninger i drift:

$$Q_{\text{maks}} = 1,48 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{min}} = 0,98 \text{ "}$$

B. Beregninger av kloakkvannets fortynning og innlagringsdyp.

De viktigste parametre som bestemmer kloakkens innlagringsdyp er graden av fortynning, sprangsjiktets beliggenhet og differansen i tetthet over og under sprangsjiktet.

Fig. 9 viser 4 karakteristiske tetthetskurver valgt ut blant observasjoner i Bunnefjorden fra januar 1962 til september 1964. I løpet av sommeren har vi et dypt og markert sprangsjikt (kurve 1 og 2). I vinterhalvåret er tilførselen av ferskvann mindre og temperaturen i overflaten lav. Vi får et høytliggende sprangsjikt med en liten differanse i tetthet over og under. Under spesielle klimatiske forhold kan sprangsjiktet om vinteren forsvinne helt (kurve 3 og 4).

Fortynningen av kloakkvannet er en funksjon av høyden over utslipningspunktet, utslipningshullets størrelse og Frouds tall for kloakkstrålen ut fra utslipningshullet.

Følgende likning er benyttet til fortynningsberegning:

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

hvor:

C_m = Kloakkvannets konsentrasjon i sentrum av kloakkvanns-strålen i en avstand y fra utslipningspunktet.

C_o = Konsentrasjon for $y = 0$.

ρ_s = Sjøvannets tetthet i området mellom sprangsjiktet og utslipningspunktet.

ρ_0 = Kloakkvannets tetthet for $y = 0$.

ρ_m = Kloakkvannets tetthet i en avstand y fra utslipningspunktet.

$$F = \frac{V_0}{\sqrt{\frac{\rho_s - \rho_0}{\rho_0}} g \cdot D} \quad \text{Frouds tall.}$$

D = Utstrømningshullets diameter.

y = Lengden langs kloakkstrålens akse fra utslipningspunktet.

Forutsetninger:

$$\rho_s = 1,0245 \text{ (se fig. 9)}$$

$$\rho_0 = 1,000$$

Størst utstrømning av kloakk har vi fra diffusorens endeåpning. Her strømmer ut maks. $q_e = 0,113 \text{ m}^3/\text{s}$ med en hastighet $v_e = 6 \text{ m/s}$.

Åpningen er sektorformet med en flate $A_e = 0,025 \text{ m}^2$.

Den ekvivalente diameter er $D_e = 0,1784 \text{ m}$.

Antar vi sprangsjiktets midlere dyp 18 m hvor $y = 32 \text{ m}$,

finner vi en tetthetsverdi for det fortynnede kloakkvannet når dette når sprangsjiktet på: $\rho_m = 1,02406$. Dette tilsier en sikker innlagring i sprangsjiktet.

Kloakkvannsstrømmen fra de enkelte hullene ($D = 0,10 \text{ m}$) vil på vei oppover utvide seg når de fortynnes, og gå over i hverandre. Sammen vil de bevege seg som et "teppe" mot overflaten. Velger vi halv overlapping ved en tetthet på 1,022 får vi følgende verdier for y og avstanden Δs mellom hullene.

$$y = \underline{6 \text{ m}} \quad \Delta s = y \cdot t_g \frac{\alpha}{2} \approx \underline{1,5 \text{ m}} \quad (\text{se fig. 11}).$$

Spredningsvinkel α antas lik 30° .

Den valgte tetthet 1,022 skulle alene være tilstrekkelig til å sikre en innlagring. I tillegg kommer at kloakken vil fortynnes ytterligere på veien oppover. For å hindre at utstrømningen fra endeåpningen blir påvirket av kloakken fra hullene, bør avstanden fra endeåpningen til nærmeste hull være 5 m.

Kontroll av innlagring og mulig gjennomtrengning av kloakkvannet til overflaten på grunn av den kinetiske energi:

Under bevegelse oppover i det tunge sjøvannet erverver kloakkvannet en kinetisk energi. Denne bevegelsesenergien kan føre til at kloakken trenger gjennom sprangsjiktet og når overflaten.

For bedømmelse av muligheten for gjennomtrengning benytter vi følgende kriterium:

1. Kloakkvannet stiger helt til overflaten når

$$f_n - f_{m, n-1} > 0$$

2. Kloakkvannet stiger helt til overflaten, men synker ned igjen mot sprangsjiktet når

$$\frac{X_g - X_{n-1}}{h_t} > 1$$

3. Kloakkvannet forblir neddykket når

$$\frac{X_g - X_{n-1}}{h_t} < 1$$

Grensenivået kloakkvannet stiger til, kan uttrykkes ved likningen:

$$\left(\frac{X_g}{X_{n-1}}\right)^3 = \frac{3}{5} \cdot 0,8 K |F| \left(\frac{3}{5} \frac{K}{L}\right)^{1/2} + \left(\frac{3}{5} \frac{K}{L}\right)^{3/2} \quad (2)$$

$$F_{x=0} = \frac{V_x = 0}{\sqrt{\frac{f_s - f_0}{f_0} \cdot g \cdot D}}$$

$$F_{x_{n-1}} = \frac{(V_{m, m-1})^2}{\left(\frac{f_n - f_{m, n-1}}{f_0}\right) \cdot g \cdot X_{n-1}}$$

med følgende symboler: (se fig. 12).

X_g = Maks. høyde som kloakkskyen vil nå opp til over utslipningspunktet.

X_{n-1} = Sprangsjiktets midlere høyde over utslipningspunktet.

F = Frouds tall.

$V_{x=0}$ = Utstrømningshastighet.

$V_{m, n-1}$ = Kloakkvannets hastighet i høyde X_{n-1} over utslipningspunktet.

ρ_n = Sjøvannets tetthet over sprangsjiktet.

ρ_s = Sjøvannets tetthet i området mellom sprangsjiktet og utslipningspunktet for kloakkvannet,

$\rho_{m, n-1}$ = Kloakkvannets tetthet i høyde x_{n-1} over utslipningspunktet.

ρ_o = Kloakkvannets tetthet i høyde $X = 0$.

$C_{m, n-1}$ = Kloakkvannets konsentrasjon i høyde X_{n-1} over utslipningspunktet.

C_o = Kloakkvannets konsentrasjon i høyde $X = 0$ over utslipningspunktet.

g = Gravitasjonskonstant.

$$K = 1 + \frac{3}{1,6} |F|^{-1}$$

$$L = \frac{1}{1,6} |F|^{-1}$$

$$C = \frac{\rho - \rho_s}{\rho_o - \rho_s}$$

D = Utslipningshullets diameter.

h_t = Sprangsjiktets midlere dyp under overflaten.

Størst utstrømning av kloakk har vi fra diffusorens endeåpning.

$$V_{x=0} = 6 \text{ m/s.}$$

$$D = 0,1784 \text{ m.}$$

Antar vi sprangsjiktets midlere dyp $h_t = 18 \text{ m}$ hvor $X_{n-1} = 32 \text{ m}$ gir

likning 2 følgende resultat: $\frac{X_g - X_{n-1}}{h_t} = \underline{0,211 < 1}$, hvilket gir sikker innlagring i sprangsjiktet.

Antar vi sprangsjiktets midlere dyp $h_t = 3$ m, hvor $X_{n-1} = 47$ m,

gir likning 2 følgende resultat:

$$X_g = 49,7 \text{ m}$$

$$\frac{X_g - X_{n-1}}{h_t} = \underline{0,93 < 1}$$

Beregningen viser at kloakkvannet vil trenge gjennom sprangsjiktet og nå opp til 30 cm fra overflaten. Da $\int_n - \int_{m, n-1} < 0$ vil imidlertid mesteparten av kloakkvannet synke nedover igjen mot sprangsjiktet. Vi får størst konsentrasjon i området ved sprangsjiktet.

SAMMENDRAG.

På bakgrunn av strømforholdene i utslipningsområdet og sprangsjiktets beliggenhet til ulike årstider er utslipningsstedet for kloakkvannet valgt til 50 m dyp og ca. 270 m fra land.

Om sommeren vil vi som regel ha et dypt og markert sprangsjikt med sikker innlagring av kloakkvannet. Om vinteren ligger sprangsjiktet høyt, og kloakkvannet har da større mulighet for å trenge opp til overflaten. Under spesielle klimatiske forhold kan sprangsjiktet forsvinne helt. Da vil det ikke kunne hindres at kloakkvannet når overflaten.

Denne fare må imidlertid sees i relasjon til kloakkvannets fortykning når det når overflaten over utslipningspunktet.

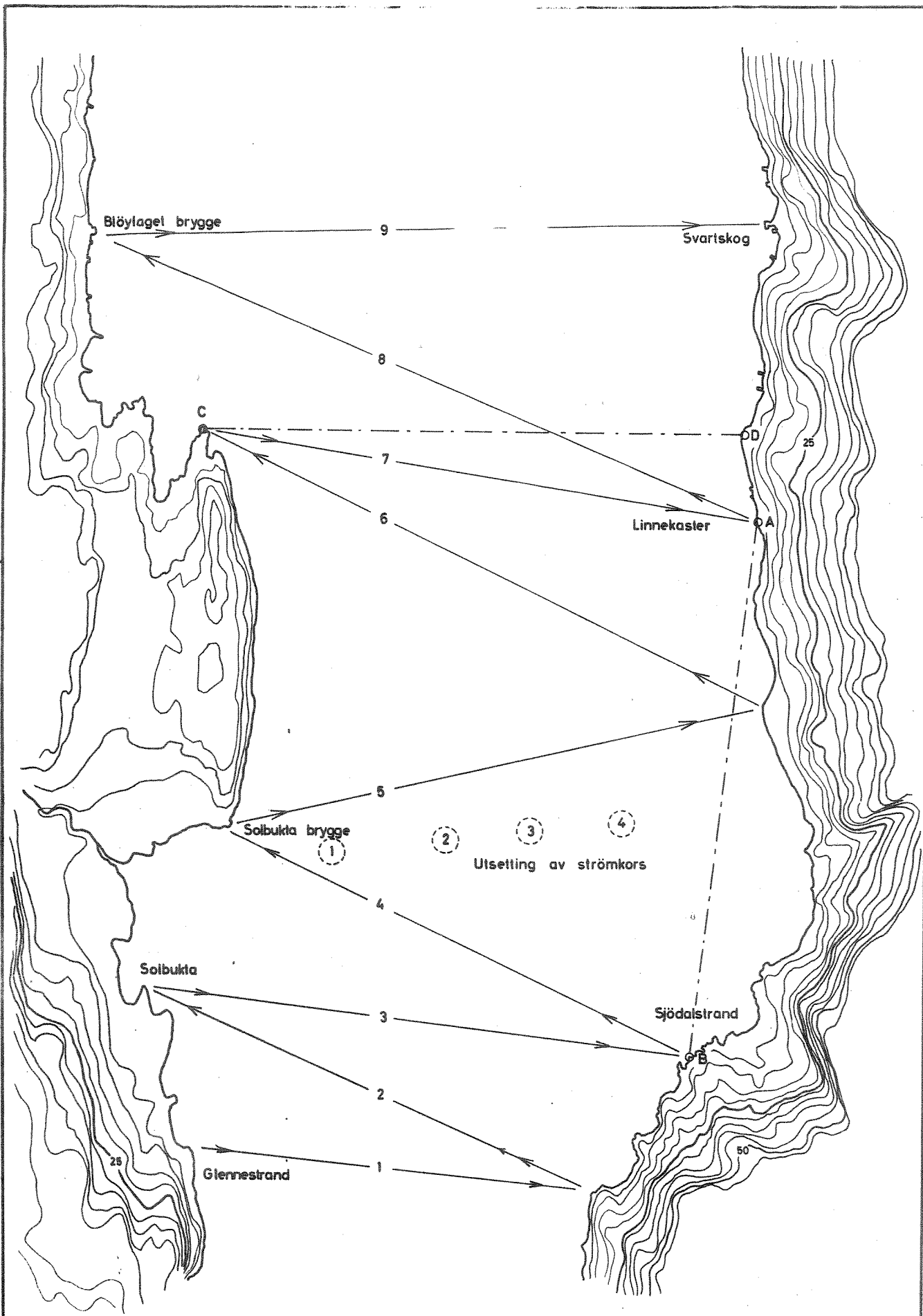
Beregningen gir oss her: $\frac{C_{m, n-1}}{C_o} \approx \frac{1}{150}$.

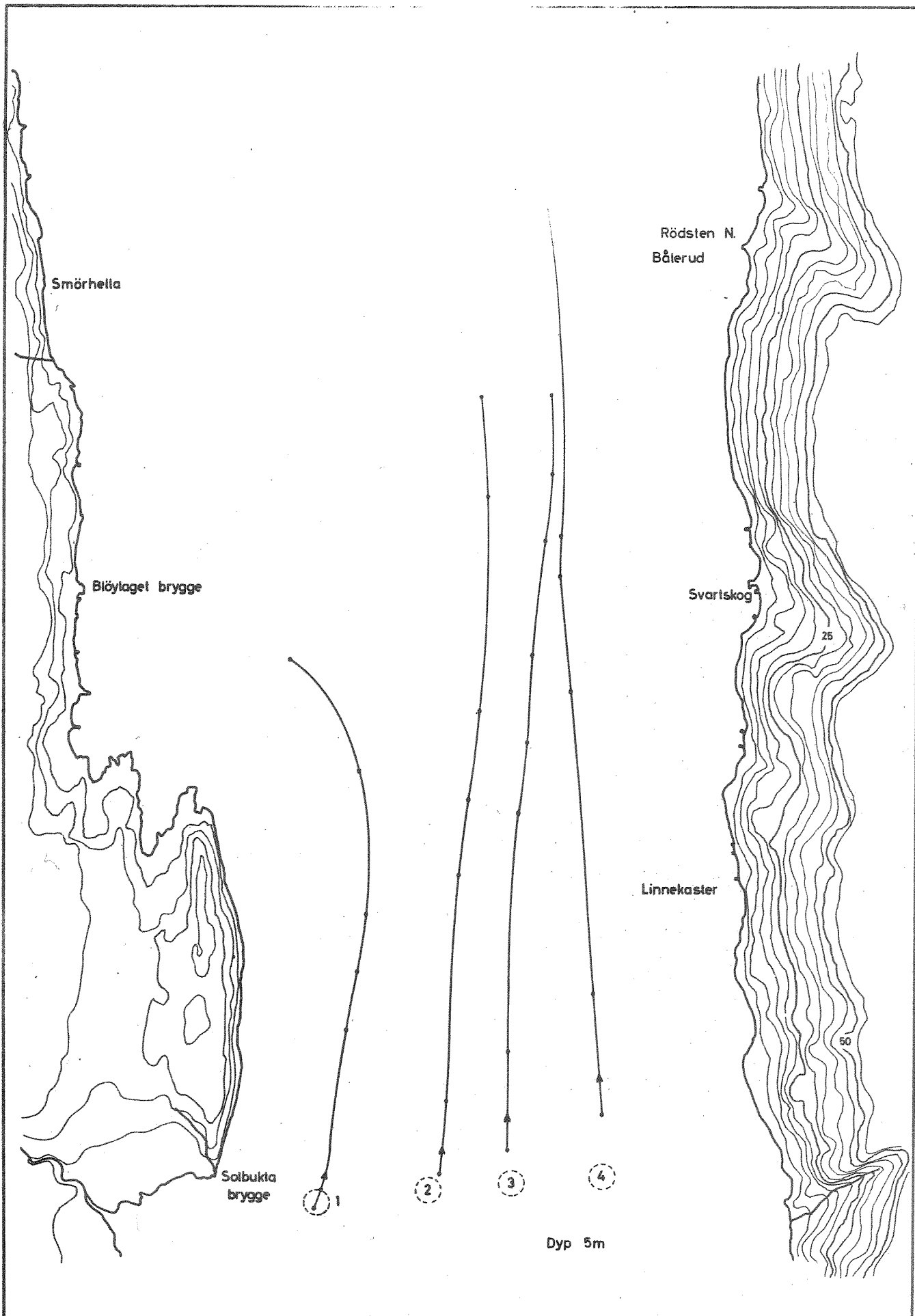
Dypvannsutslippet består av 2 parallellgående dypvannsledninger med en diffusor i hver ende. Diffusorene ligger horisontalt og danner en vinkel på 90° i horisontalplanet.

Dypvannsledningen, såvel som 22 m av diffusoren, har en indre diameter på 0,6 m, de resterende 18 m av diffusoren har en indre diameter på 0,4 m. I enden har diffusoren en sektorformet åpning på $0,025 \text{ m}^2$. Langs siden av diffusoren i en høyde av $D/2$ fra bunnen er det huller

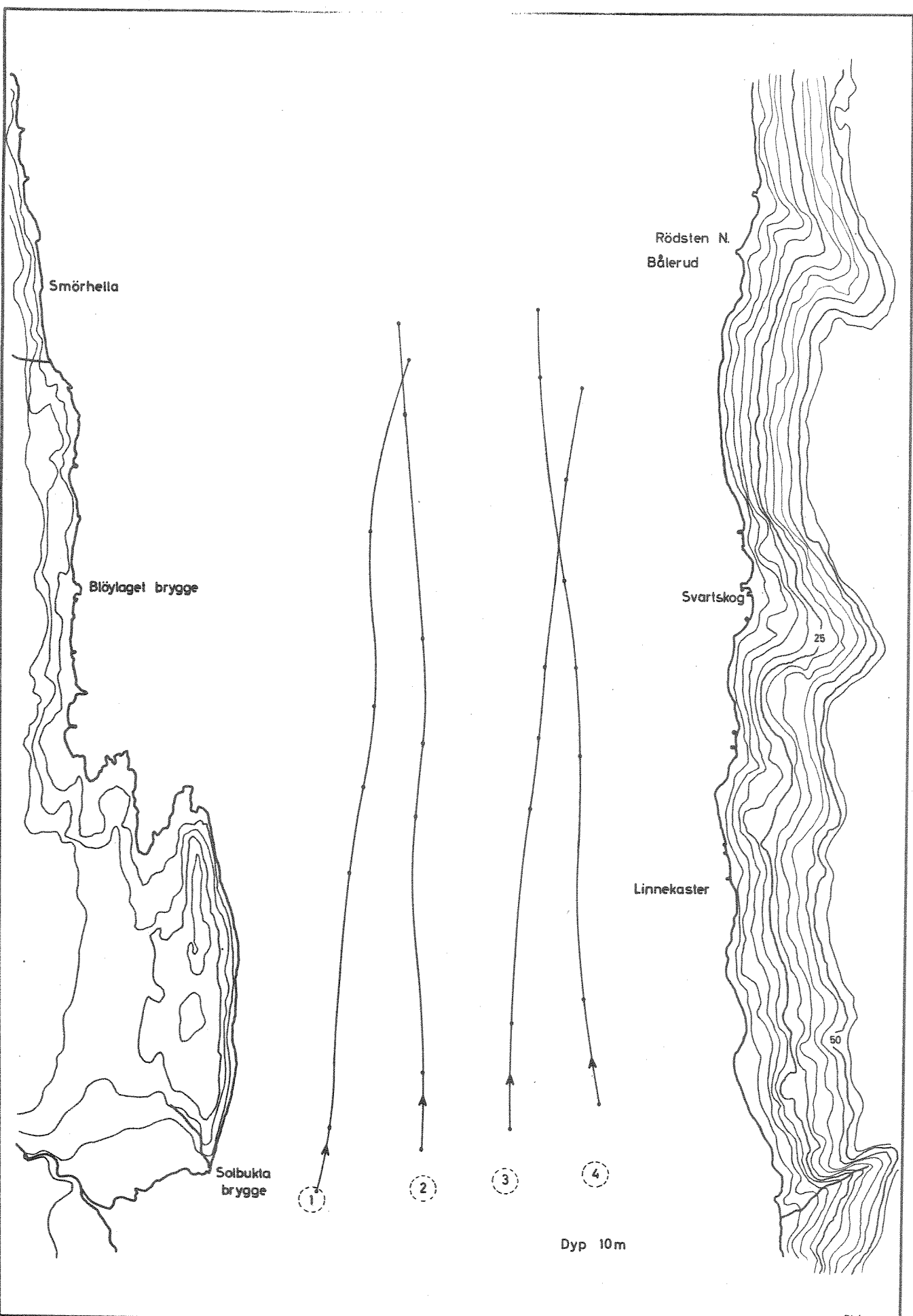
med en diameter på 0,10 m, rettet annenhver gang til hver side og i en innbyrdes avstand på 1,5 m. Tilsammen har diffusoren 24 åpninger. Avstanden mellom ytre hull og sektoråpningen på endene av diffusoren er 5 m. For å sikre at diffusoren skal være selvspylende, strømmer det ut av endeåpningen ca. 4 ganger den vannmengden som føres i hvert enkelt sidehull.

Beregning av dypvannsledningens og diffusorens forankring må bygge på en grundig vurdering av mulige belastningstilfeller. Sikring mot at luft kan suges inn i dypvannsledningen må vies spesiell oppmerksomhet.

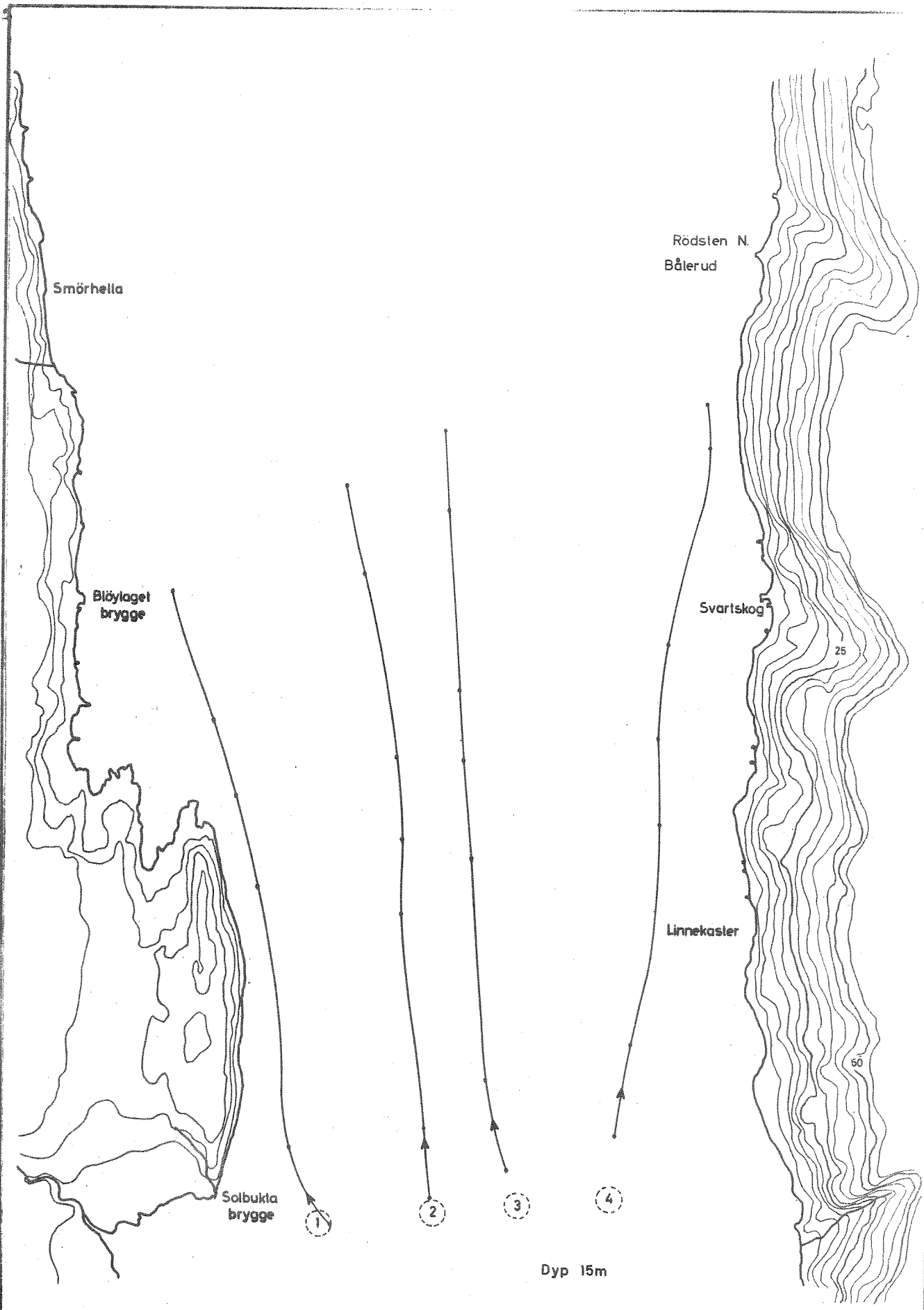




PL/r.n



PL/zn



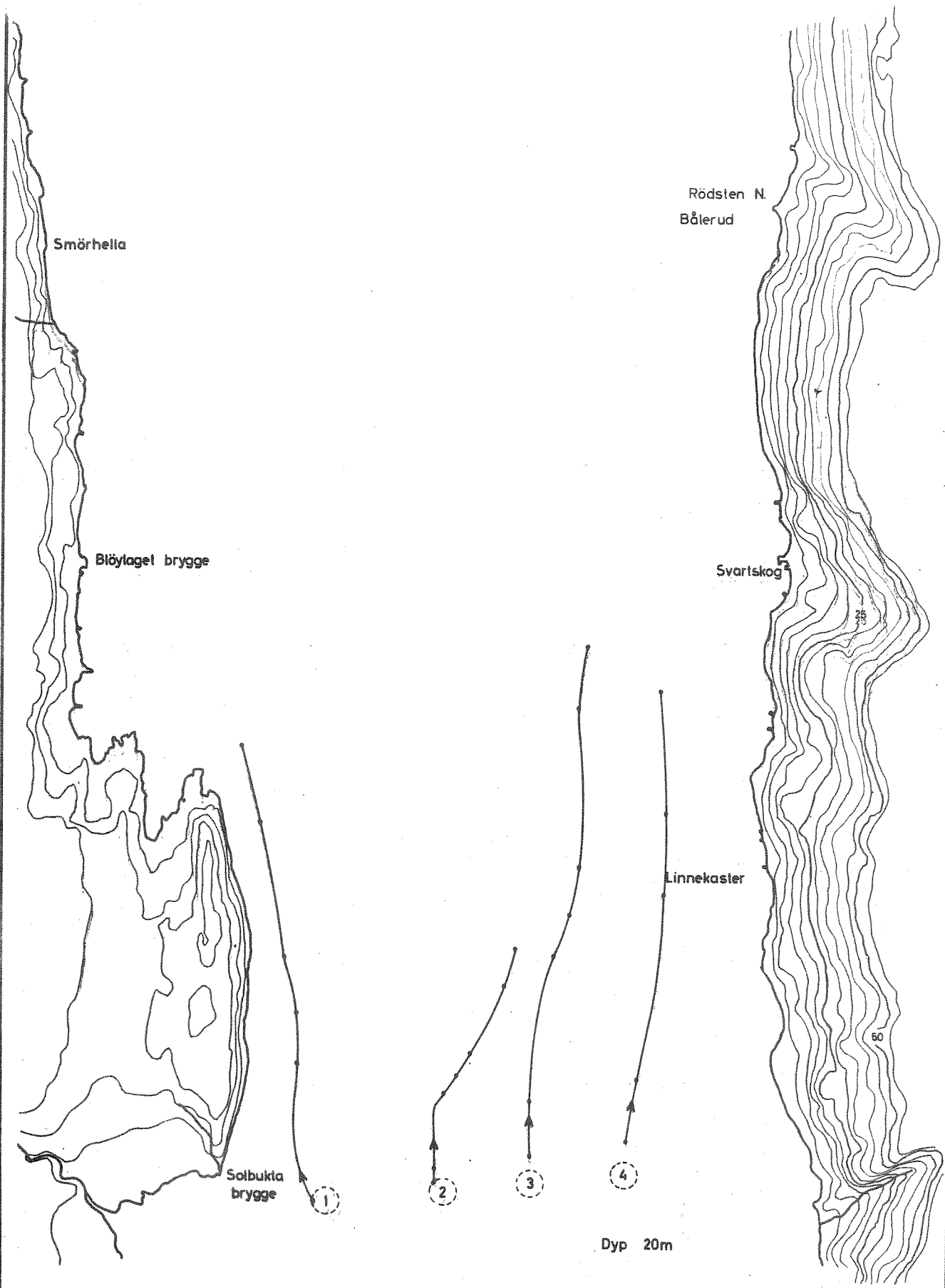
PL/tn

NORSK INSTITUTT FOR
VANNFORSKNING
BLINDERN

Strömkursundersökelse Bunnefjorden 14/8-64

M. Fig. 4

Nr. 0-65/63 2179



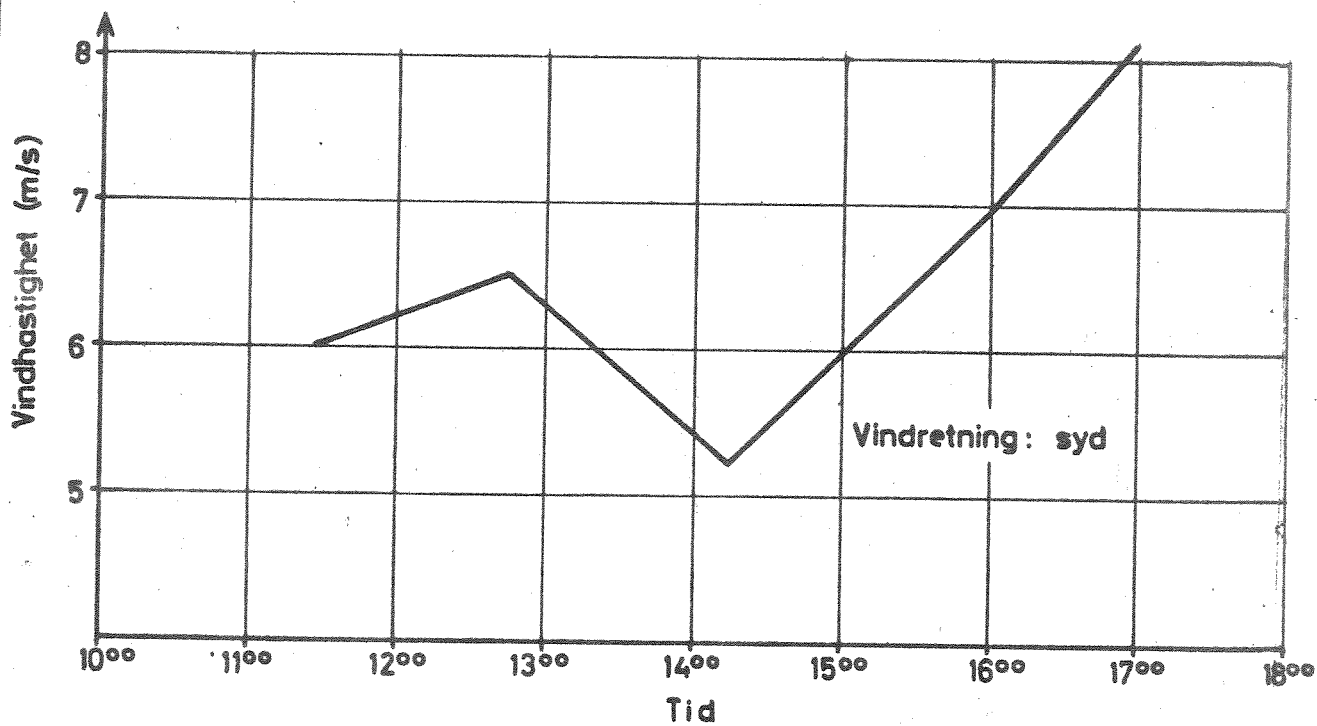
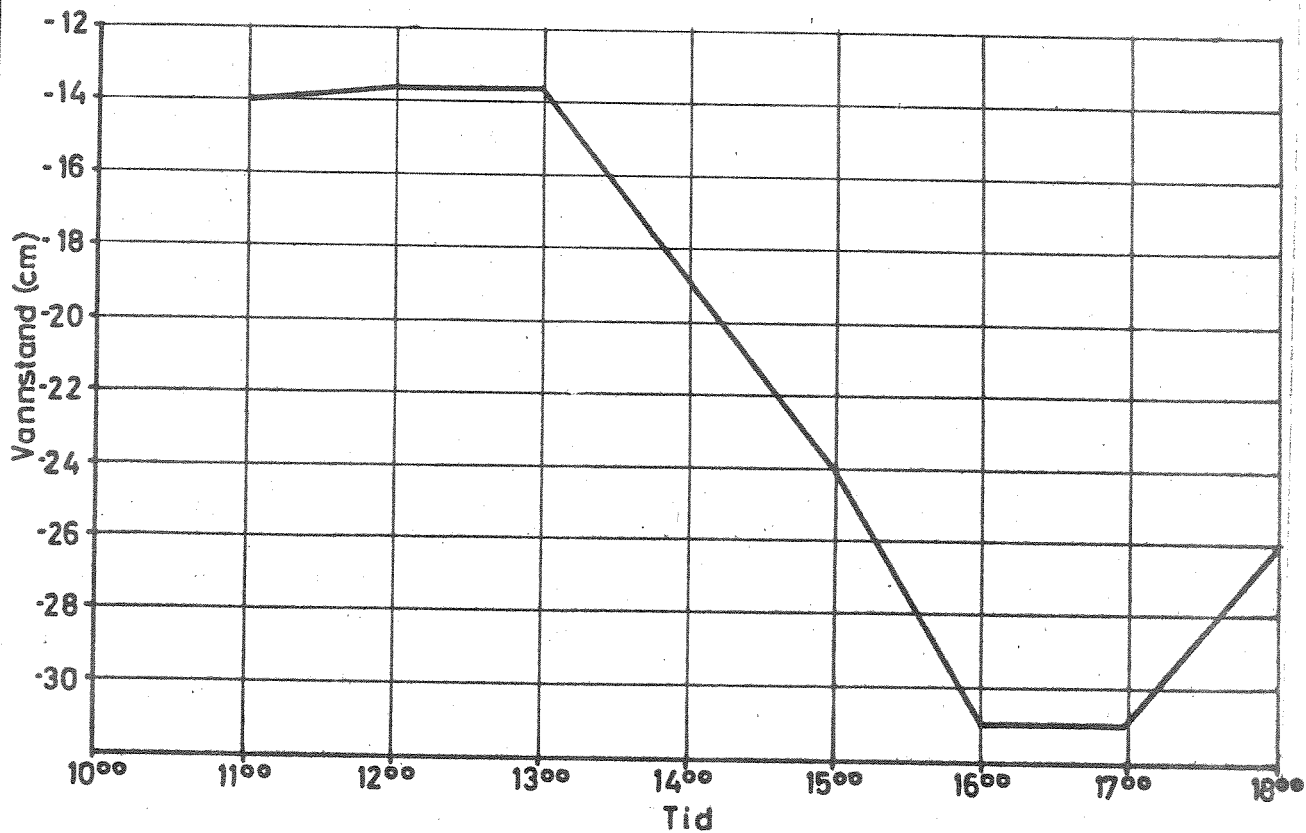
PL./rn

NORSK INSTITUTT FOR
VANNFORSKNING
BLINDERN

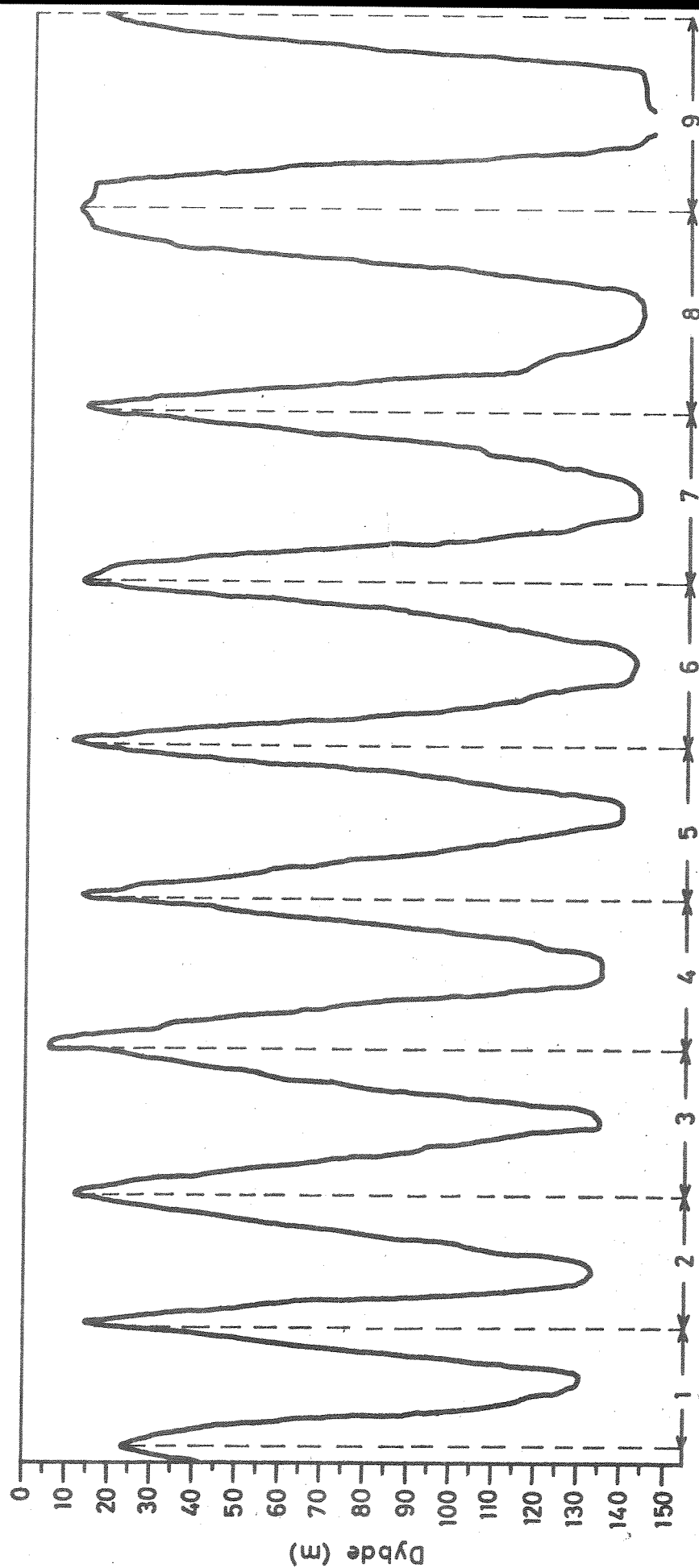
Strømkorsundersøkelse Bunnefjorden, 14/8-64

m. Fig. 5

Nr. 0-65/63 2180



Horizontalskala



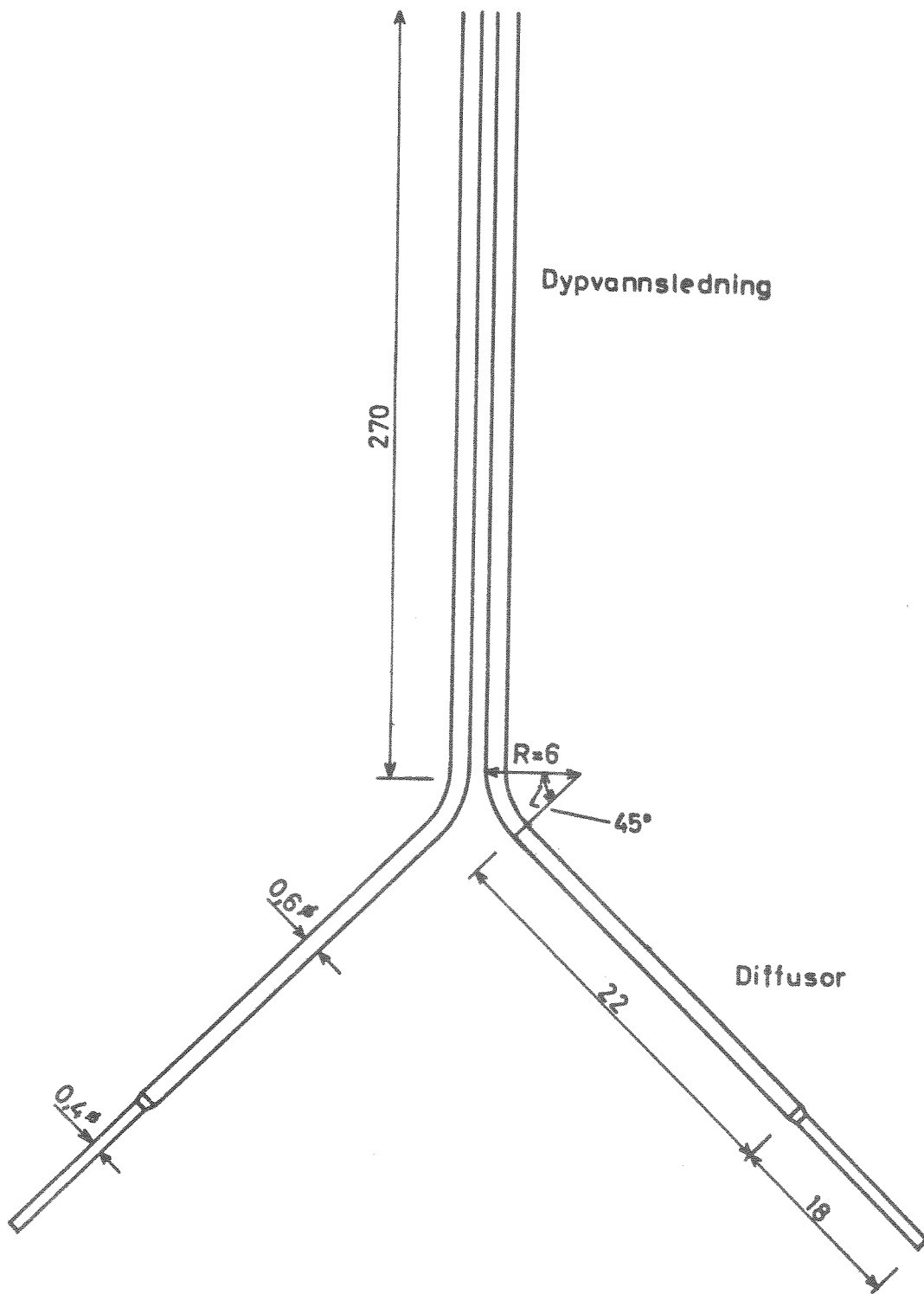
Bunnprofilene er tatt opp med ekkolodd fra forskningsbåten H.H.Gran. Båten hadde en fart på 5,5 sjömil/time og registrerte profilene kontinuerlig i traseer fra 1 til 9 (se fig.1). Profilene starter ca. 30m fra land.

NORSK INSTITUTT FOR
VANNFORSKNING
BLINDERN

Bunnprofiler tatt opp i Bunne-
fjorden ved Sjödalstrand
august 1964.

Fig. 7

0-65/63 3208



Alle mål i m

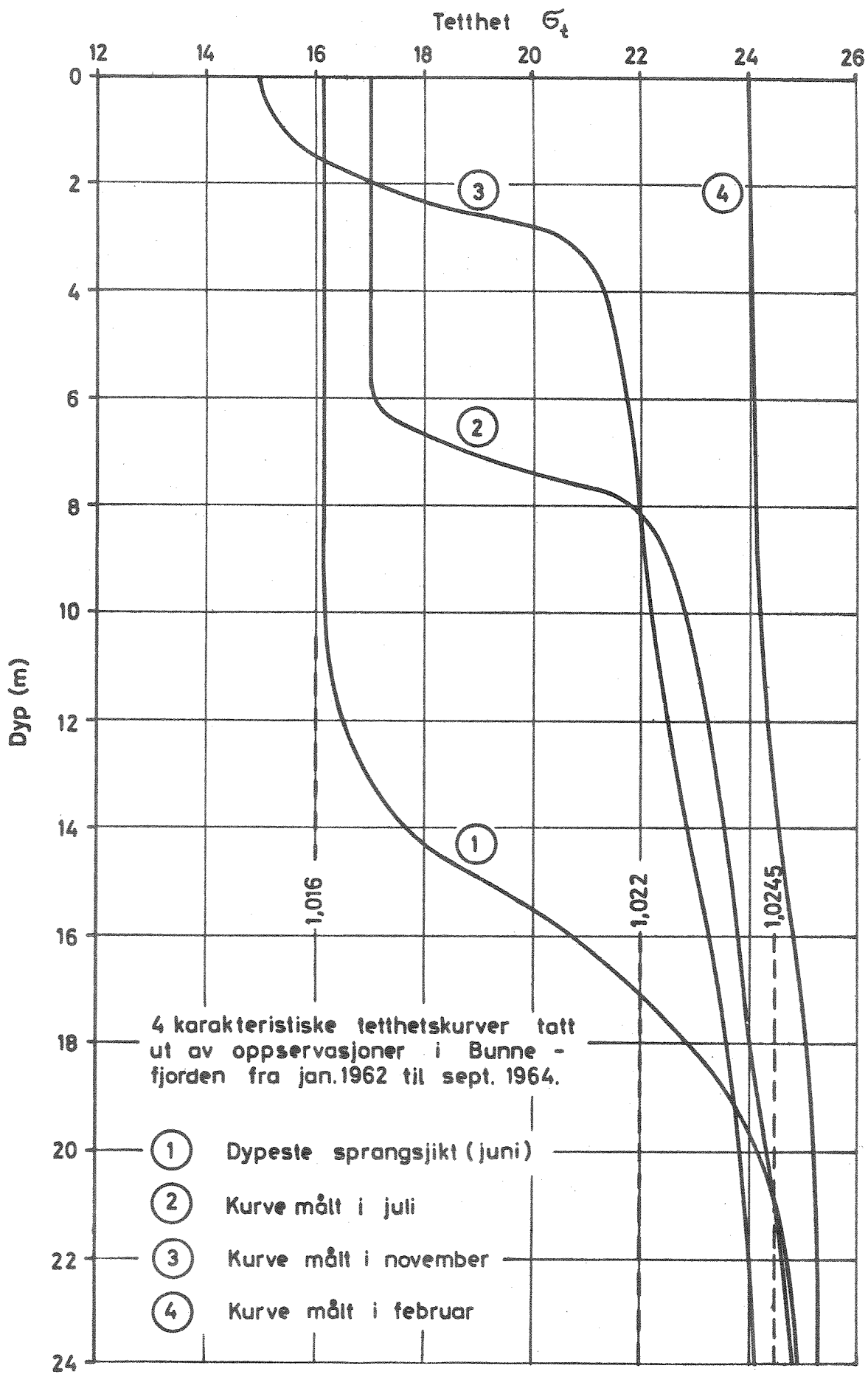
PL/rn

NORSK INSTITUTT FOR
VANNFORSKNING
BLINDERN

Forslag til dypvannsutslipp ved
Sjödälstrand

Fig 8

0-65/63 4544



Forslag til dypvannsutslipp ved Sjødalstrand (diffusor)

De inntegnede resultater gjelder for maks vannføring. I parentes står verdiene for min. vannføring

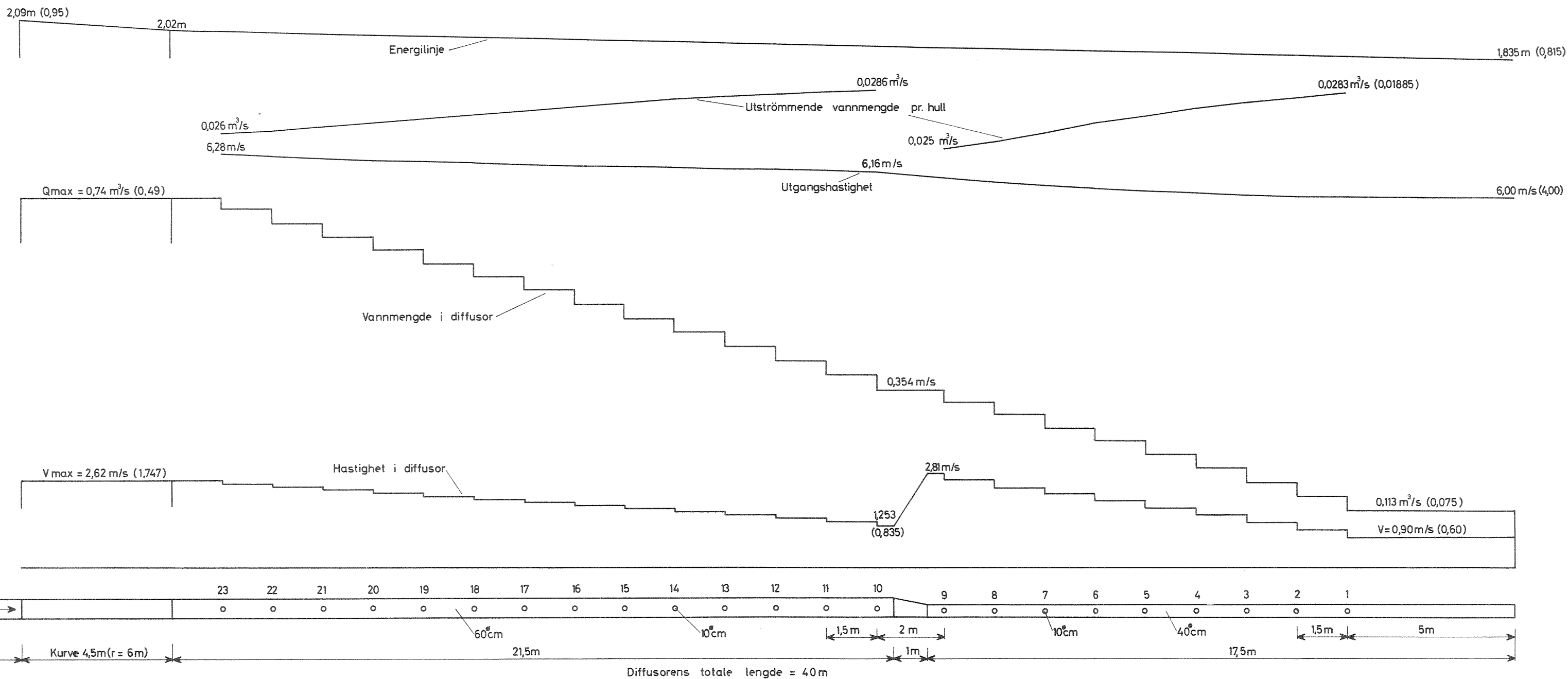
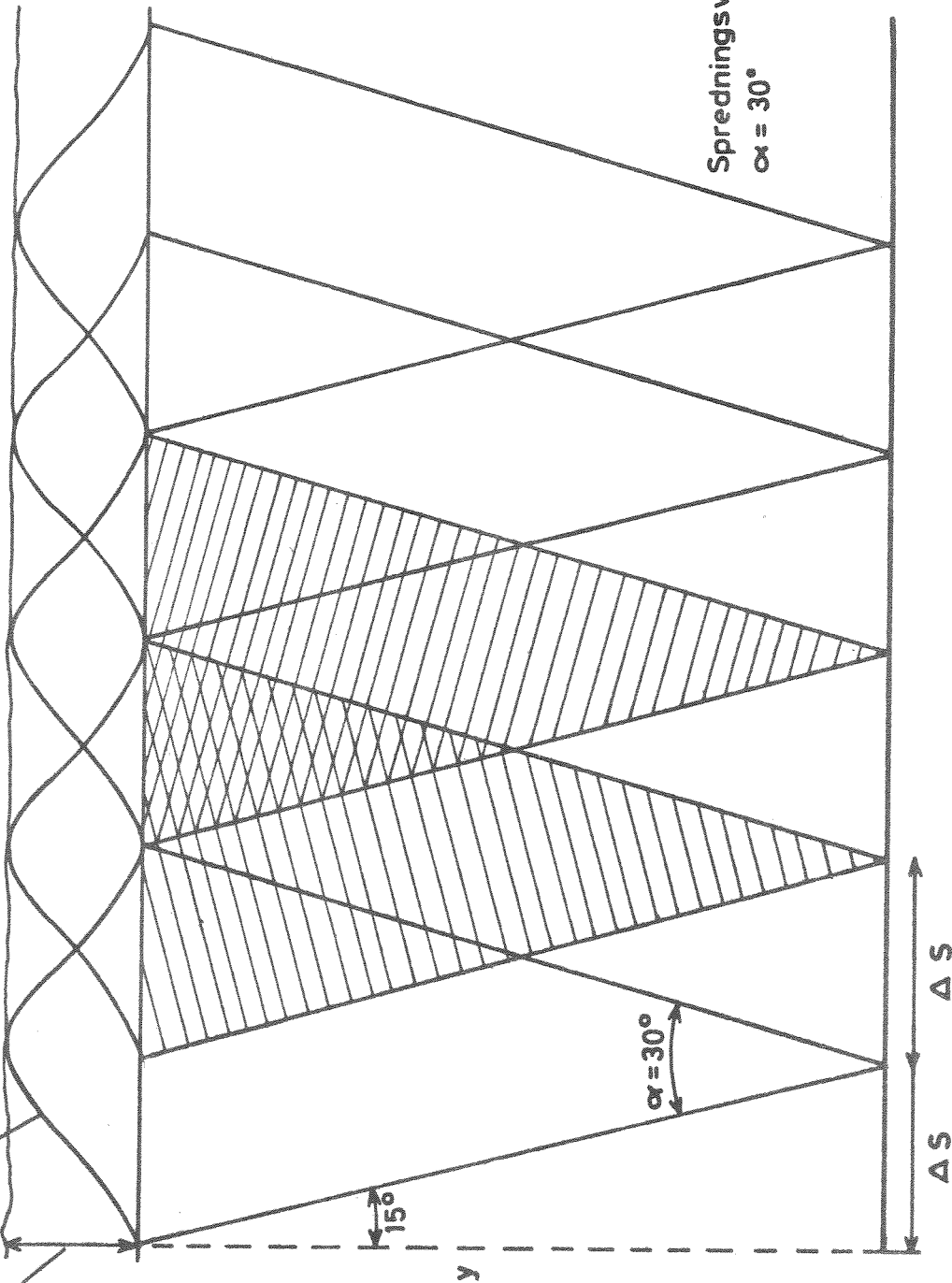


Fig.10

Valgt tetthet 1,022

Beregnet kloakkvannskonsentrasjon i høyde y over utløpene

Fordeling av kloakkvannskonsentrasjon fra et utløp



Spredningsvinkel
 $\alpha = 30^\circ$

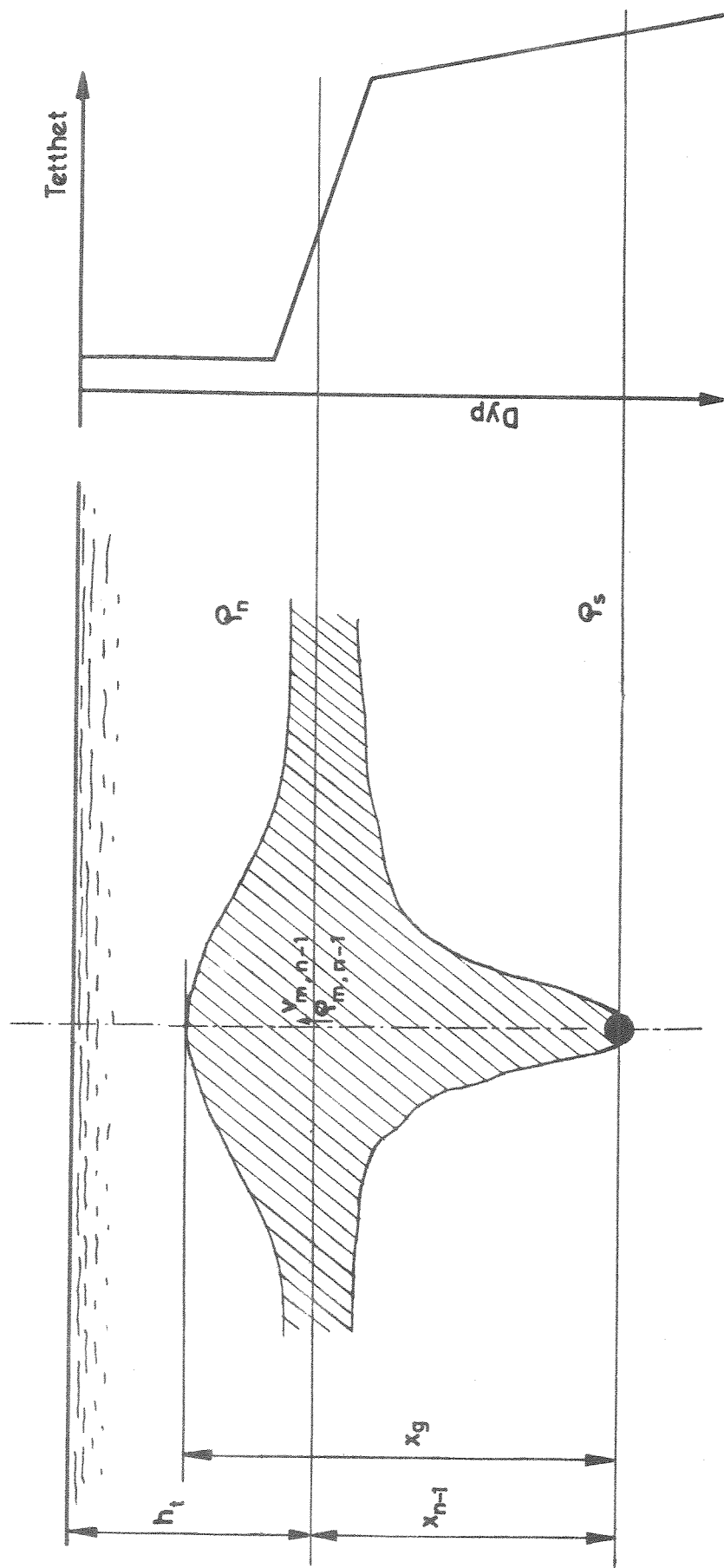
$\alpha = 30^\circ$

15°

y

ΔS

ΔS



$$\left(\frac{x_g}{x_{n-1}}\right)^3 = \frac{3}{5} \cdot 0,8 \cdot K \cdot |F| \cdot \left(\frac{3}{5} \frac{K}{L}\right)^{1/2} + \left(\frac{3}{5} \frac{K}{L}\right)^{3/2}$$