

0- 66/72

UTSLIPP AV AVLØPSVANN  
FRA SKOGHALLSVERKEN

- Dimensjonering av utløpsledning og diffusor.
- Avløpsvannets primærfortynning.

Vedlegg 1 : APPENDIX A,B,D,E,F.

Vedlegg 2 : APPENDIX C.

Rapporten avsluttet: 2.10.1972

Saksbehandler: Paul Liseth,  
siv.ing. Ph.D.

# INNHALDSFORTEGNELSE

	Side:
1. INNLEDNING	3
2. GRUNNLAG OG FORUTSETNINGER	4
2.1 Avløpsvannet	4
2.2 Hydrografiske forhold i resipienten	4
2.3 Utslippsarrangementer	5
2.3.1 Utslippstraseer	5
2.3.2 Utløpsledning og diffusor	5
2.4 Energi for transport av avløpsvannet	6
3. GENERELT OM UTFORMING OG DIMENSJON AV UTSLIPP	6
3.1 Utløpsledning	6
3.2 Diffusor	6
4. GENERELT OM AVLØPSVANNETS PRIMÆRFORTYNNING	8
5. FØRSTE BEREGNINGSSERIE	10
5.1 Utløpsledningens og diffusorens hydraulikk, alternativene 1-5	10
5.2 Avløpsvannets primærfortynning fra diffusor, alternativ 3	10
6. ANDRE BEREGNINGSSERIE	11
6.1 Utløpsledning og diffusor, alternativene 6 og 7	11
6.2 Avløpsstrålens primærfortynning fra diffusor, alternativ 7	11

## TABELLER

## FIGURER

- Vedlegg 1 : APPENDIX A, B, D, E og F  
" 2 : APPENDIX C

## 1. INNLEDNING

I forbindelse med ombygging av utslippet av avløpsvann fra Skoghallsverken, har Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut, SMHI, siden 1966 foretatt grundige hydrologiske undersøkelser i det aktuelle resipientområdet utenfor Skoghallsverken i Vänern. SMHI har videre foretatt et prinsippstudium av alternative metoder for utslipp av avløpsvannet.

Med bakgrunn i de nevnte undersøkelser, ble det i 1971 vedtatt av Vattendomstolen at avløpsvannet skulle føres ut i en dypvannsledning med utslipp gjennom en 300 m lang diffusor plassert mellom Skoghallsverken og Østra Klubben. I april 1972 henvendte SMHI seg til Norsk institutt for vannforskning, NIVA, for å få utført EDB-beregninger av alternative utløpsledninger og diffusorordninger, samt av avløpsvannets primærfortynning.

Beregningsgrunnlag og forutsetninger benyttet i denne rapport er hovedsaklig hentet fra "Undersøkingar før fastställande av læmliig plats før avloppsvattenutsläpp från Skoghallsverken (MÅL A 39/1966)", og forøvrig spesifisert av SMHI.

Beregningene er utført i to serier. Første beregningsserie, som omfatter utløpsledning og diffusor alternativene 1-5 forutsetter en maks. energihøyde på land av avløpsvannet over vannstanden i resipienten på 4 meter ved en avløpsmengde på  $4 \text{ m}^3/\text{s}$ . Den andre beregningsserie forutsetter en maksimal energihøyde på avløpsvannet over vannstanden i resipienten på 2,4 meter ved en avløpsmengde på  $4 \text{ m}^3/\text{s}$  og er utført for utløpsledning og diffusor alternativene 6 og 7.

I de benyttede regneprogrammer for EDB er all klartekst skrevet på engelsk. Likeledes er beregningsmetoder og programbeskrivelse på engelsk. Enkelte avsnitt, såvel som tabeller, fremstår derfor i denne rapport på engelsk.

## 2. GRUNNLAG OG FORUTSETNINGER

### 2.1 Avløpsvannet

Avløpsmengden i utslippet er i middel  $4 \text{ m}^3/\text{s}$  og vil kunne variere med ca.  $\pm 10\%$ .

Avløpsvannet pumpes inn som kjølevann til fabrikken fra 10 m dyp i Vänern. I fabrikken påvirkes avløpsvannets tetthet først og fremst ved at vannet varmes opp  $10^\circ\text{C}$ . I tillegg til temperaturpåvirkningen tilføres avløpsvannet stoffer som øker vannets tetthet med 0,5  $\sigma$ -enheter. Avløpsvannets tetthet, før dette føres gjennom fabrikken, tilsvarer resipientvannets tetthet på 10 m dyp.

På figur 1 er ferskvannets tetthet, før dette passerer fabrikken, fremstilt som funksjon av temperatur. På samme figur er også avløpsvannets tetthet fremstilt som funksjon av temperatur. Ved samme temperatur er disse kurver atskilt med 0,5  $\sigma$ -enheter. Avløpsvannets tetthet fremkommer således ved å lese av tettheten på avløpsvannets tetthetskurve ved en temperatur som er  $10^\circ\text{C}$  over resipientvannets temperatur på 10 m dyp.

Stoffer som tilsettes avløpsvannet i fabrikken, vil i alt vesentlig være i løst eller kolloid form. En sedimenteringstest av avløpsvannet viste at det etter 2-3 timer ikke ble dannet noe visuelt bunnsjikt av sedimenter. Først etter 2-3 døgn dannet det seg et bunnsjikt av fiber som volummessig utgjorde mindre enn 0,5% av vannprøvens volum (sedimenteringstest utført av SMHI). Avløpsvannet vil maksimalt ha en oppholdstid i utslipningsarrangementet på 5-10 min. og vil hele tiden ha fullt utviklet turbulent strømming. Det antas derfor at avsetningsfaren i utløpsledning og diffusor er minimal.

### 2.2 Hydrografiske forhold i resipienten

Skoghallsverken er lokalisert i den nordlige del av Vänern. Nærmeste resipientområde ved utslippet er Kattfjorden i nord og det åpne fjordområdet ut i Vänern mot syd. Karakteristiske temperaturprofiler for de ulike årstider i resipientområdet er vist på figur 1.

I utslippsområdet mellom Skoghallsverken og Østra Klubben vil temperaturen på vannet om vinteren kunne synke til 0°C i overflaten og mellom 0 og 1°C i dypere vannlag (temperaturprofil 4). Om våren og utover sommeren tilføres varme til overflatevannet og en markert tett-  
 hetssjiktning oppstår. Som karakteristiske temperaturprofiler er temperaturverdier registrert i juni og i august, vist på figur 1 (temperaturprofil 2 og 3). Det fremgår at det i sommerhalvåret er en markert gradient i temperaturprofilen under 10 m, som for juni måned går ned til ca. 15 m dyp og for september måned ned til ca. 20 m dyp.

Etter en avkjøling av vannet utover høsten, fremstår høstsirkulasjonen med homogen temperaturfordeling på ca. 10°C (temperaturprofil 1). De ovennevnte temperaturprofiler er lagt til grunn for beregninger i denne rapport.

Vannstrømmene i utslippsområdet er relativt svake og synes å være hovedsakelig vindinduserte. Nedenstående tabell viser medianverdiene av registrerte strømningshastigheter (cm/s) i utslippsområdet.

Stasjon	Tid	5 m dyp	20(25)m dyp
101	28.5- 9.7.1968	15,0	3,3
101	9.7-25.9.1968	6,5	1,9
102	28.5- 9.7.1968	6,9	1,5
102	9.7-25.9.1968	3,3	< 1,5

## 2.3 Utslippsarrangementet

### 2.3.1 Utslippstraséer

Figur 2 viser de tre aktuelle utslippstraséer, betegnet med A, B og C, alle beliggende mellom Østra Klubben og Skoghallsverken. Tilsvarende tre dybdeprofiler er vist på figur 3.

### 2.3.2 Utløpsledning og diffusor

Avløpsvannet skal slippes ut gjennom en 300 m lang diffusor beliggende mellom 200 og 500 m fra land. Utløpsledning og diffusor skal utføres som trekonstruksjon. For beregning av friksjonstap i tre-rør er Darcy's friksjonskoeffisient satt konstant til 0,1. For valg av rørdimensjoner er følgende standard rørdimensjoner lagt til grunn (indre dia. i mm): 526,660,794,928,1062,1196,1330,1464,1598,1732,1866,2000.

## 2.4 Energi for transport av avløpsvannet

Den nødvendige energi for transport av avløpsvannet ut i resipienten skal besørages av avløpsvannets potensielle energi på land i forhold til resipientens overflate. I første beregningsserie, utløpsledning og diffusor alternativene 1 - 5, er maks. energihøyde 4 meter. I andre beregningsserie, utløpsledning og diffusor alternativene 6 og 7, er den maksimale energihøyden 2,4 meter.

## 3. GENERELT OM UTFORMING OG DIMENSJONERING AV UTSLIPP

### 3.1 Utløpsledning

Utløpsledningen skal føre avløpsvannet ut til diffusoren som har sin beliggenhet mellom 200 og 500 m fra land. Utløpsledningens trasé bør være jevnt fallende uten høydepunkter hvor luft og gass kan samles.

Avløpsvannets hastighet i utløpsledningen må videre sikre en utspyling av ledningen for sedimenterbare stoffer såvel som for ansamlinger av luft og gass. Ifølge sedimenteringstest foretatt ved SMHI på avløpsvannet fra Skoghallsverket, er faren for avsetning i utløpsledning og diffusor minimal. Det antas at hastigheter ned til 0,30 m/s vil være tilstrekkelig for å sikre en selvrensende ledning. Utløpsledningens diameter er valgt til 2 m, som gir en god spylehastighet på 1,28 m/s ved en avløpsmengde på  $4 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Avløpsvannet føres inn i utløpsledningen fra et trykkammer på land. Foruten å gi mulighet for oppstuvning til største energihøyde, må trykkammeret være selvrensende uten mulighet for opphopning av sedimenterbare materialer. Trykkammeret må videre utformes slik at luft ikke føres med inn i utløpsledningen. Dette oppnås vanligvis best ved at trykkammeret gis tilstrekkelig tverrsnitt for en effektiv utluftning av avløpsvannet og ved at inntaket til utløpsledningen legges under laveste vannstand i resipienten.

### 3.2 Diffusor

Hensikten med en diffusor er å fordele avløpsvannet ut i resipientens vannmasser i et bestemt dyp over en bestemt lengde. Videre søkes det vanligvis oppnådd størst mulig primærfortynning med minimum tap av energi i utslippet.

Den konstruktive utforming av en diffusor vil variere avhengig av avløpsvannets og resipientens egenskaper. En enkel, men effektiv, diffusor som ofte er benyttet, består av en rørledning ved bunnen med runde hullåpninger for avløpsstråler langs begge sider. For å unngå stabilitetsproblemer ved fordeling av avløpsvannet til hullene, er disse plassert annen hver gang til hver side av rørledningen. Diffusoren legges vanligvis direkte på bunnen og krever stabile bunnforhold. Denne enkle type diffusor er foreslått benyttet for avløpsvannet fra Skoghallsverken.

Avløpsvannet bør fordeles jevnest mulig til de enkelte avløpsstråler langs diffusoren, dvs. en jevn avløpsbelastning. Dette oppnås først og fremst ved å variere diameteren på avløpsstrålene langs diffusoren.

Hastigheten til avløpsvannet må også i diffusoren være tilstrekkelig for å gi en regelmessig rensing og utspyling av eventuelle sedimenterte stoffer, flytestoffer og vekst i diffusoren. Får disse stoffer anledning til å akkumulere, vil de kunne føre til permanent reduksjon i diffusorens kapasitet, og det kan være fare for tiltetning av avløps-hullene. Som utgangspunkt for dimensjonering og beregninger av diffusoren, er alternative minste spylehastigheter fra 0,30 til 0,50 m/s benyttet for å sikre selvrensning. En spylehastighet under 0,50 m/s, vil imidlertid ikke være tilstrekkelig til å fjerne tyngre materiale som leire, sand, grus osv. Slike tyngre materialer må i sin helhet fjernes før avløpsvannet føres inn i utløpsledningen, f.eks. i tilknytning til trykkammeret.

Avløpsmengden som strømmer inne i diffusoren, vil bli gradvis redusert mot den ytre ende. For å opprettholde tilstrekkelig spylehastighet, vil det være hensiktsmessig å redusere diffusorens diameter trinnvis mot den ytre ende. For å unngå en for sterk reduksjon i diffusorens diameter i den ytre ende, er det som regel nødvendig å gi endeåpningen en noe større avløpsmengde enn de øvrige hull, eventuelt anordne to hull i enden.

Hull for avløpsstrålene bør enkelt bestå av runde hull i rørledningens vegg. For å unngå eventuelle erosjonsskader på innsiden av hullene, bør disse forsterkes med en krage, eventuelt i rustfritt stål. Dette vil også bidra til at kontraksjonskoeffisienten for avløpsstrålen ikke forandres. For å oppnå den gunstigste primærfortynning, er - etter avtale med SMHI - avløpsstrålene valgt rettet i en vinkel av 30°

til horisontalen ut fra diffusoren. For å hindre at vann fra resipienten trenger inn i diffusoren, bør summen av hullenes effektive areal være mindre enn utløpsledningens areal. Dette sikrer at utstrømnings-hastigheten i strålene er større enn hastigheten i utløpsledningen. Erfaringer tilsier at et totalt eff.hullareal fra  $1/2$ - $2/3$  av utløps-ledningens areal gir gode utstrømningsforhold i hullene. Hullenes størrelse og avstand mellom hullene kan variere slik at de gir en tilnærmet konstant avløpsbelastning langs diffusoren. For å oppnå størst mulig primærfortynning, bør hullene lages så små som mulig. For å sikre en god drift i strålene, antas imidlertid at hullene ikke bør lages mindre enn 20 cm i diameter. Videre må avløpsstrålene plasseres i tilstrekkelig avstand fra hverandre slik at strålene ikke blandes sammen under primærfortynningsfasen. For å sikre at strømningsforholdene i diffusoren i nærheten av et hull er tilnærmet uavhengig av de andre hull, bør avstanden mellom disse være minst 10, helst 50 ganger hullkarakteren. Til slutt bør nevnes at det er av viktighet at diffusoren gis en solid forankring til bunnen for å sikre at avløpsstrålenes retning forblir uforandret.

For beregning av diffusorens hydraulikk, er metode presentert av Rawn, Bowerman og Brooks, 1961 (2), benyttet. Basert på denne beregningsmåte er det ved NIVA utviklet et program for EDB-beregning av utløpsledning med diffusor. For beskrivelse av beregningsmetode og EDB-program, henvises til appendix A.

#### 4. GENERELT OM AVLØPSVANNETS PRIMÆRFORTYNNING

Avløpsvannets primærfortynning (også kalt initialfortynning eller strålefortynning) omfatter fortynningsprosessen fra avløpsvannet forlater utslippshullet til en innlagring i resipientens vann. Primærfortynningen er hovedsaklig bestemt av avløpsstrålens kinetiske energi og gravitasjonskrefter og er vanligvis avgjørende for avløpsvannets forurensning av resipientens vann i utslippets umiddelbare nærhet.

Primærfortynningen kan deles inn i fire soner :

- 1) Sonen hvor jetstrålen utvikles
- 2) Sonen med fullt utviklet jetstråle
- 3) Innlagringssonen ved overflaten eller neddykket i resipienten
- 4) Sonen med horisontal spredning.



Jetstrålen utvikles i løpet av de første 5-10 hulldiametre fra utslipningshullet og utgjør vanligvis en kort del av hele jetstrålen. Avløpsstrålen vil normalt ha fullt utviklet turbulens idet den forlater rørledningen. Gjennom skjærkrefter overføres strålens impuls gradvis til det omliggende vann. Denne utveksling av impuls begynner ved den ytre periferi av strålen og trenger gradvis dypere og dypere inn i strålen for å nå sentrum ved enden av sonen hvor jetstrålen utvikles. Det er funnet at hastighetsfordelingen over strålen her med god tilnærming kan beskrives med Gauss normalfordelingsfunksjon.

Sonen med fullt utviklet jetstråle utgjør vanligvis den største del av primærfortynningsfasen. Karakteristisk for strålen i denne sonen er at impuls og væske utskiftes ved turbulens over hele tverrsnittet av strålen. Forholdet mellom strålens impuls ved utslipp og gravitasjonskrefter er bestemmende for strålens bevegelse i resipienten.

Når avløpsvannet opp til overflaten, vil det dannes et overflatelag av en blanding av avløpsvann og resipientens vann. Tetthetsgradienter i resipientens vann vil kunne forårsake at avløpsstrålen innlagres i et neddykket horisontalt lag. I innlagringssonen overføres strålens vertikale bevegelse i en horisontal transport av avløpsvannet. Innlagringssonen bidrar i liten grad til en ytterligere fortynning av avløpsstrålen.

I sonen med horisontal spredning av avløpsvannet, vil i nærheten av utslippet, den interne stråleturbulens, fremdeles kunne være av betydning for avløpsvannets fortynning. Imidlertid vil avløpsvannets fortynning i denne sonen først og fremst være bestemt av den frie blanding gjennom resipientvannets naturlige turbulens.

I de senere år er det utført en rekke teoretiske, såvel som eksperimentelle, studier av fortynningsprosessen for avløpsstråler. Ved NIVA er det utviklet et program for EDB-beregning av initialfortynningen i sonen for fullt utviklet jetstråle. Dette dataprogrammet bygger på en teoretisk beskrivelse av stråleblanding presentert av Loh-Nien-Fan og Norman H. Brooks, 1969 (3). For beskrivelse av beregningsmetode og EDM-program, henvises til appendix B.

## 5. FØRSTE BEREGNINGSSERIE

### 5.1 Utløpsledningens og diffusorens hydraulikk, alternativene 1-5

Fem alternative utforminger av utslippsarrangementet er beregnet ut fra den forutsetning at avløpsvannets overhøyde i trykkammeret på land i forhold til resipientens vannstand minst utgjør 4 meter. Beregningene er utført med beregningsmetode og EDB-program beskrevet i appendix A.

De relativt små dybdeforskjeller i utløpstraséene A, B og C, har en ubetydelig innvirkning på beregningsresultatene. Beregningene er utført for den interne dybdeskalaen. De virkelige dybdeforhold med variasjoner i resipientens vannstand vil heller ikke påvirke merkbart beregningsresultatene av utløpsledningens og diffusorens hydraulikk.

Tabell 1 viser en sammenstilling av utgangsverdier for beregning av diffusorene, alternativene 1-5. Det fremgår her at for diffusor alternativ 1, er den minste spylehastighet satt til 0,30 m/s, mens diffusorene 2 og 3, samt 4 og 5, har henholdsvis 0,40 m/s og 0,50 m/s som minste spylehastighet. De viktigste beregningsresultatene for alternativene 1-5 er gjengitt på tabell 2.

Figurene 4 - 8 viser en grafisk fremstilling av utløpsledningens og diffusorens hydraulikk for alternativene 1-5. Figur 9 viser transportkapasitet for varierende avløpsmengde.

Forøvrig er alle EDB-beregninger vist som utskrift i appendix C.

### 5.2 Avløpsvannets primærtynning fra diffusor, alternativ 3

Etter avtale med SMHI ble det utført beregninger av avløpsvannets fortykning fra diffusor, alternativ 3. Beregningene er utført ved hjelp av et EDB-program etter beregningsmetode beskrevet i appendix B. Beregningene er utført for avløpsstrålene rettet  $20^{\circ}$  og  $30^{\circ}$  fra horisontalen for hull 1, 2 og 31, for diffusor beliggende på samtlige tre utløpstraseer A, B og C. Beregningene er videre foretatt for de fire temperaturprofiler fremstillet i figur 1. Tilsvarende tetthet på avløpsvannet er bestemt ut av figur 1. Utskrift av beregningsresultatene er gjengitt i appendix D. Figurene 10-21 viser avløpsstrålens bevegelse ved inntegnet senterlinje. Ved høyeste oppheng-

ning av avløpsvannet mot overflaten, er strålens bredde og senterfortynning påskrevet. Det fremgår av figurene at under høstsirkulasjonen vil avløpsvannet trenge opp til overflaten. Om vinteren når resipientens vann nærmer seg  $0^{\circ}\text{C}$ , vil avløpsvannet være tyngre enn det omliggende vann i resipienten og avløpsstrålen vil føres i en bue ned mot bunnen. Under sommerhalvåret med markert tetthetsgradient i resipientens vann, vil avløpsvannet lagres inn omtrent midt i mellom bunnen og overflaten.

## 6. ANDRE BEREGNINGSSERIE

### 6.1 Utløpsledning og diffusor, alternativene 6 og 7

På grunn av endringer i avløpssystemet, ønsket SMHI å få utført ytterligere beregninger av alternative utløpsarrangementer med den forutsetning at overhøyden i trykkammeret på land, i forhold til resipientens vannstand, minst utgjør 2,4 meter. Som utgangspunkt for nye beregninger, skulle utløpsledning og diffusor alternativ 3, samt utløpstrasé A, legges til grunn. For å redusere den nødvendige energihøyde til under 2,4 m i alternativ 3, var det nødvendig å redusere den minste spylehastighet i diffusoren og øke hulldiametrene for utløpsstrålene. Tabell 3 viser en sammenstilling av utgangsverdier for beregning av alternativene 6 og 7. De viktigste beregningsresultater er gjengitt på tabell 4. Beregningsresultatene for alternativene 6 og 7 er også gjengitt som EDB-utskrift i appendix E. Figurene 21 til 23 viser karakteristiske data for utløpsledningens og diffusorens hydraulikk for alternativene 6 og 7. Transportkapasitet ved varierende avløpsmengde er vist på figur 9.

### 6.2 Avløpsstrålens primærfortynning fra diffusor, alternativ 7

Etter avtale med SMHI ble det utført fortynningsberegninger for avløpsvannet fra diffusor, alternativ 7, beliggende på utløpstrasé B. Beregningene er som tidligere utført for avløpsstrålene 1, 2 og 31. Figurene 24 til 27 viser avløpsstrålens bevegelse ved senterlinjen for utslippsretning  $20^{\circ}$  og  $30^{\circ}$  fra horisontalen. Avløpsstrålens bredde og senterfortynning er påskrevet for høyeste opptrengningspunkt. Appendix F viser beregningsresultatene i form av EDB-utskrift.

## R E F E R A N S E R

1. Undersökningar för fastställande av lämplig plats för avloppsvattenutsläpp från Skoghallsverken, Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut, MÅL A 39/1966.
2. Differences for Disposal of Sewage in Sea Water, Trans. ASCE, Vol. 126, Pt. III, pp 344-388, 1961. Rawn, A.M., Bowerman, F.R. and Brooks, N.H.
3. Numerical Solutions of Turbulent Buoyant Jet Problems, California Institute of Technology, W.M. Keck Lab. of Hydraulics and Water Resources, Report No. KH-R-18, 1969. Fan, L.-N. and Brooks, N.H.
4. Computer Program for Round Buoyant Jets into Stratified Ambient Environments, California Institute of Technology, W.M. Keck Lab. of Hydraulics and Water Resources, Technical Memorandum 69-1, 1969. Ditmars, J.D.

INITIAL VALUES FOR THE CALCULATION OF THE MANIFOLD (INPUT)

Table 1

	MANIFOLD 1	MANIFOLD 2	MANIFOLD 3	MANIFOLD 4	MANIFOLD 5
Q D E S Design discharge flow.	4.00 m <sup>3</sup> /sec	4.00 m <sup>3</sup> /sec	4.00 m <sup>3</sup> /sec	4.10 m <sup>3</sup> /sec	4.00 m <sup>3</sup> /sec
V M A X Max. velocity in manifold for design flow	2.00 m/sec	2.00 m/sec	2.00 m/sec	2.00 m/sec	2.00 m/sec
V M I N Min. velocity in manifold for design flow	0.30 m/sec	0.40 m/sec	0.40 m/sec	0.50 m/sec	0.50 m/sec
D I S T(1) Distance from shore to port 1	500.00 m	500.00 m	500.00 m	500.00 m	500.00 m
U (1) Discharge velocity of port 1	3.00 m/sec	4.00 m/sec	4.00 m/sec	4.00 m/sec	4.00 m/sec
D I A (2) Diameter of manifold between port 1 and port 2	0.93 m	0.93 m	0.93 m	0.79 m	0.79 m
D L (2) Length between port 1 and 2	15.00 m	15.00 m	10.00 m	10.00 m	10.00 m
D (2) Diameter of port 2	0.30 m	0.27 m	0.25 m	0.22 m	0.23 m
DL (3) Length between port 2 and 3	15.00 m	15.00 m	10.00 m	10.00 m	10.00 m
D E N S (Spec.grav.seaw.-spec.grav.wastew.)/(Spec.grav.wastew.)	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
V P I P E Upper limit for velocity in outfall pipeline at design flow	1.20 m/sec	1.20 m/sec	1.20 m/sec	1.20 m/sec	1.20 m/sec
F R M Darcy friction factor in manifold	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
F R P Darcy friction factor in outfall pipeline	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
PORT NO K1	10	9	11	20	10
D I A (K1)	2.00 m	2.00 m	2.00 m	2.00 m	1.60 m
D L (K1)	15.00 m	15.00 m	10.00 m	10.00 m	10.00 m
D (K1)	0.30 m	0.27 m	0.21 m	0.22 m	0.22 m

THE LENGTH BETWEEN THE PORTS DL(N) AND THE DIAMETER OF THE PORTS D(N) ARE KEPT CONSTANT ALONG THE MANIFOLD AND SET EQUAL TO RESPECTIVELY DL(3) AND D(2).

IF K1 > 0 THE DIA(N), DL(N) AND D(N) ARE CHANGED FOR N=K1 TO DIA(K1), DL(K1) AND D(K1).

CALCULATED VALUES FOR THE MANIFOLD (OUTPUT)

Table 2

	MANIFOLD 1	MANIFOLD 2	MANIFOLD 3	MANIFOLD 4	MANIFOLD 5
Total discharge	4.22 m <sup>3</sup> /sec	4.03 m <sup>3</sup> /sec	4.07 m <sup>3</sup> /sec	4.23 m <sup>3</sup> /sec	4.03 m <sup>3</sup> /sec
Diameter of outfall pipeline	2.00 m	2.00 m	2.00 m	2.00 m	2.00 m
Velocity in outfall pipeline	1.34 m/sec	1.28 m/sec	1.30 m/sec	1.35 m/sec	1.28 m/sec
Total length of outfall pipeline	200.64 m	200.64 m	200.64 m	200.64 m	200.64 m
Total length of manifold	300.00 m	300.00 m	300.00 m	300.00 m	300.00 m
Diameter of manifold (ID) at distance (DIST) from shore	Dist 200-365 m 2.00 m	Dist 200-380 m 2.00 m	Dist 200-400 m 2.00 m	Dist 200-310 m 2.00 m	Dist 200-310 m 2.00 m
	Dist 380-500 m 0.93 m	Dist 395-500 m 0.93 m	Dist 410-500 m 0.93 m	Dist 320-410 m 1.60 m	Dist 320-420 m 1.60 m
				Dist 420-500 m 0.79 m	Dist 430-500 m 0.79 m
Number of ports	21	21	31	31	31
Distance between ports	15	15	10	10	10
Port size	Port 1 0.37 m Port 2-21 0.30 m	Port 1 0.37 m Port 2-21 0.27 m	Port 1 0.37 m Port 2,10 0.25 m Port 11-31 0.21 m	Port 1 0.35 m Port 2-31 0.22 m	Port 1 0.35 m Port 2-10 0.23 m Port 11-19 0.22 m Port 20-31 0.21 m
Total head at shore	2.62 m	2.80 m	2.88 m	3.19 m	2.93 m

Table 3 INITIAL VALUES FOR THE CALCULATION OF THE MANIFOLD (INPUT)

		MANIFOLD 6		MANIFOLD 7	
Q D E S	Design discharge flow	4.00	m <sup>3</sup> /sec	4.00	m <sup>3</sup> /sec
V M A X	Max. velocity in manifold for design flow	2.00	m/sec	2.00	m/sec
V M I N	Min. velocity in manifold for design flow	0.40	m/sec	0.30	m/sec
D I S T(1)	Distance from shore to port 1	500.00	m	500.00	m
U (1)	Discharge velocity of port 1	3.00	m/sec	3.00	m/sec
D I A (2)	Diameter of manifold between port 1 and 2	0.98	m	0.98	m
D L (2)	Length between port 1 and 2	10.00	m	10.00	m
D (2)	Diameter of port 2	0.27	m	0.28	m
D L (3)	Length between port 2 and 3	10.00	m	10.00	m
D E N S	(Spec.grav.seaw.-spes.grav.wastew.)/(Spec.grav.wastew.)	0.001		0.001	
V P I P E	Upper limit for velocity in outfall pipeline at design flow	1.20	m/sec	1.20	m/sec
F R M	Darcy friction factor in manifold	0.10		0.10	
F R P	Darcy friction factor in outfall pipeline	0.10		0.10	
PORT NO K1		10		10	
D I A (K1)		2.00	m	2.00	m
D L (K1)		10.00	m	10.00	m
D (K1)		0.25	m	0.25	m

THE LENGTH BETWEEN THE PORTS DL(N) AND THE DIAMETER OF THE PORTS D(N) ARE KEPT CONSTANT ALONG THE MANIFOLD AND SET EQUAL TO RESPECTIVELY DL(3) AND D (2)  
 IF K1 > 0 THE DIA (N), DL(N), AND D (N) ARE CHANGED FOR N=K1 TO DIA(K1), DL(K1), AND D(K1)

Table 4 CALCULATED VALUES FOR THE MANIFOLD (OUTPUT)

	MANIFOLD 6	MANIFOLD 7
Total discharge	4.11 m <sup>3</sup> /sec	4.02 m <sup>3</sup> /sec
Diameter of outfall pipeline	2.00 m	2.00 m
Velocity in outfall pipeline	1.31 m/sec	1.28 m/sec
Total length of outfall pipeline	200.64 m	200.64 m
Total length of manifold	300.00 m	300.00 m
Diameter of manifold (ID) at distance (DIST) from shore	Dist. 200-410 m 2.00 m	Dist. 200-410 m 2.00 m
	Dist. 420-500 m 0.98 m	Dist. 420-500 m 0.98 m
Number of ports	31	31
Distance between ports	10	10
Port size	Port 1 0.45 m Port 2-9 0.27 m Port 10-31 0.25 m	Port 1 0.39 m Port 2-9 0.28 m Port 10-31 0.25 m
Total head at shore	2.15 m	2.06 m



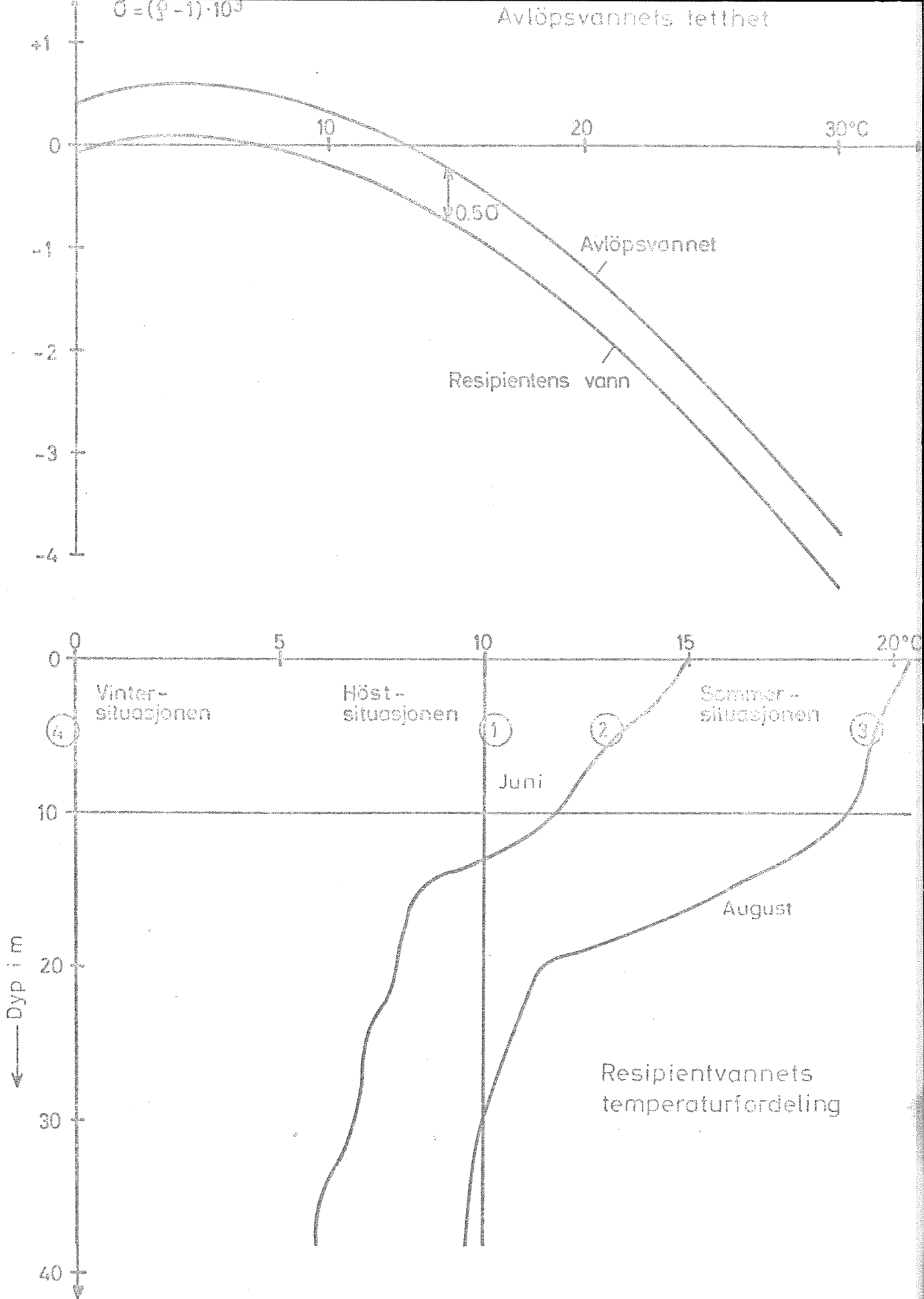


Fig. 1

Resipientområdet

Skala 1:5000

Ekvidistans 5m.

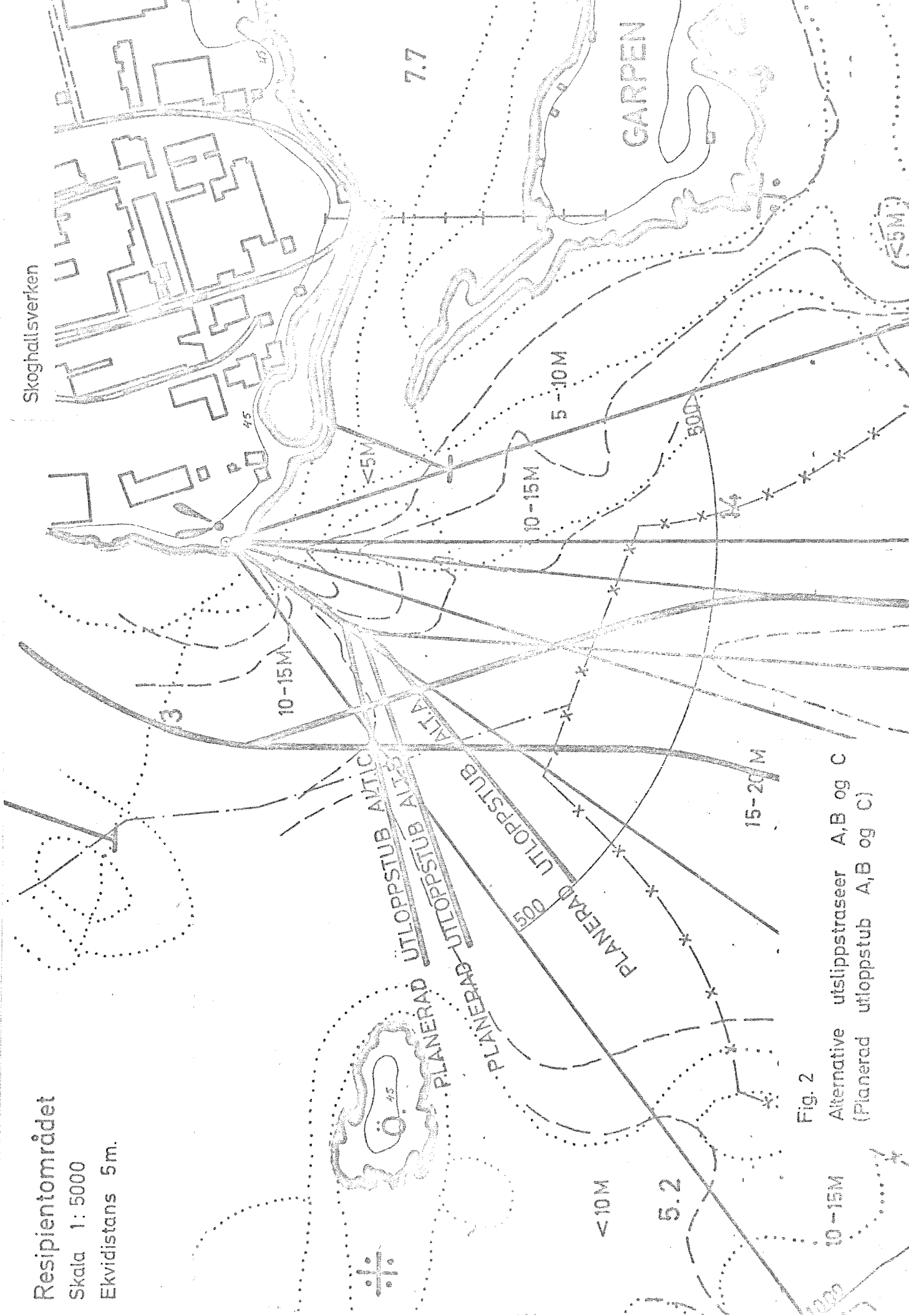
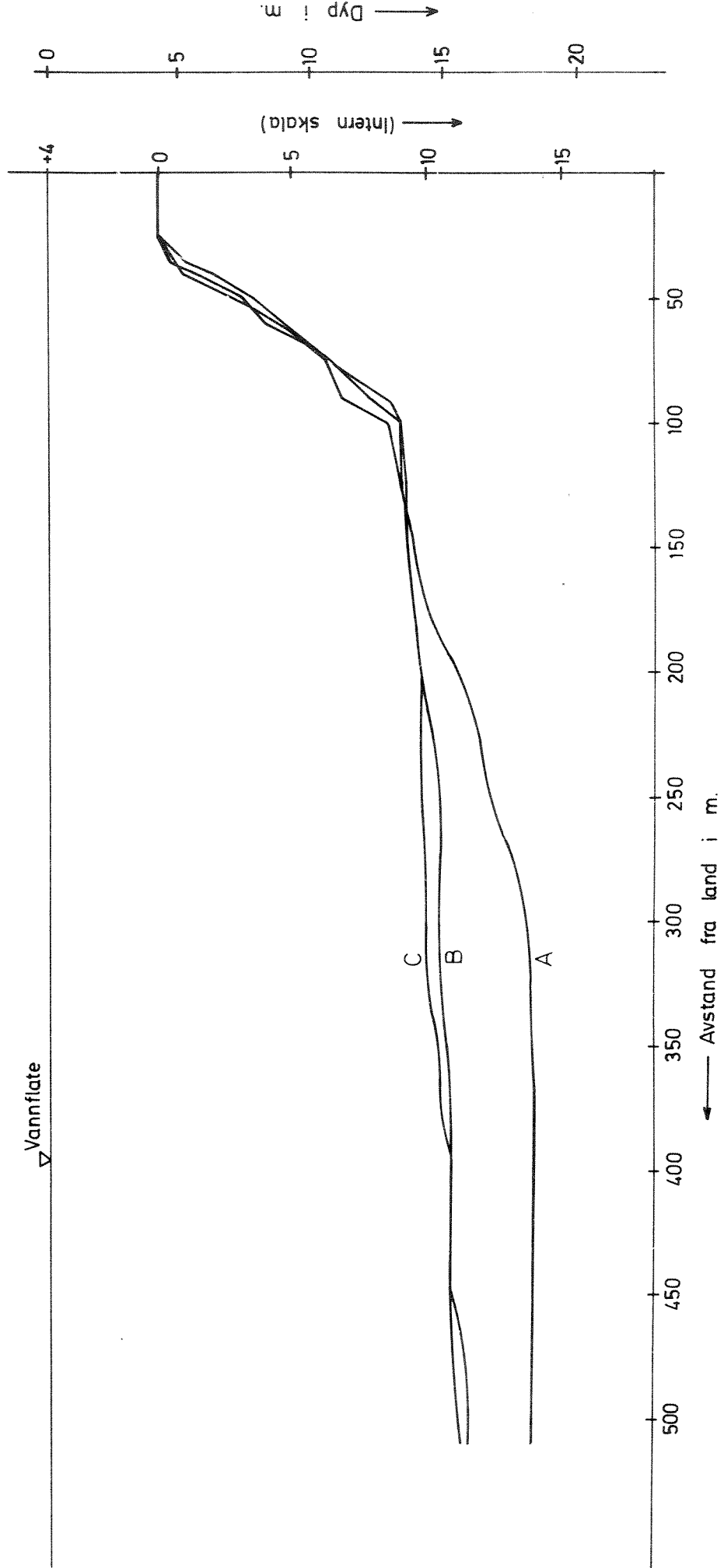


Fig. 2

Alternative utloppstraseer A,B og C  
(Planerad utloppstrub A,B og C)



Utslippstrasè A,B og C

Fig.3 Alternative trasèer, A,B og C for utløpsledning

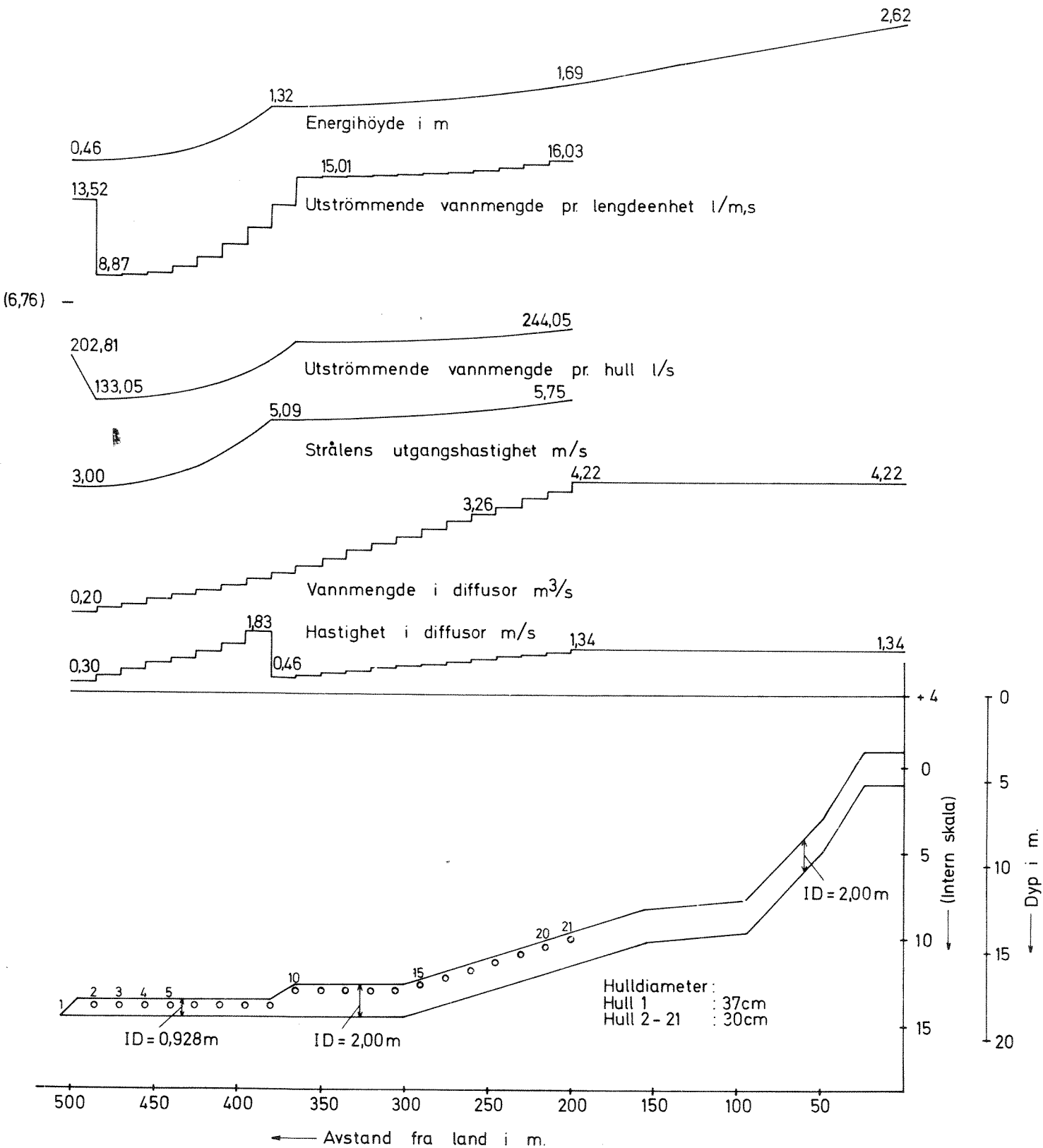


Fig. 4 Karakteristiske data for utløpsledningens- og diffusorens hydraulikk  
 Diffusor 1. Utslippstrasè A. Avløpsmengde 4,22 m<sup>3</sup>/s

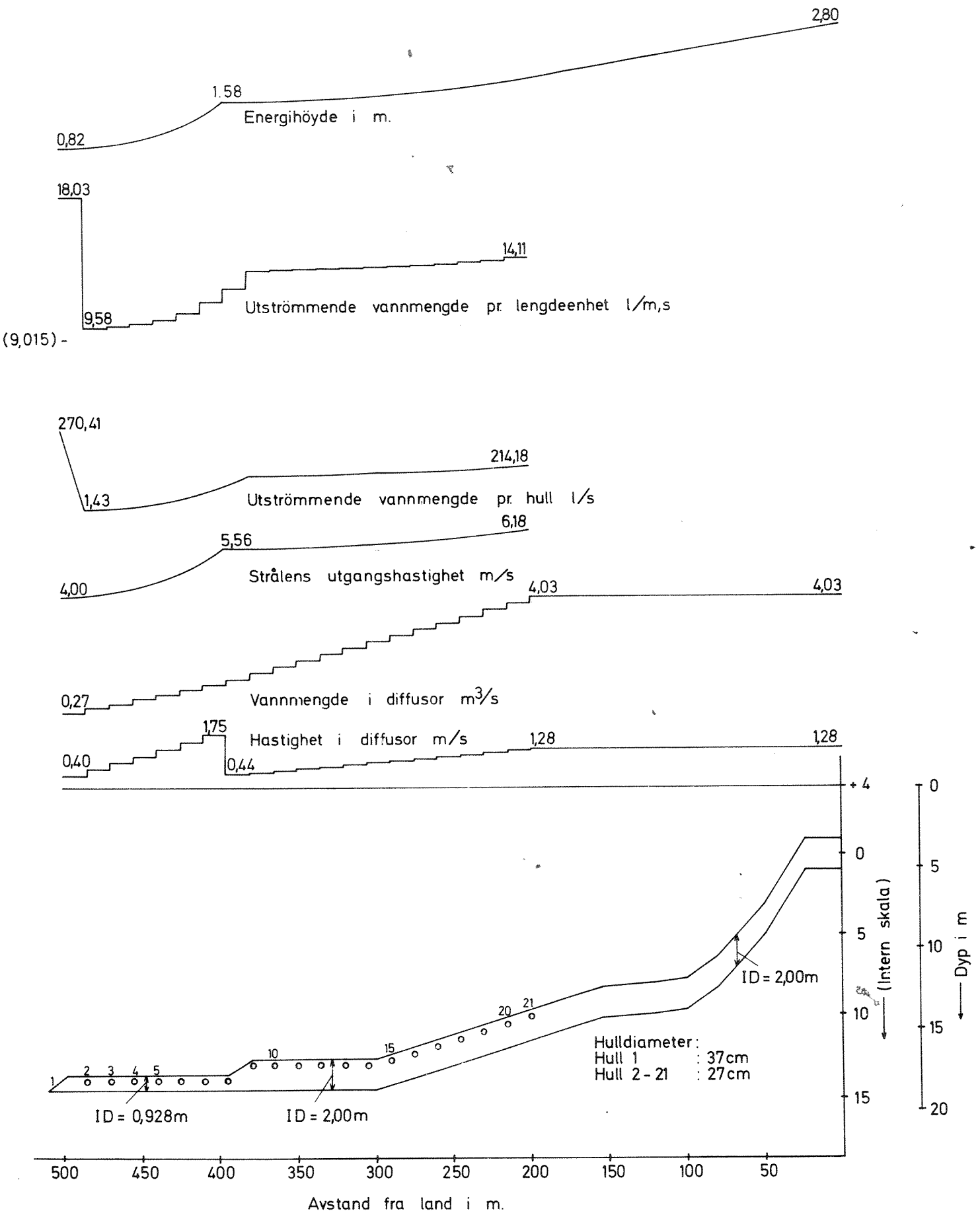


Fig. 5 Karakteristiske data for utløpsledningens- og diffusorens hydraulikk  
 Diffusor 2. Utslippstrase A. Avløpsmengde 4 03 m<sup>3</sup>/s

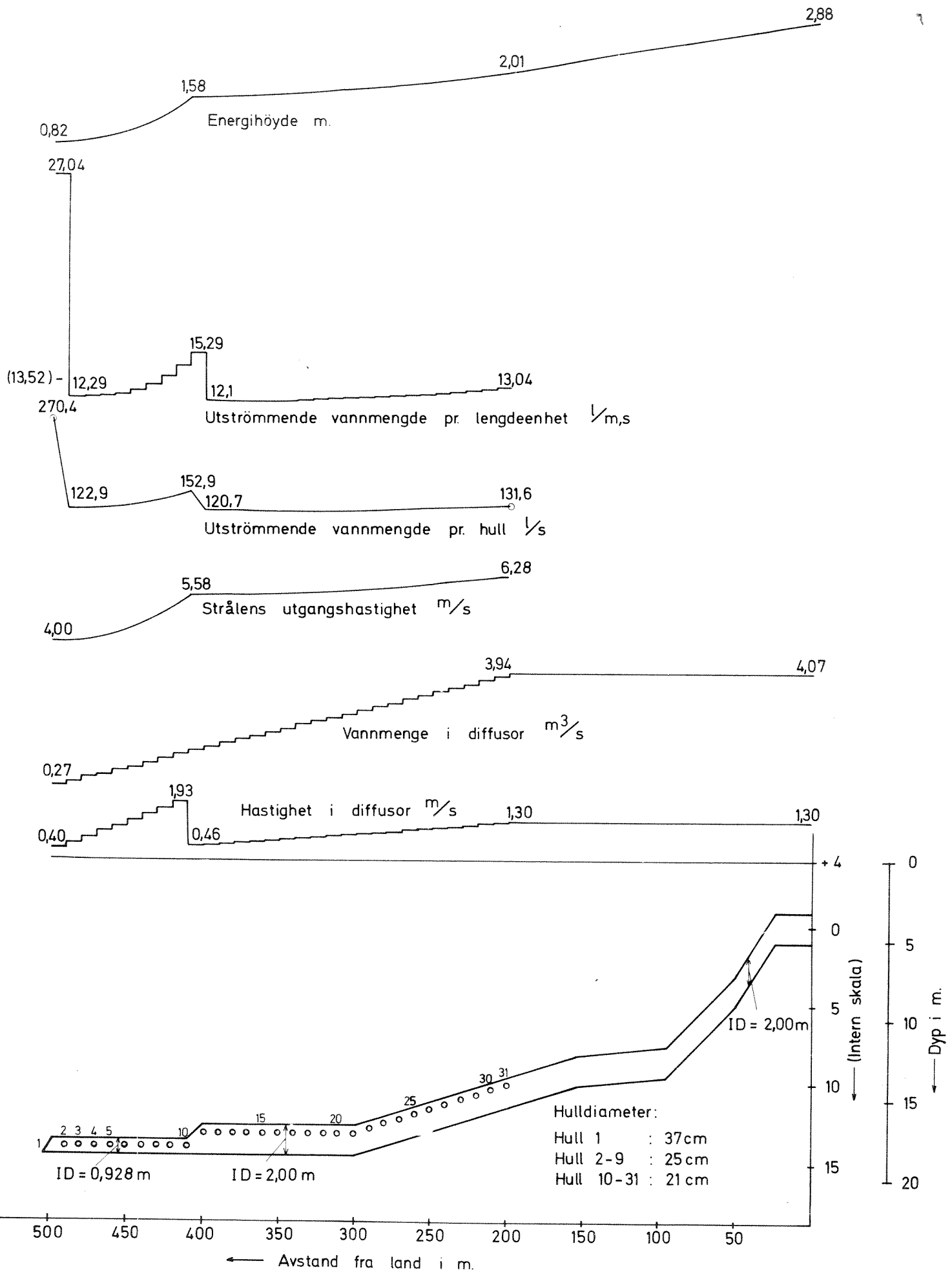


Fig. 6 Karakteristiske data for utløpsledningens- og diffusorens hydraulikk.  
 Diffusor 3. Utslippstrasè A. Avløpsmengde 4,07 m<sup>3</sup>/s.

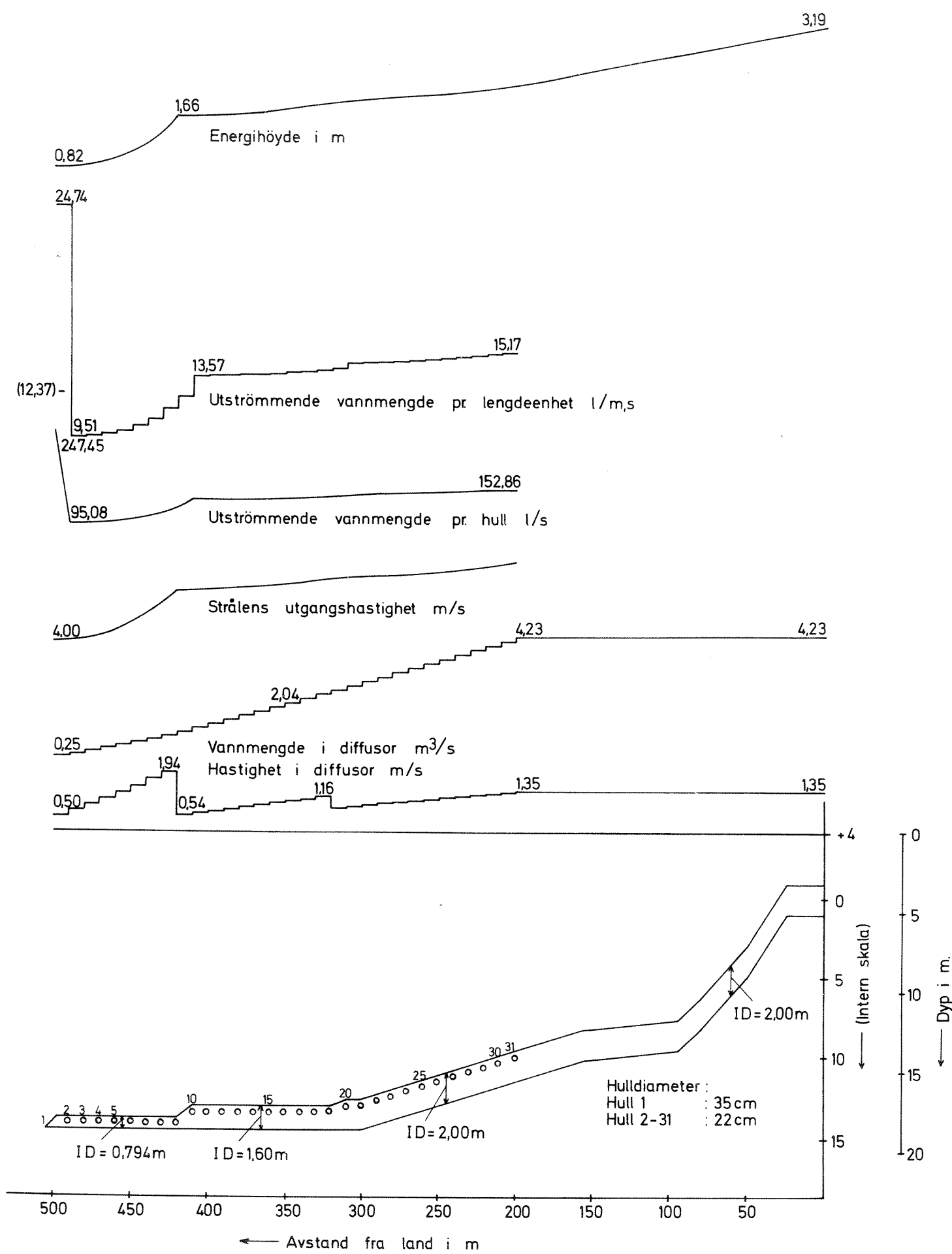


Fig. 7 Karakteristiske data for utløpsledningens- og diffusorens hydraulikk  
 Diffusor 4. Utløpsstrasè A. Avløpsmengde 423m<sup>3</sup>/s

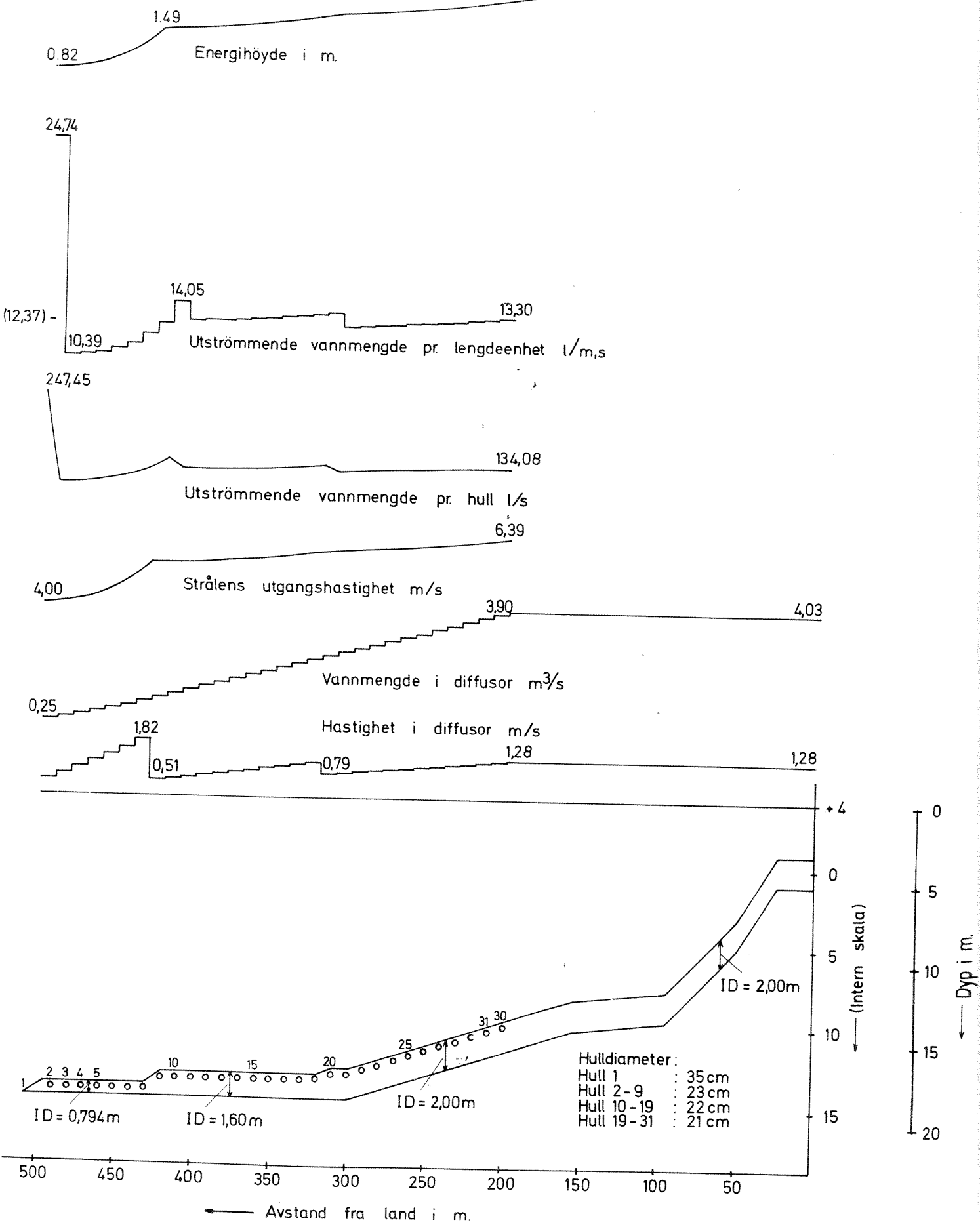


Fig 8 Karakteristiske data for utløpsledningens- og diffusorens hydraulikk.  
 Diffusor 5. Utslippstrasè A. Avløpsmengde 403 m<sup>3</sup>/s.



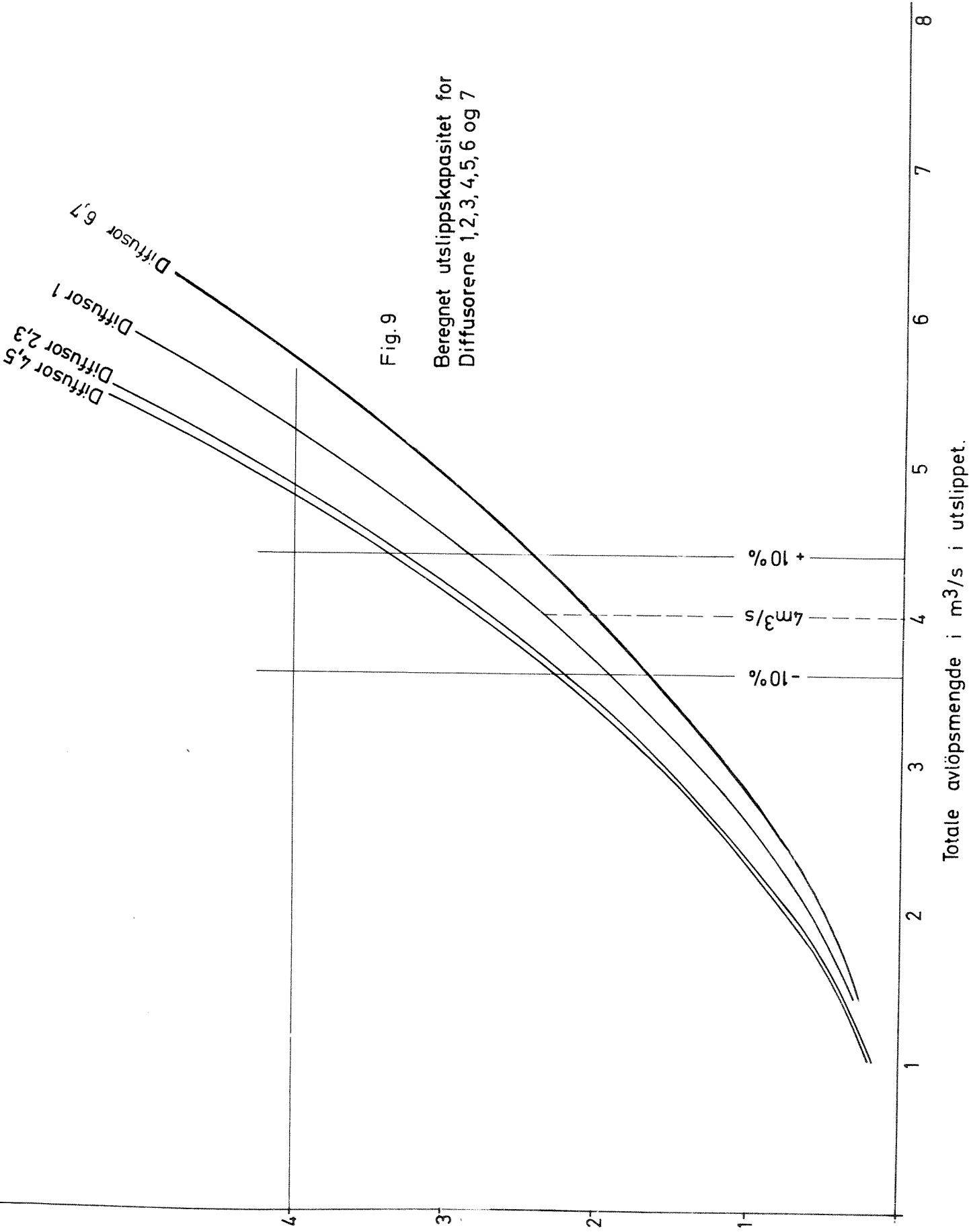


Fig. 9

Beregnet utslippskapasitet for  
Diffusorene 1, 2, 3, 4, 5, 6 og 7

Trykkehøide i meter over vannstand i Vänern.

Totale avløpsmengde i m<sup>3</sup>/s i utslippet.

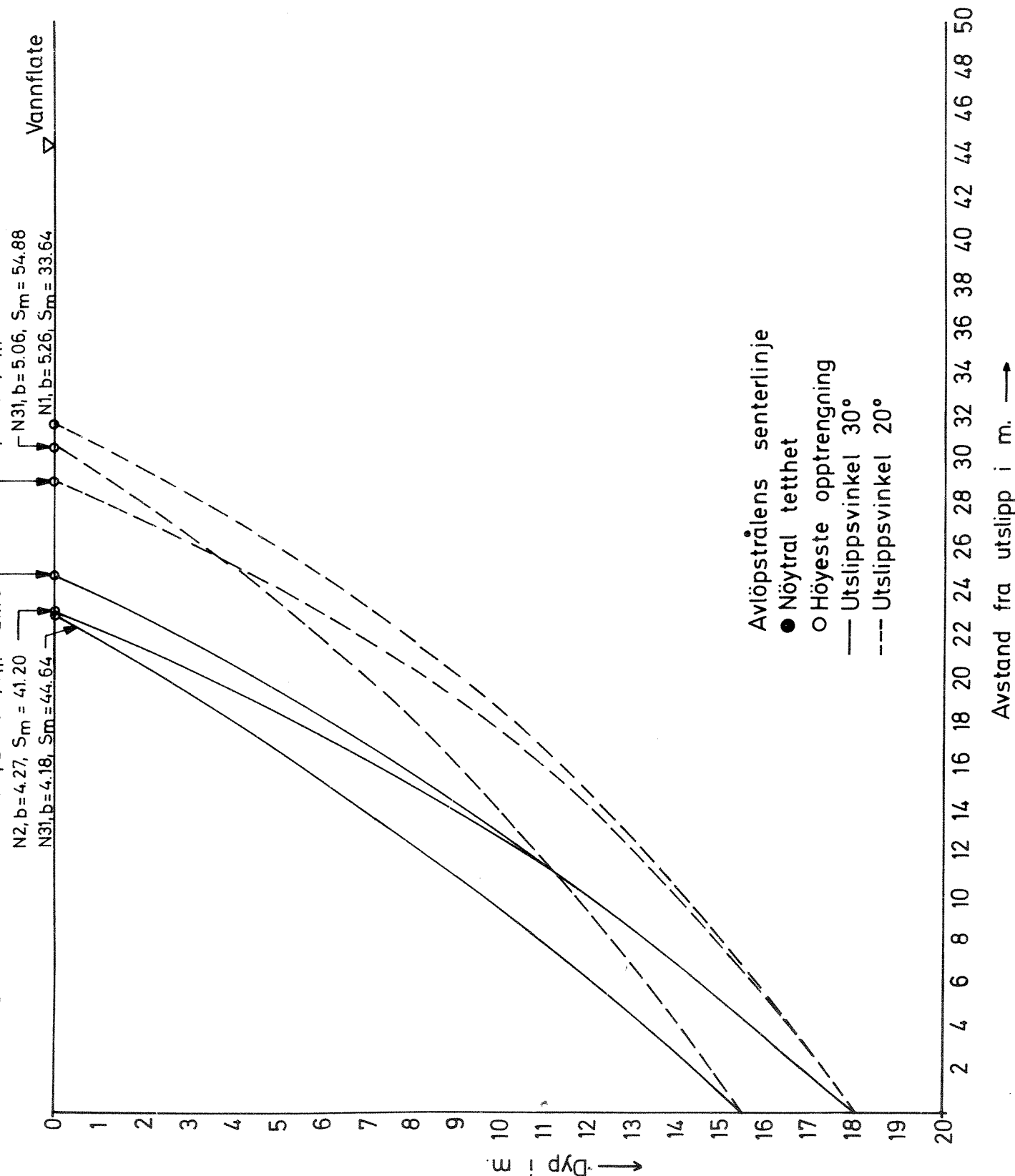


Fig. 10 Diffusor 3. Utslippstrasé A. Temperaturprofil 1.

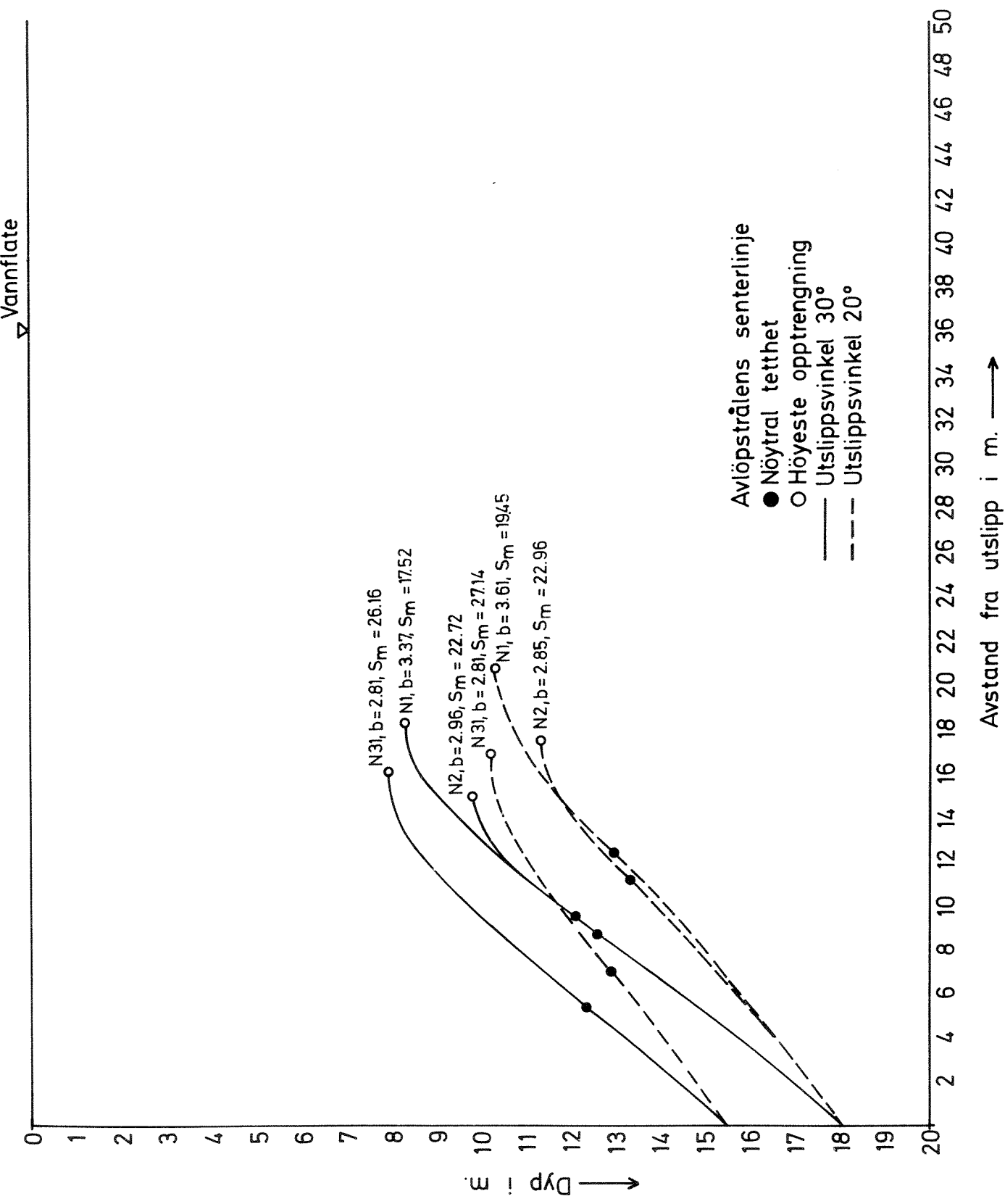


Fig. 11 Diffusor 3. Utslippsstrasè A. Temperaturprofil 2.

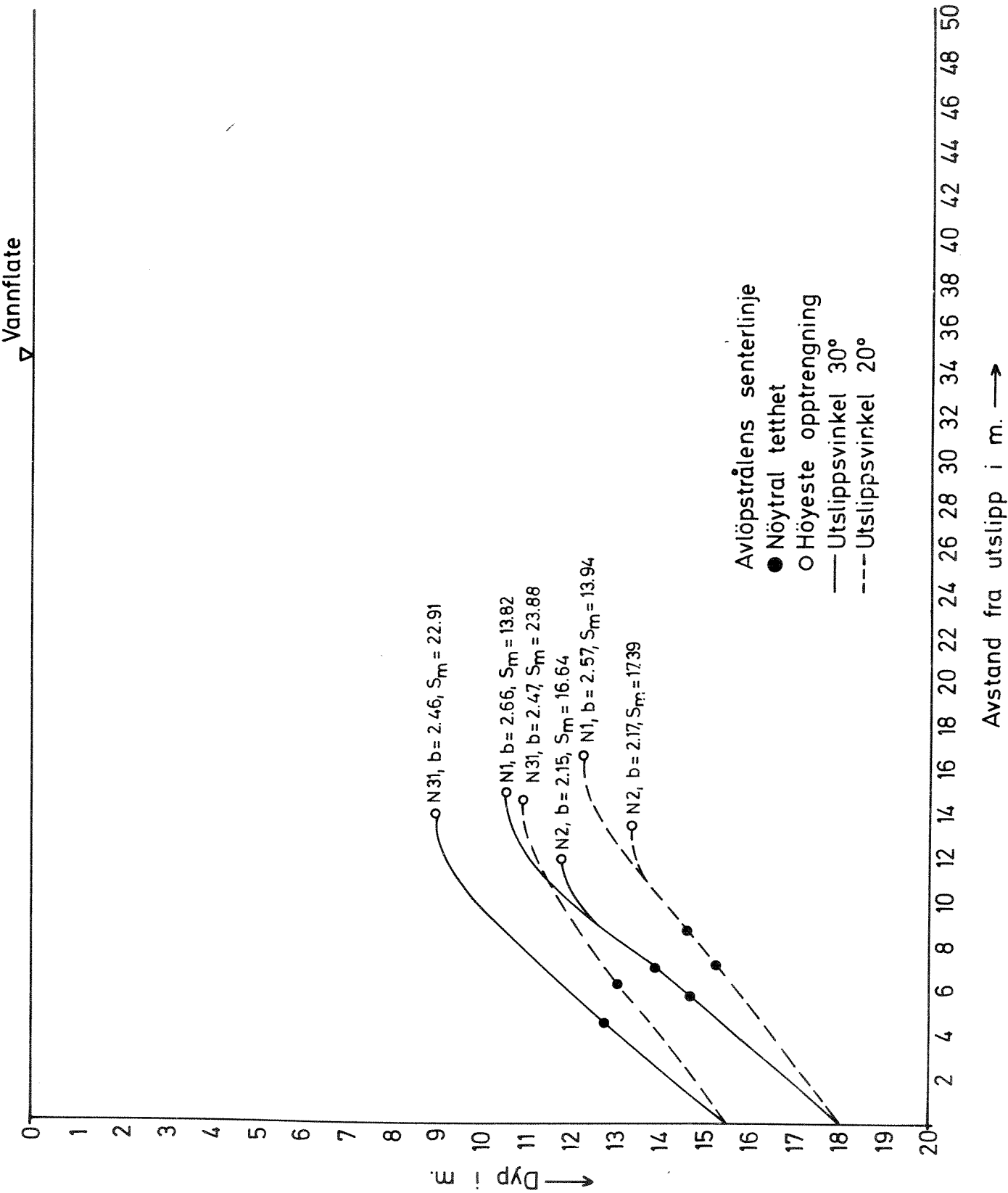


Fig. 12 Diffusor 3.

Utslippstrasé A.

Temperaturprofil 3.

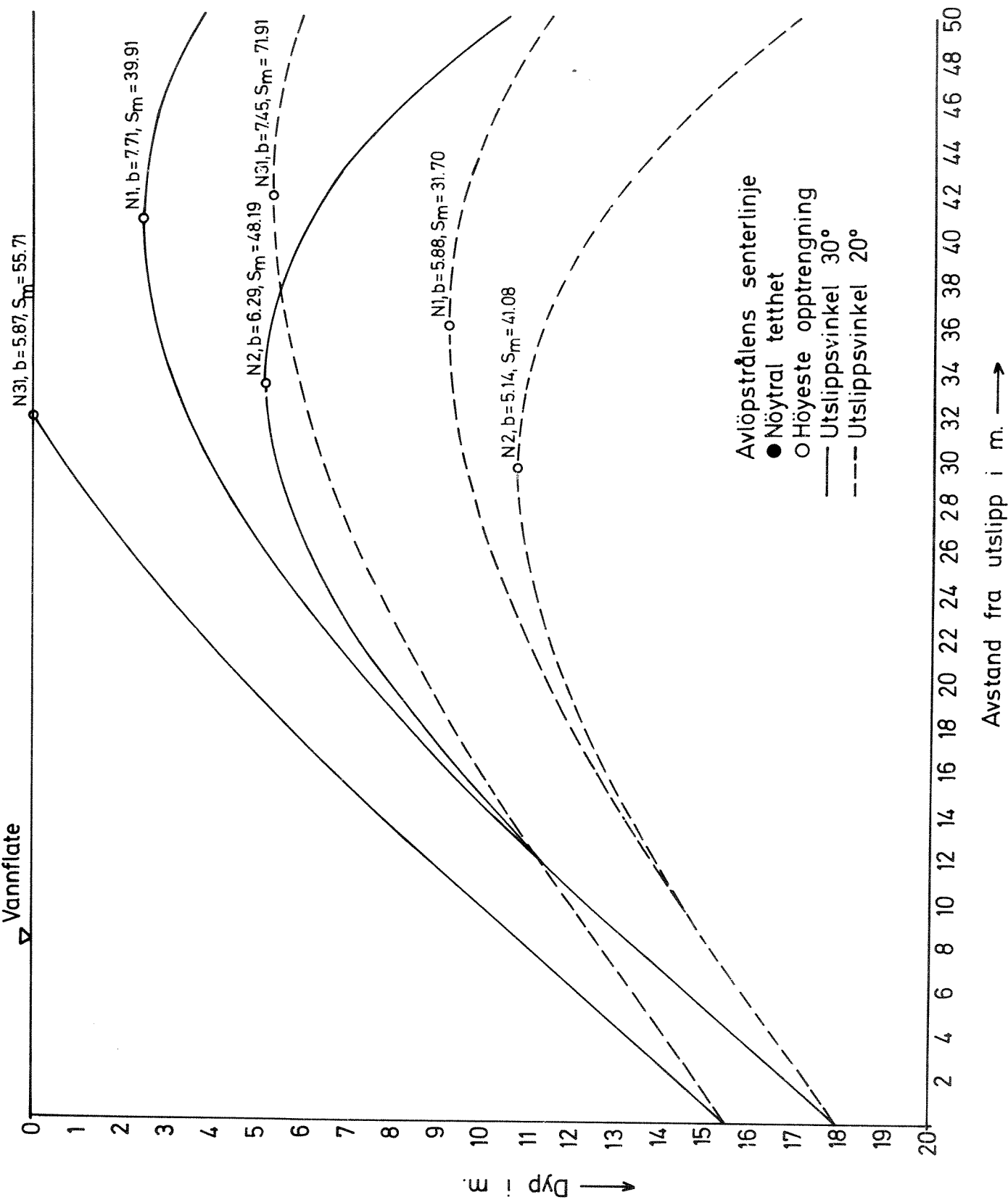


Fig. 13 Diffusor 3. Utslippstrasé A. Temperaturprofil 4.

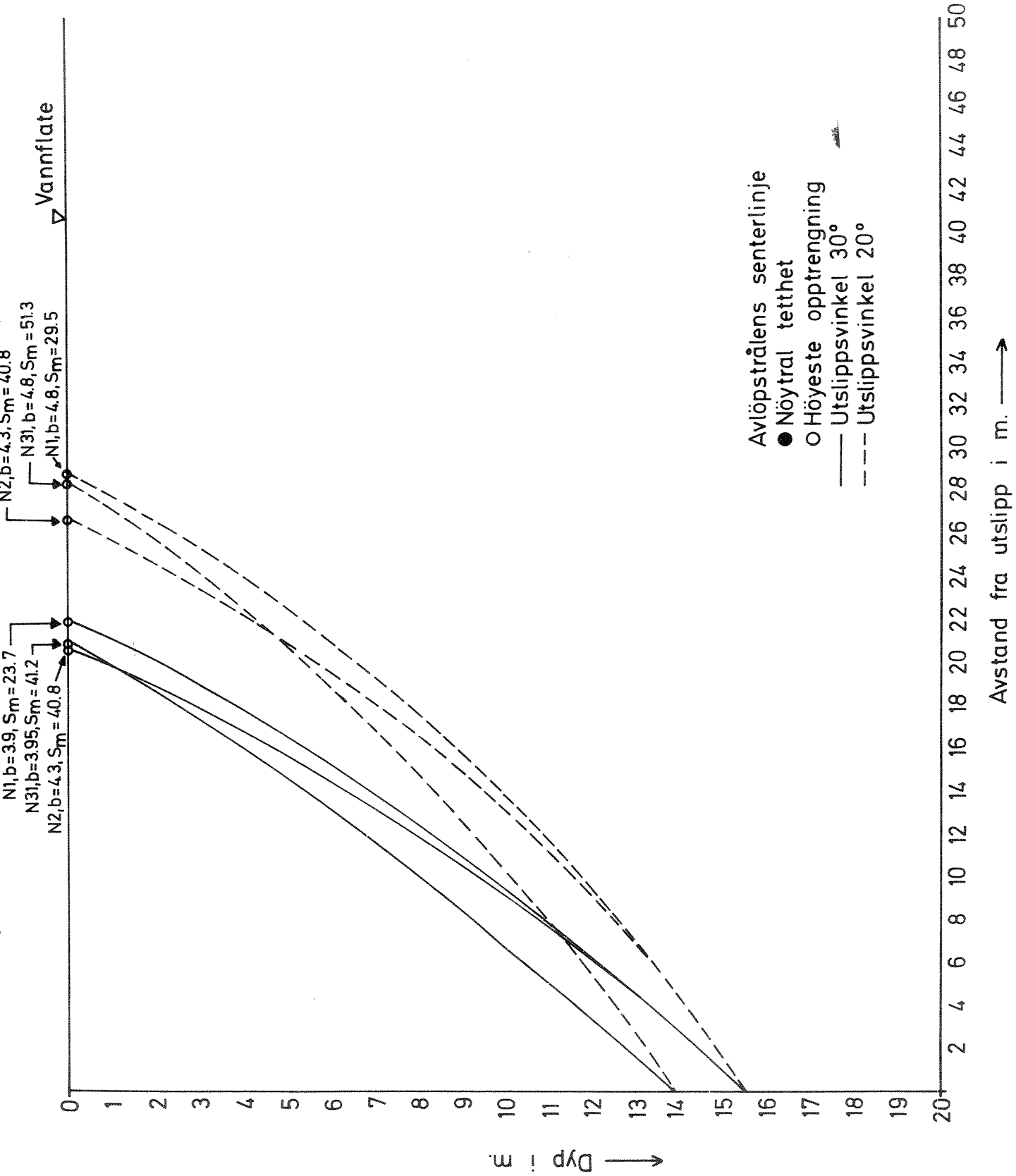


Fig. 14 Diffusor 3. Utslippstråse B. Temperaturprofil 1.

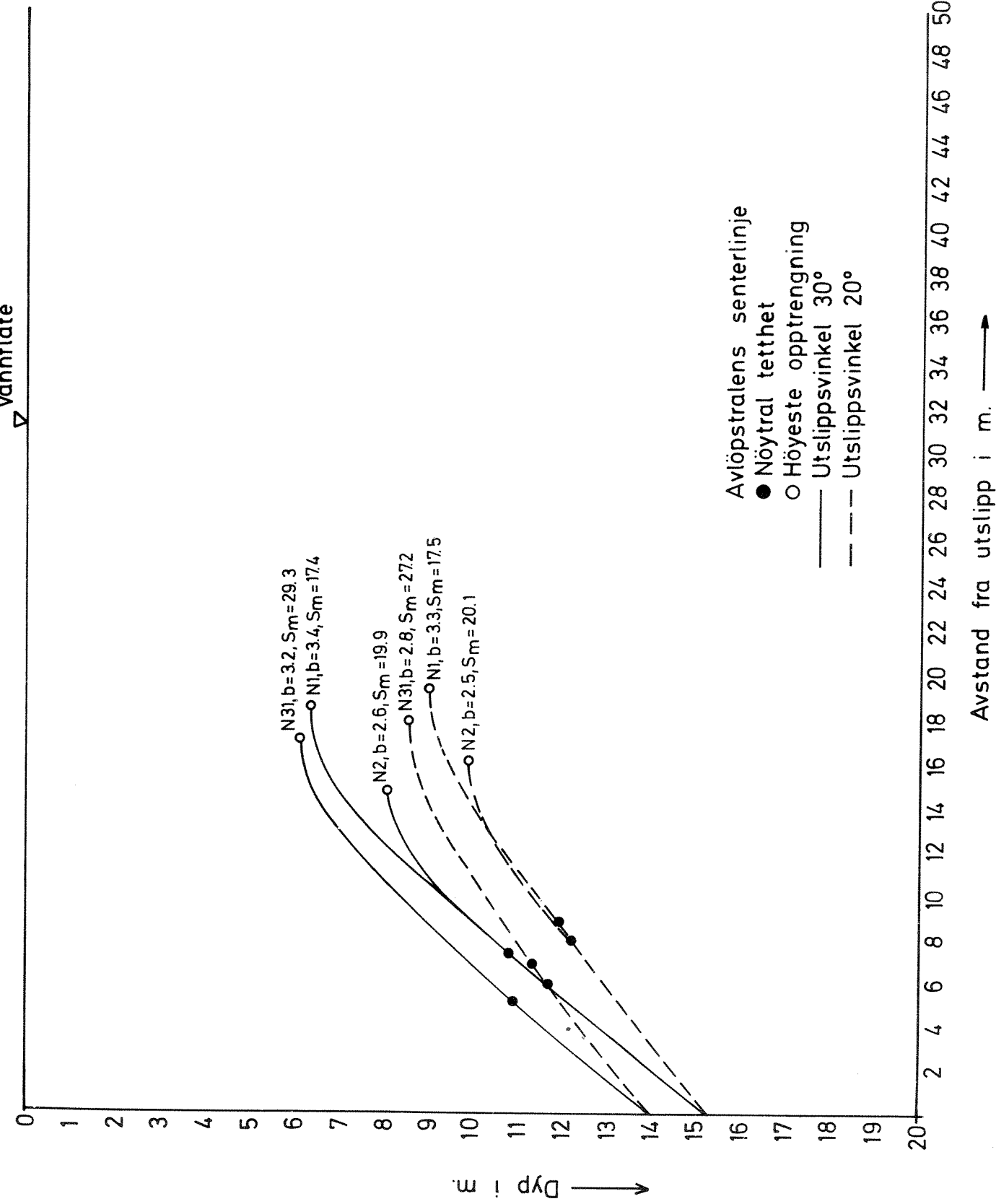


Fig. 15 Diffusor 3. Utslippstrasé C. Temperaturprofil 2.

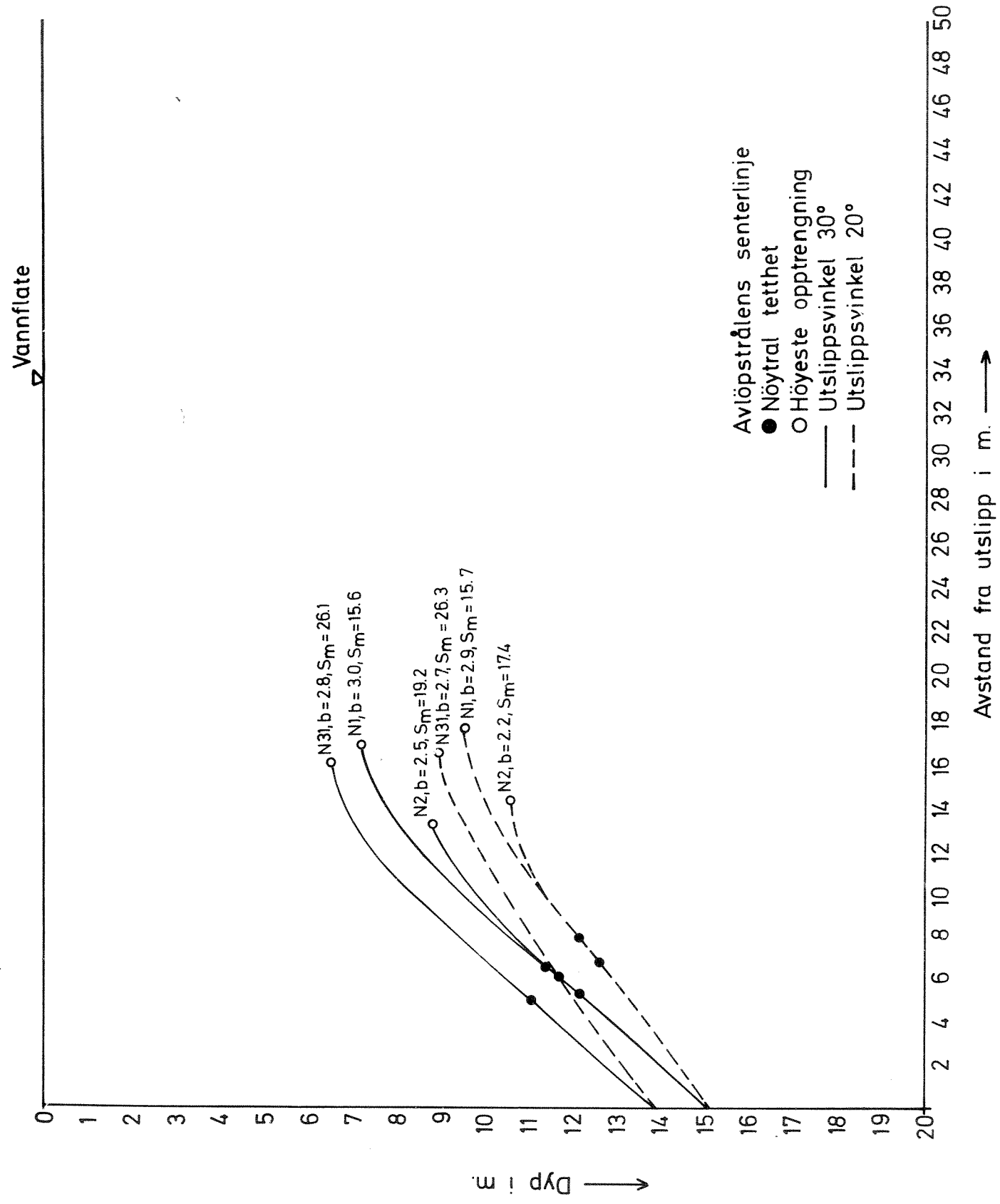


Fig. 16 Diffusor 3. Utslippstrasé C. Temperaturprofil 3.



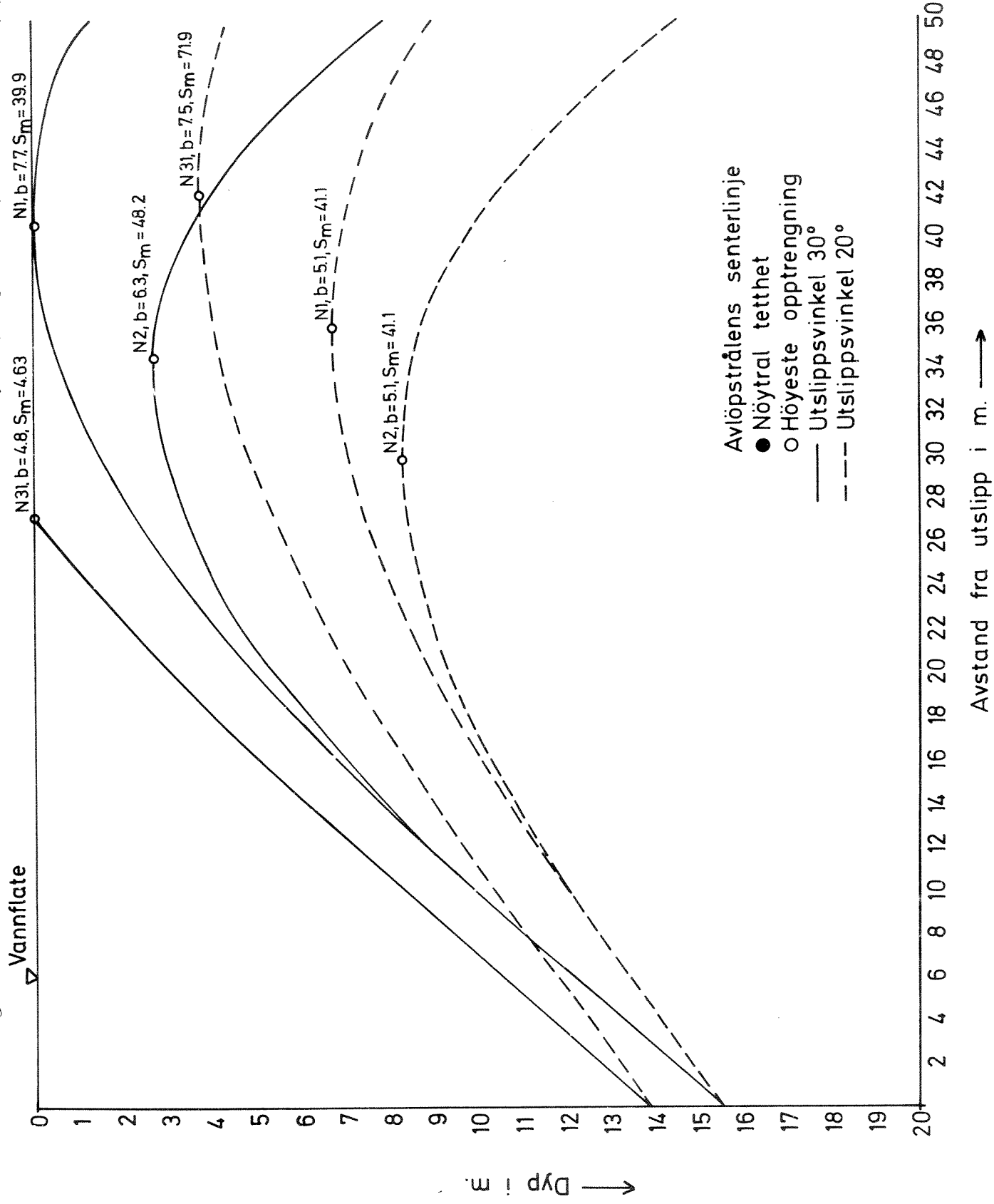


Fig. 17

Diffusor 3.

Utslippstrasé B.

Temperaturprofil 4.

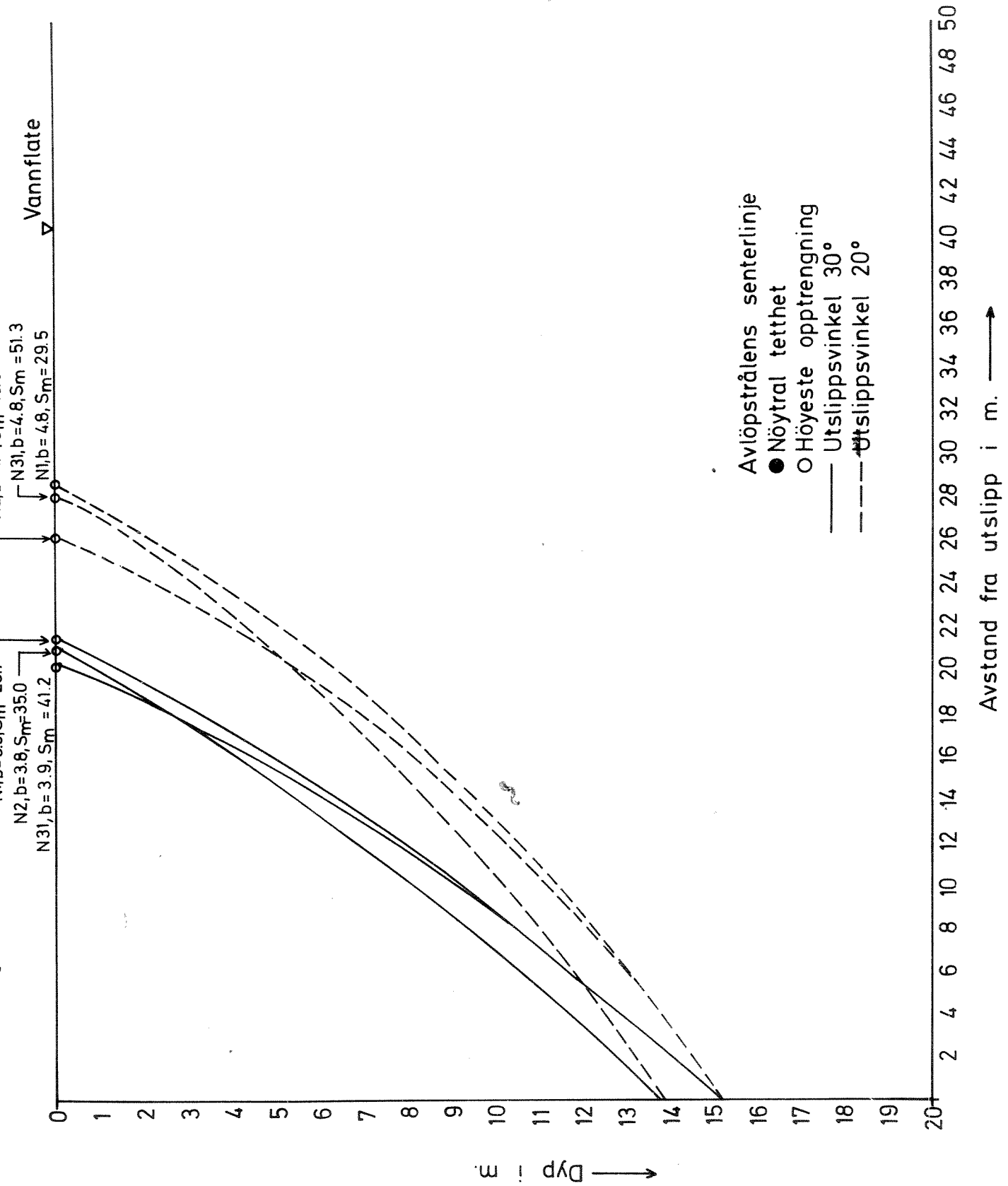


Fig. 18 Diffusor 3. Utslippstrasè C. Temperaturprofil 1.

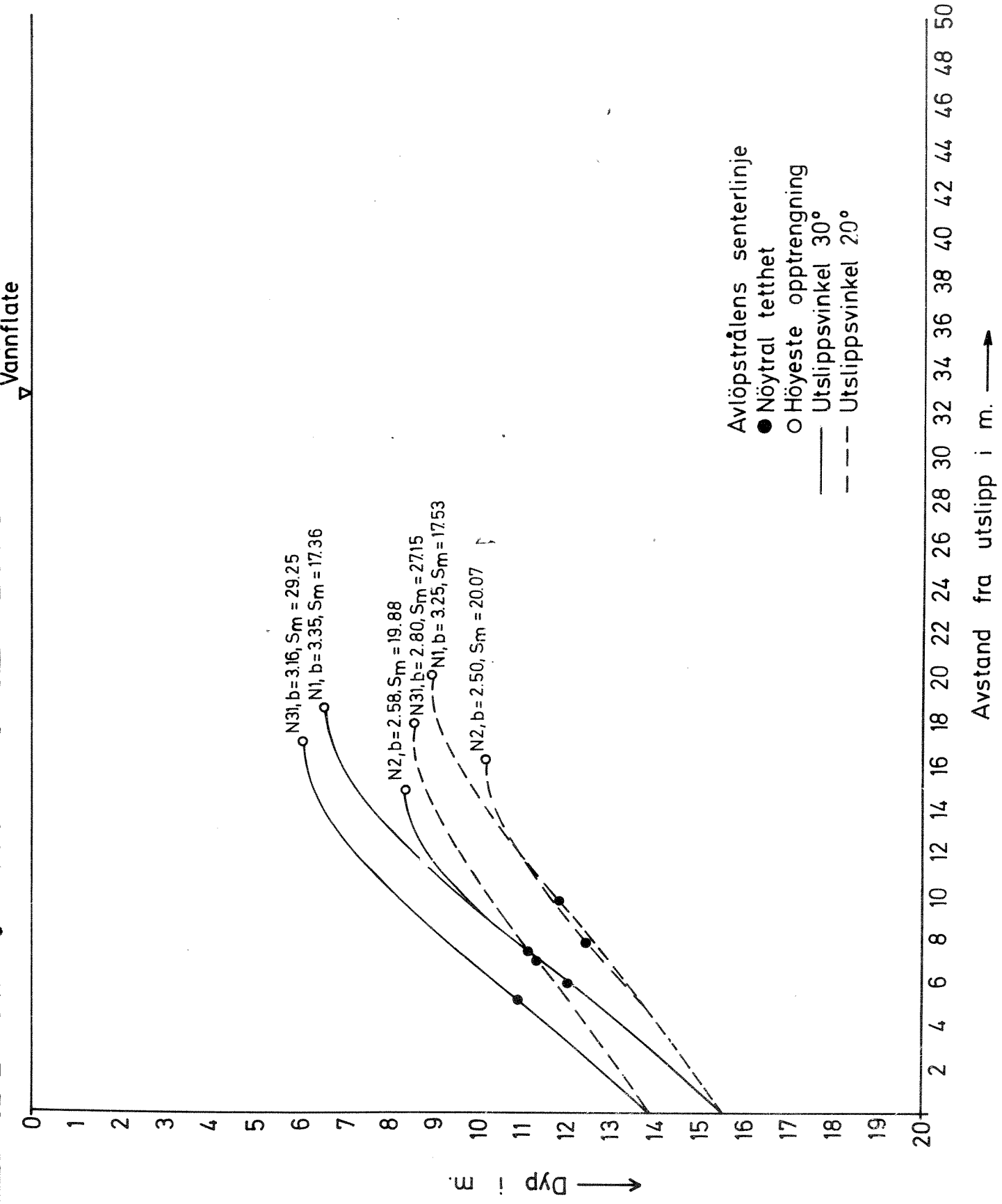


Fig. 19 Diffusor 3. Utslippstrasè B. Temperaturprofil 2.

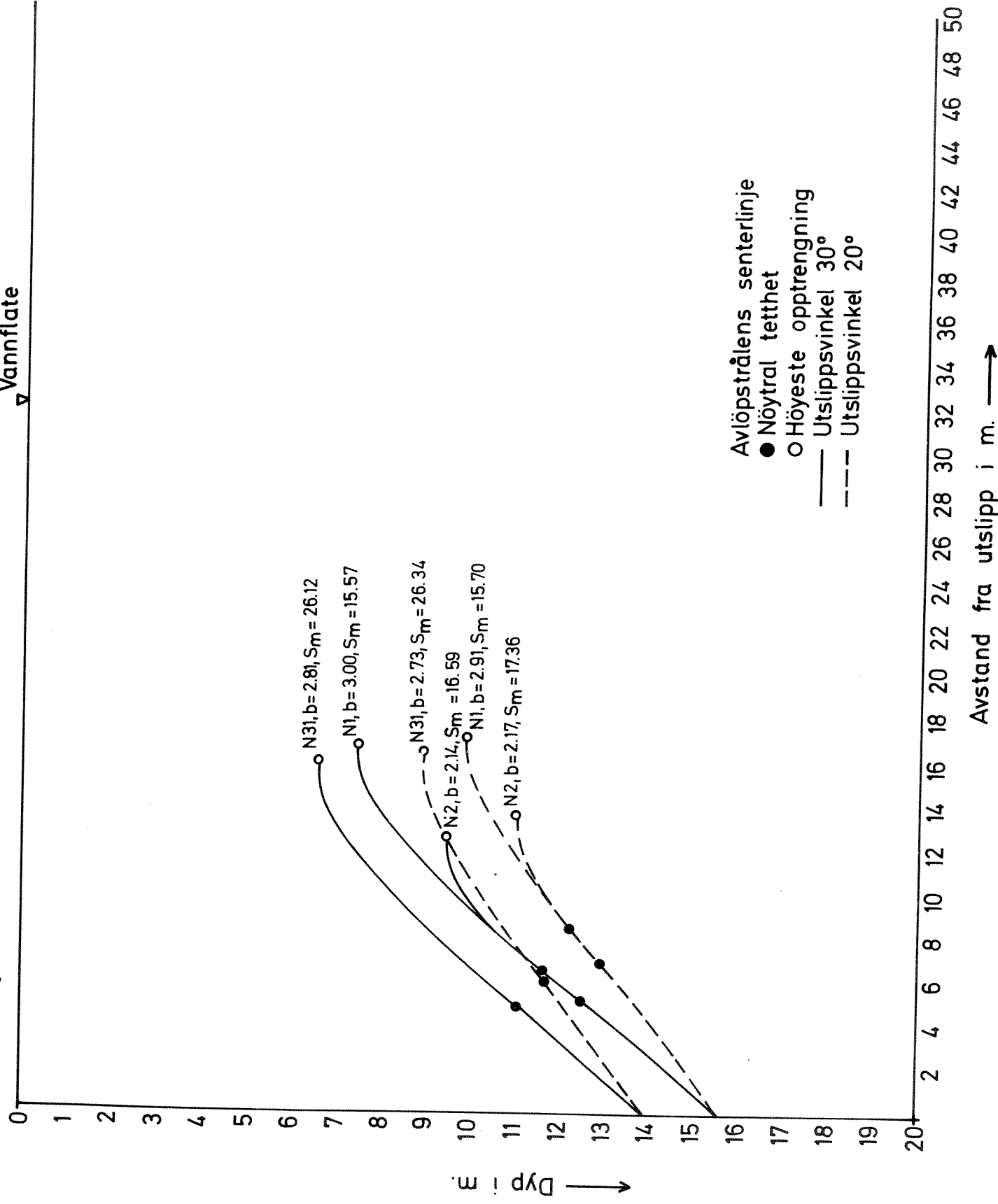


Fig. 20 Diffusor 3. Utslippstrasè B. Temperaturprofil 3.

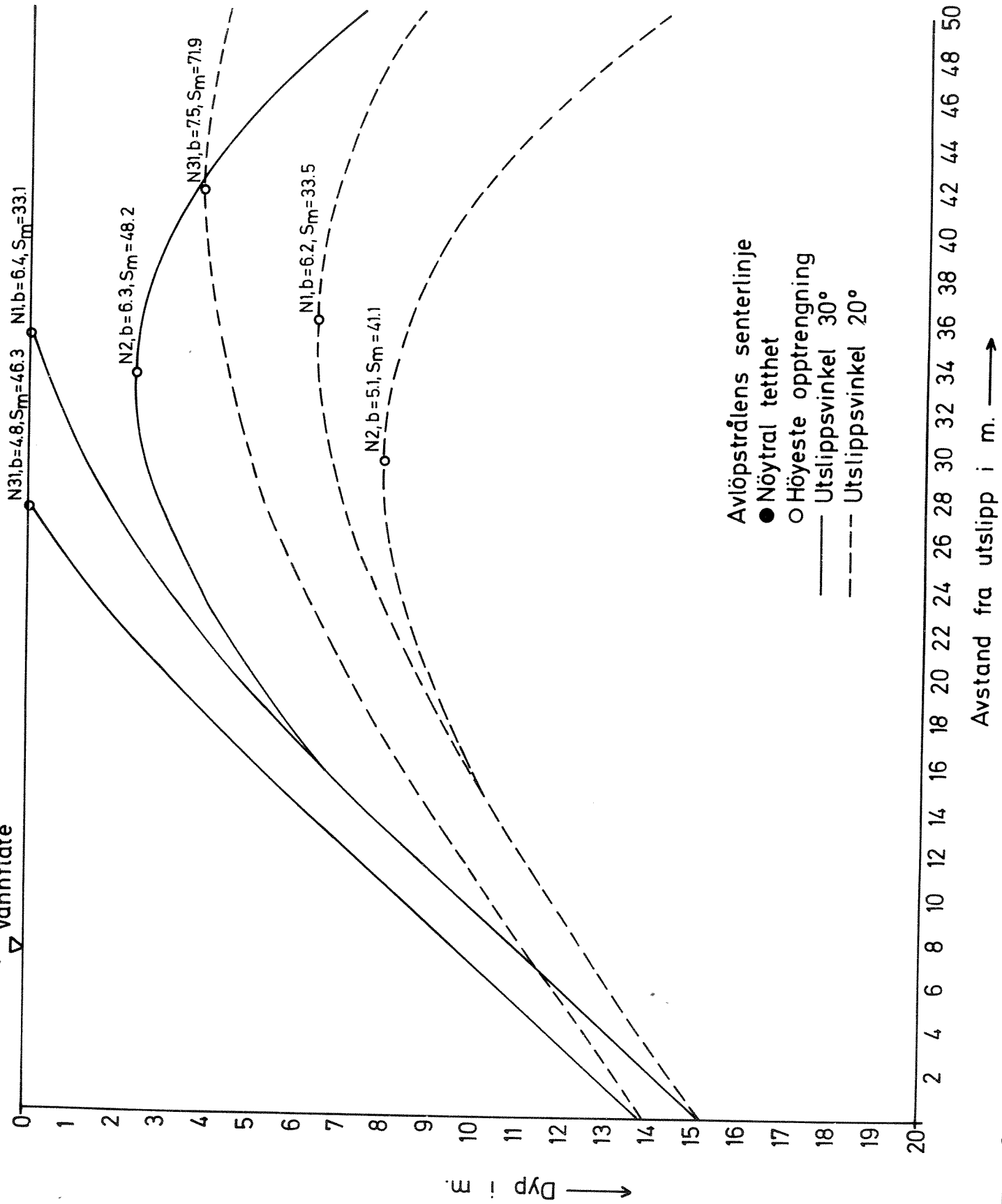


Fig. 21

Diffusor 3

Utslippstrasé C.

Temperaturprofil 4.

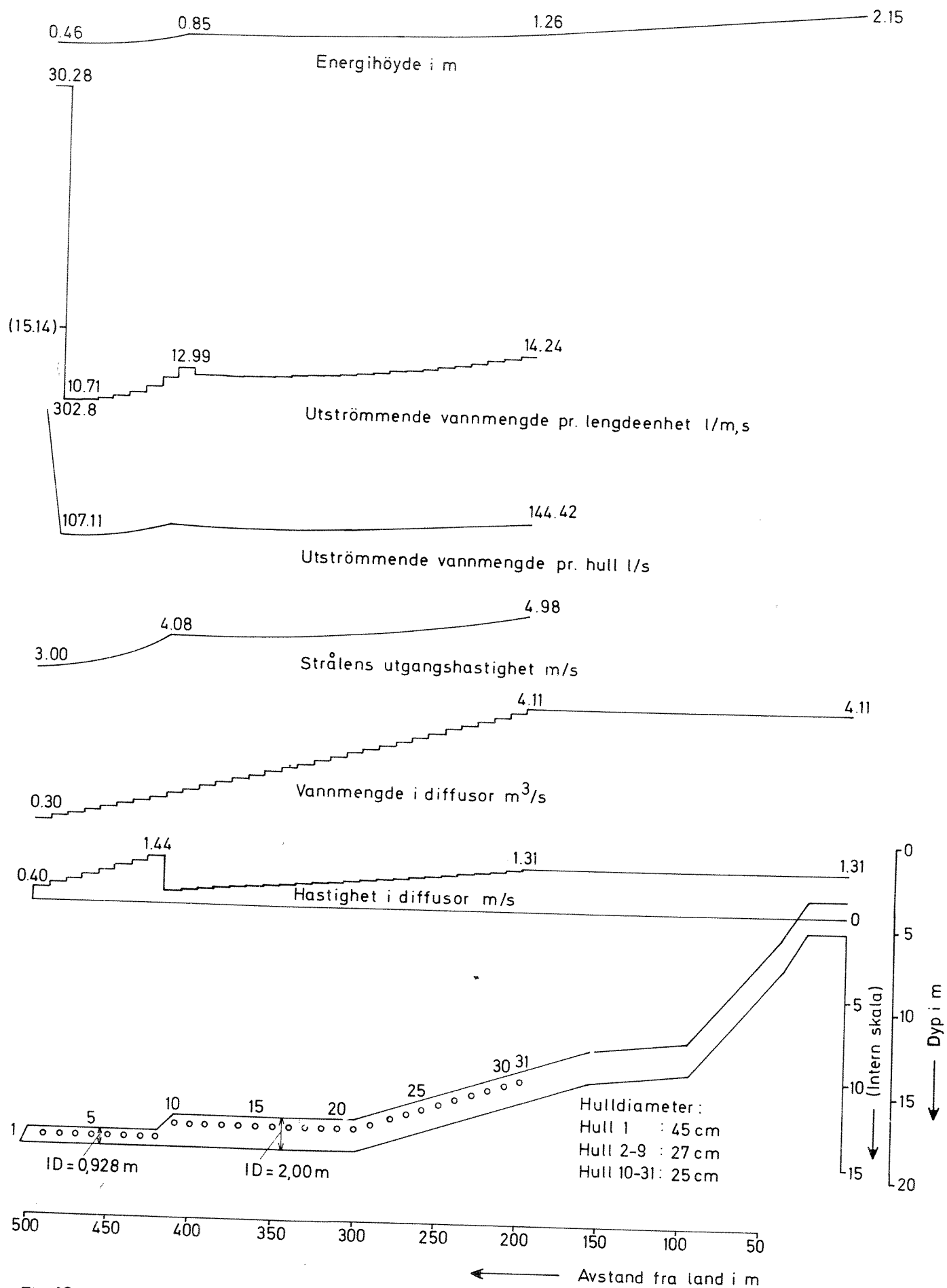


Fig. 22 Karakteristiske data for utløpsledningens- og diffusorens hydraulikk  
 Diffusor 6 Utslippstrasè A Avløpsmengde 4.11 m<sup>3</sup>/s

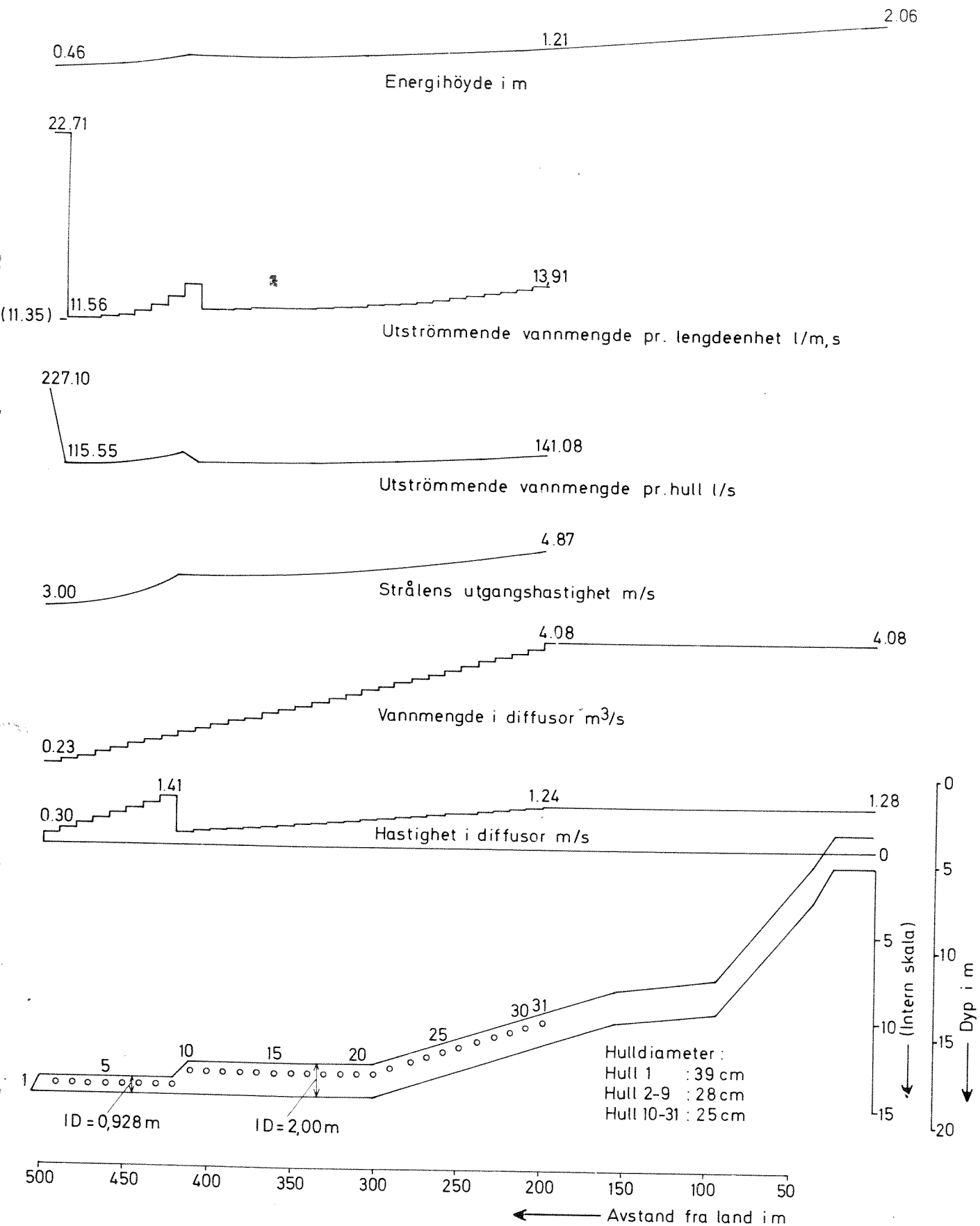


Fig.23 Karakteristiske data for utløpsledningens- og diffusorens hydraulikk  
 Diffusor 7 Utslippstrase A Avløpsmengde 4.08 m<sup>3</sup>/s

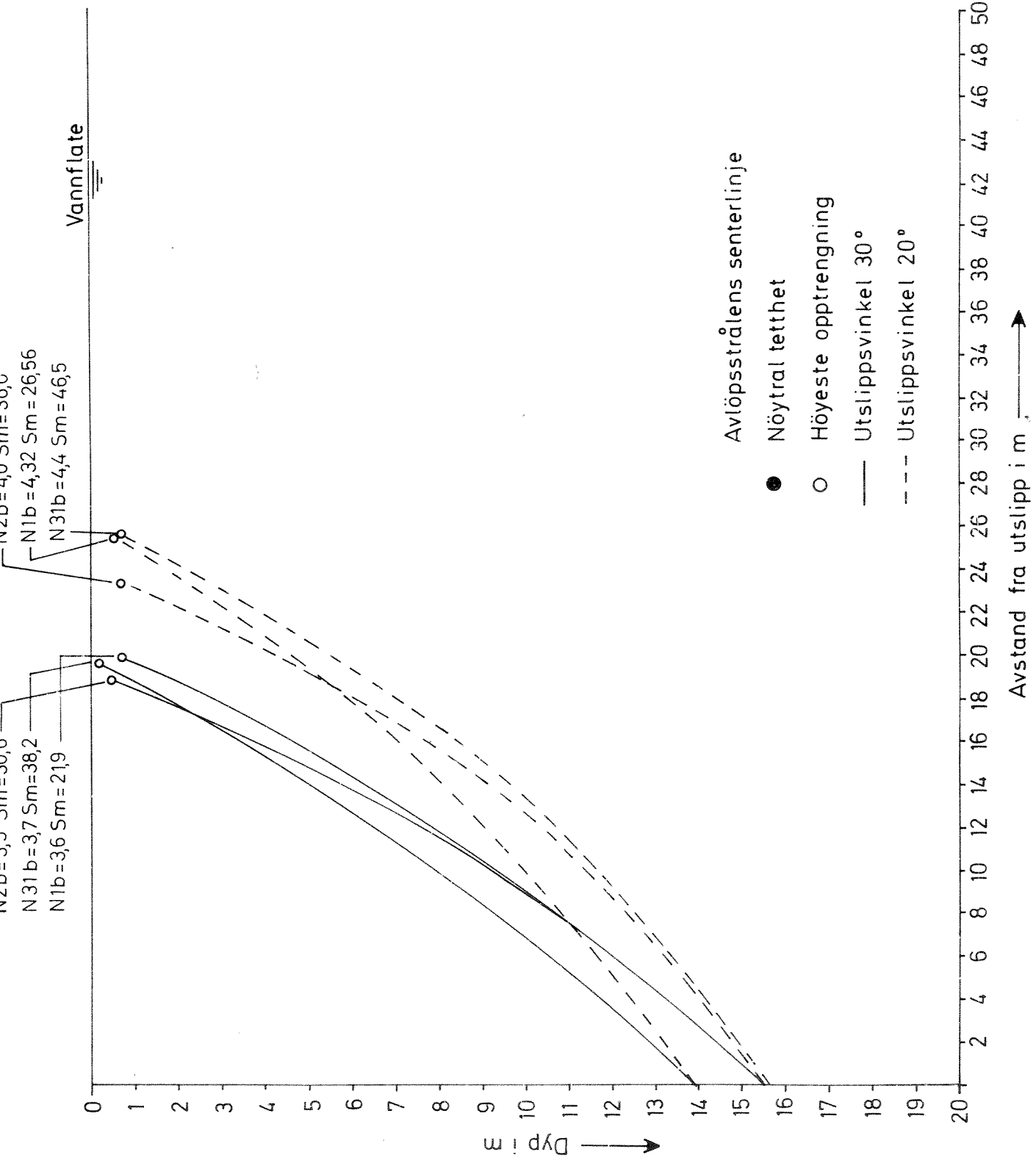


Fig. 24 Diffusor 7 Utslippstras  B Temperaturprofil 1



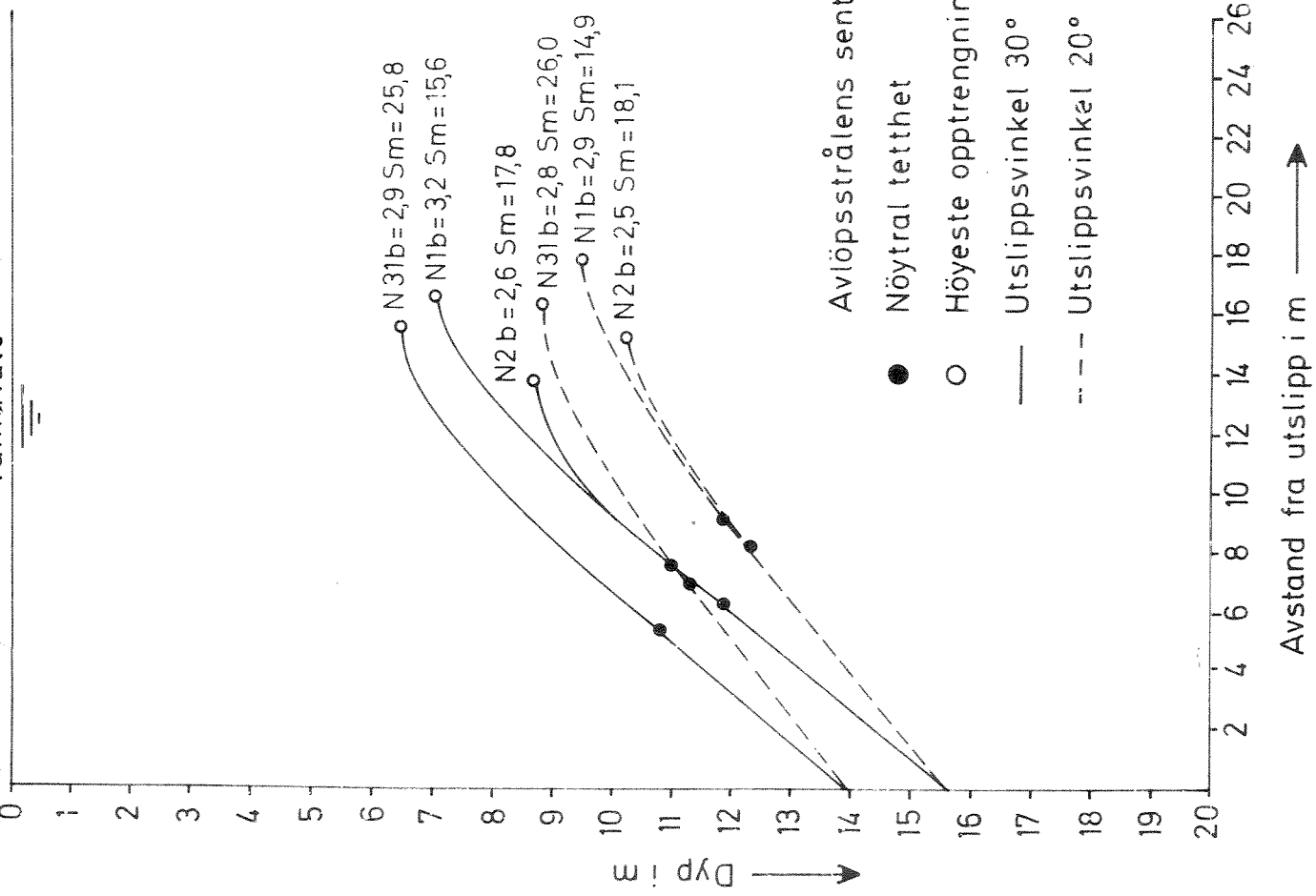


Fig.25 Diffusor 7 Utslippstrasé B Temperaturprofil 2

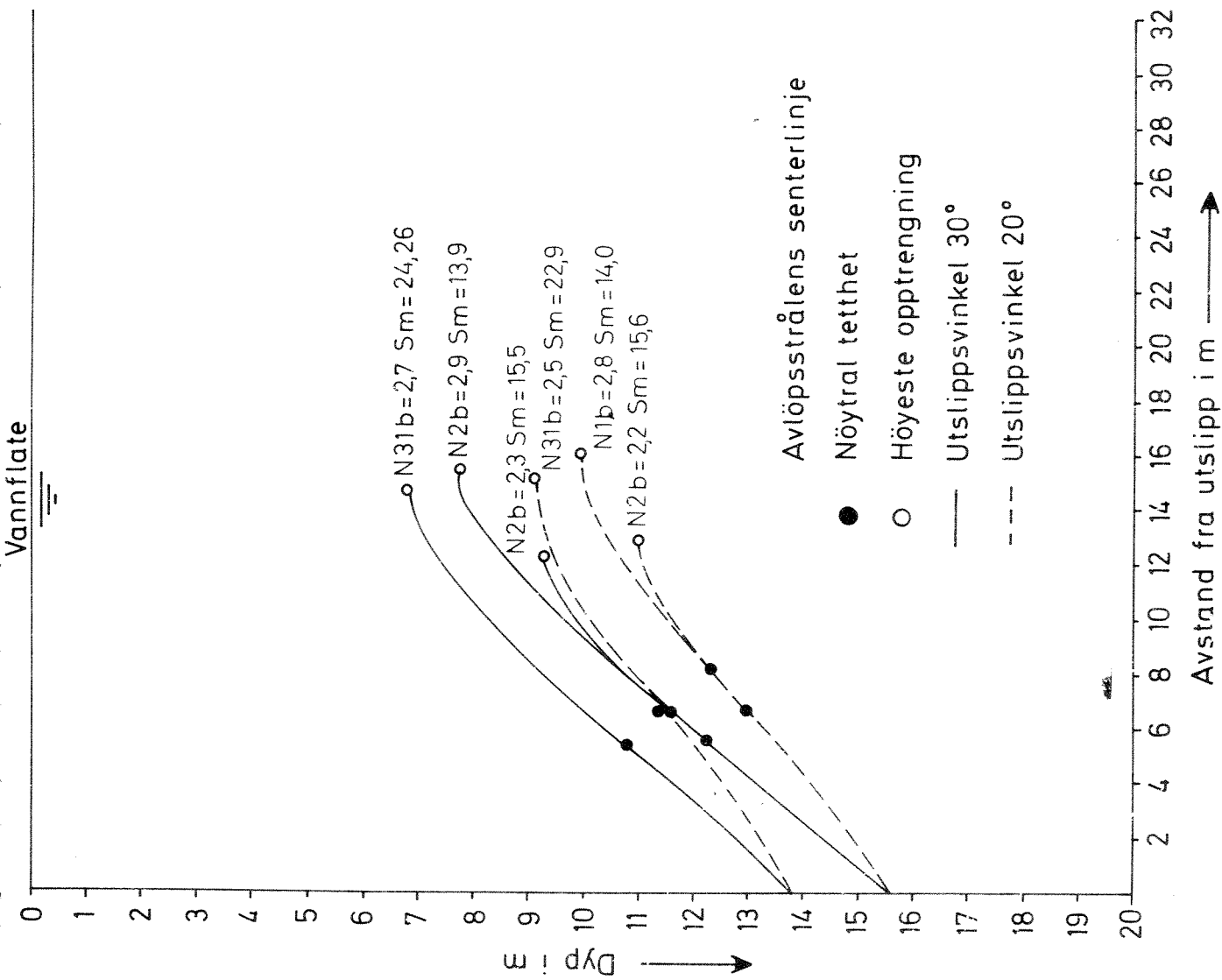


Fig.26 Diffusor 7 Utslippstrasé B Temperaturprofil 3

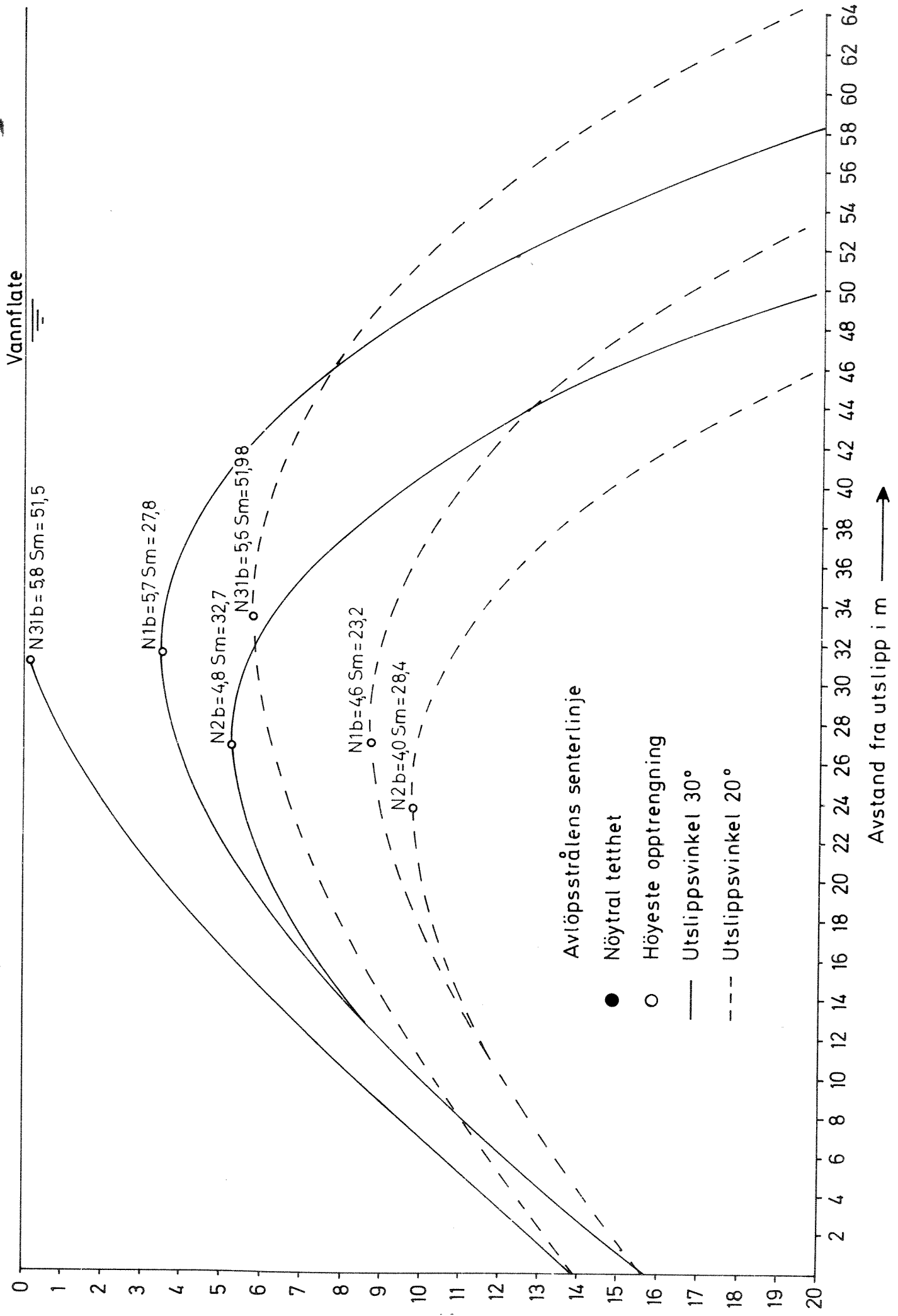


Fig.27 Diffusor 7

Utslippstråse B

Temperatureprofil 4