

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
B L I N D E R N .

0 - 313.

Undersøkelse av Vefsnas nedre løp
som resipient for industrielt
avfallsvann.

Saksbehandler: cand.real. B.Bergmann-Paulsen,
Rapporten avsluttet: 28/11-1961.

I N N H O L D .

	Side:
1. Innledning	4
1.1 Vasking av ovnsgasser og hallgasser	5
1,2 Hallgassenes og vaskevannets kjemi	5
1.3 Virkning på laks og ørret	5
2. Problemstilling	7
3. Undersøkelser	7
3.1 Virkning av syretilsetning på forskjellige vanntyper	7
3.2 Undersøkelse av sjøvannsinnholdet i vann- massene i Vefsnas nedre løp	9
4. Diskusjon	10
4.1 Virkningen av syretilsetninger	10
4.2 Variasjoner i sjøvannsinnblandingen	12
5. Konklusjon	15.

TABELLER .

	Side:
Tabell 1. Analyse av sjøvann fra stasjon 2, 6 m dyp, 31/8-61	8
* 2.pH som funksjon av tilsatt syre til forskjellige vanntyper	9
" 3.Oversikt over utførte målinger i Vefsna	11
" 4.pH i forskjellige vanntyper ved maksimale syretilsetninger	11
" 5.Prosentvis sjøvannsinnblanding, st.1, 8/8-61	16
" 6. " " " , st.1, 9/8-61	17
" 7. " " " , st.2, 1/9-61	18
" 8. " " " , st.3, 2/9-61	18
" 9. " " " , st.1, 3/9-61	19
" 10. " " " , st.0, 3/9-61	19
" 11. " " " , st.1, 4/9-61	20
" 12.Måling av strømhastigheter , st.3, 2/9-61	21
" 13. " " " , st.1, 4/9-61	21
" 14. " " " , st.1, 4/9-61	21

BILAG .

Bilag 1.Skisse over Vefsnas nedre løp	22
" 2.Vannføringen i Vefsna 1958	23
" 3.pH som funksjon av tilsatt syre til forskj.vanntyper	23
" 4.Prosentvis sjøvannsinnblanding, st.1, 8/8-61	25
" 5. " " " , st.1, 9/8-61	26
" 6. " " " , st.4, 1/9-61	27
" 7. " " " , st.3, 2/9-61	27
" 8. " " " , st.1, 3/9-61	28
" 9. " " " , st.0, 3/9-61	28
" 10. " " " , st.1, 4/9-61	29
" 11.Strømhastigheter , st.3, 2/9-61	30
" 12. " " " , st.1, 4/9-61	31
" 13. " " " , st.1, 4/9-61	32.

1. Innledning.

I juli 1961 fikk Norsk institutt for vannforskning en henvendelse fra overrettssakfører E. Rikheim på vegne av Elektrokemisk A/S om å utarbeide en uttalelse angående utslipp av avfallsvann som er planlagt fra den prosjekterte utvidelse ved Mosjøen Aluminium A/S.

1.1. Vasking av ovngasser og hallgasser.

Store konsentrasjoner av fluor i atmosfæren forårsaker betydelig skade på vegetasjonen. For å hindre slike skader omkring aluminiumsverket Mosal A/S i Mosjøen, blir gassene med høy fluorkonsentrasjon fra ovner og haller vasket med vann før de slippes ut i atmosfæren. Ved disse prosesser overføres forurensningen til vaskevannet som kan få relativt store konsentrasjoner av fluss-syre, svovelsyre, kullsyre og tjærestoffer.

De prosesser som hittil har vært benyttet for gassvasking, krever forholdsvis små vannmengder. Etter vaskingen blir vaskevannet pumpet til et anlegg hvor det blir nøytralisert med hydratkalk og pumpet over til en sedimenteringstank hvor det utfelte kalsiumfluoridet sedimenterer samtidig som tjærestoffene skummes av. Etter denne behandling blir vannet resirkulert i systemet, men det er fremdeles overmettet med kalsiumfluorid og det skjer en etterfelning med en derav følgende tilstopping av rørledninger og dyser.

For vasking av ovngassene med sitt høye innhold av forurensninger, regner bedriften med å bruke denne metode fremdeles en tid fremover, men slik at vaskevannet etter å ha passert nøytraliserings- og sedimenteringsanlegget i størst mulig utstrekning kan slippes ut i kloakken med tilsvarende tilførsel av renvann.

Vaskingen av hallgassene vil imidlertid i fremtiden foregå etter et nytt prinsipp hvor gassen blir vasket med store mengder vann i motstrøm i høye overrislingstårn. Til vaskingen av hallgass fra tre haller er det beregnet å medgå $6600 \text{ m}^3/\text{time}$ eller $1,85 \text{ m}^3/\text{sek}$ av vaskevann.

Disse vannmengder kan ikke leveres av det nåværende vannverk og driften er derfor basert på inntak av vann fra området hvor Vefsna munner ut i fjorden og på et egnet sted i forhold til bedriftens beliggenhet.

I første byggetrinn skal gassene fra en hall vaskes på denne måten, det vil si med ca. $0,6 \text{ m}^3/\text{sek}$ vann.

1.2 Hallgassenes og vaskevannets kjemi.

I første byggetrinn er det beregnet at gassene fra hall 5, $2,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ hallgass, skal vaskes med 2200 m^3 vann/time. Det vil si at 1 liter vann vasker ca. 1.15 m^3 hallgass.

Hallgassene har et fluoridinnhold som varierer fra 1-5 mg F/ m^3 . De høyeste verdiene vil kun inntreffe når flere uheldige omstendigheter er tilstede samtidig. Som øvre grense for fluoridkonsentrasjonen i avfallsvannet regnes med 5 mg F/l. Fluoridet forekommer som fluss-syre H_2F_2 , og maksimumskonsentrasjonen av denne i vaskevannet blir da $2,65 \cdot 10^{-4} \text{ N}$.

I hallgassene er det et visst innhold av oksyderte svovelforbindelser som kan settes til ca. $0,3 \text{ mg S/m}^3$, vesentlig som SO_3 . Dette vil gi svovelsyre i vannet. Vaskevannets konsentrasjon med hensyn til H_2SO_4 blir maksimalt ca. $0,22 \cdot 10^{-4} \text{ N}$. Dessuten har hallgassene et visst innhold av kuldioksyd og tjærestoffer som kan avgis til vaskevannet.

I tillegg til at hallgassene vil gi vaskevannet et visst innhold av fluorjoner, vil det også påvirke vannets surhet.

1.3 Virkning på laks og ørret.

Om disse forhold refererer vi bl.a. til undersøkelser som er foretatt av dr. Sten Vallin, Drottningholm, etter kontakt med fiskeribiolog Sven Sømme. De utførte undersøkelser viste at laks og ørret har stor toleranse overfor fluoridinnhold i nøytralt miljø. Dette var tilfelle for fluor i ferskvann og sjøvann. Overfor unøytralisert, d.v.s. surt, vaskevann var toleransen betydelig mindre. Avfallsvannets surhetsgrad i seg selv har meget stor betydning, idet for surt vann kan være direkte dødelig for fisk som laks og ørret. Disse fiskesorter er dessuten omfindtlige for hurtige vekslinger i pH.

1.4 Vefsna. Nedre løp, estuarområde og vannføring. (se bilag 1, s. 22)

Nedenfor Mosjøen har Vefsna et løp i nordlig retning. Ved byen passerer elven en relativt trang innsnevring hvoretter løpet vider seg ut. Mellom Mosjøen og området til Mosal renner Drevja ut i

Vefsna fra øst. Herfra blir løpet stadig videre til elven går over i Vefsnafjorden. På begge sider av elvens nederste løp er det grunt, slik at elvens tverrsnitt er meget forskjellig ved lavvann og høyvann. I dypålen varierer dybden svakt fra ca. 4 m under lavvannsstand rett ut for utløpet av Drevja, til ca. 7 m ut for Mosals småbåthavn. Først ved nordenden av den nordvestgående molo synker bunnen raskt idet moldbakken går steilt ned mot fjordbunnen.

Et område hvor en elv går over i et fjordbasseng og ferskvannet blandes opp med sjøvann, kalles et estuarområde. På grunn av sin relativt høye tetthet, $1,026 \text{ g/cm}^3$, vil sjøvannet trenge inn under det lettere ferskvannet og ligge langs bunnen oppover elven. Vannmassene vil herved deles i sjikt med ferskvann øverst, brakkvann i midten og sjøvann nederst. Tykkelsen på overflatelaget, ferskvannet, vil avta utover mot fjorden, etter hvert som blandingen med sjøvann finner sted.

På grunnlag av de forskjellige hastigheter i de horisontale vannlag i elven, vil turbulenser etc. bevirke at elvevannet hele tiden river med seg noe av sjøvannet og omvendt. Så lenge det er et sjøvannslag langs bunnen, vil saliniteten av elvevannet derfor øke mot dypet, og med avtagende avstand fra fjorden.

Det sjøvann som på denne måten føres tilbake til fjorden, kompenseres med en sjøvannsstrom oppover langs elvebunnen. Det lag som ikke har noen horisontal hastighetskomponent blir liggende i et brakkvannssjikt.

Spesielle forhold kan medføre at sjøvannstungen forsvinner. Det naturlige er at ved høye vannføringer i elven vil den "vaskes ut". I Vefsna er forholdene ytterligere kompliserte. Tidevannsforskjellen er stor, opptil ca. 3 m, (2,75 m den 17/2-61) og tykkelsen av sjøvannssjiktet vil variere med tidevannsperioden, dessuten skjer det ofte meget store forandringer i vannføringen i løpet av kort tid. I bilag 2, s. 23 er vannføringen i 1958 målt ved Laksfors vannverk, tegnet inn. Hvert punkt representerer gjennomsnittet over en 5-dagers periode. Nedbørsfeltet til Vefsna er 3647 km^2 , det årlige avløp er $4802 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Den gjennomsnittlige vannføring er $152,2 \text{ m}^3/\text{sek}$, mens alminnelig lavvannsføring er $10,0 \text{ m}^3/\text{sek}$.

Disse og senere oppgitte vannføringer er målt ved Laksfors vannmerke i Vefsna. Tilskuddet for det nedenforliggende nedbørfelt og avrenningen fra Drevja er ikke medregnet. Elvebunnen består av grus og sand. Dette kan sannsynligvis medføre en stadig forandring av elvebunnens topografi, da det ved større vannføringer er en betydelig sand-transport i vannmassene.

2. Problemstillingen.

Ved utslipp av vaskevannet fra hallgasstårnene ønsker bedriften å sikre seg best mulig mot å øve skadevirkninger på fiskebestanden i Vefsna. Utslippsstedet for avfallsvannet er allerede fiksert i Vefsna omtrent ut for sydenden av hall 4, se bilag 1, s.22, slik at avfallsvannet blir ført i elvevannet ut i fjorden.

Fluoridkonsentrasjonen i vaskevannet er ifølge de tidligere nevnte undersøkelser av dr. Sten Vallin, ikke så høy at den vil ha skadelig virkning på fiskebestanden i Vefsna under forutsetning av at vaskevannet er nøytralt.

Det vesentlige problemet blir derfor å bestemme de beste betingelser for å kunne slippe ut et nøytralt vaskevann. Med hensyn til dette problem mente bedriftens ledelse at det ville være en fordel å bruke sjøvann til vaskingen.

Undersøkelsene er derfor utført med henblikk på å bestemme sjøvannets egenskaper til å motta forurensningene fra hallgassen, og å bestemme under hvilke forhold det eksisterer en sjøvannstunge langs bunnen i Vefsna i det tverrsnitt av elven hvor inntaket opprinnelig var tenkt plassert. Samtidig ble det foretatt målinger enkelte andre steder i elven for best mulig å bestemme et passende inntakssted for vaskevannet.

3. Undersøkelser.

3.1 Virkningen av syretilsetning på forskjellige vanntyper.

Som nevnt under punkt 1.5 er forandringen i vannets surhetsgrad under vaskingen det mest kritiske. Med maksimumskonsentrasjoner av fluss-syre og svovelsyre i hallgassene, blir syreinnholdet i vaskevannet ca. $2,9 \cdot 10^{-4}$ N.

Virkningen av syretilsetning ble undersøkt på sjøvann, brakkvann og ferskvann. Sjøvann ble pumpet opp fra 6 m dyp ved st. 2 over moldbakken i Vefsna den 31/8-1961 kl. 14³⁵.

Tabell 1.

Analyse av sjøvannet brukt til prøvene:

Salinitet: 31,20 ‰

Elektrolytisk ledningsevne ved 20 °C: $41900 \cdot 10^{-6} \text{ ohm}^{-1} \text{ cm}^{-1}$

pH: 7,65

Salinitet er innholdet av løste salter i vannet oppgitt i promille. Denne størrelse blir beregnet ut fra kloridinnholdet som bestemmes ved titrering med sølvnitrat etter Mohrs metode.

Vannets elektrolytiske ledningsevne ved 20 °C, κ_{20} , er også et uttrykk for vannets innhold av salter.

pH er et mål for vannets surhetsgrad.

Springsvann med pH 6,75 fra laboratoriet ved Mosal A/S ble benyttet som ferskvann. Ut fra sjøvannet og springsvannet ble 6 forskjellige vannprøver fremstilt.

I.	100 %	sjøvann,		
II	50 %	"	, 50 %	ferskvann,
III	25 %	"	, 75 %	"
IV	10 %	"	, 90 %	"
V	2 %	"	, 98 %	"
VI			100 %	"

Av hver prøve ble 100 ml utpipetert og tilsatt N/50 saltsyre fra mikrobyrette. Etter tilsetning av hver $\frac{1}{2}$ ml n/50 saltsyre ble pH målt med et Metrohm pH-meter. Senere ble dette omregnet til tilsetning av N/10 saltsyre pr. liter vann. Resultatene er oppført i tabell 2, s. 9, og er satt opp som kurver i bilag 3, s. 24.

Av resultatene fremgår den store forskjellen mellom sjøvannets og ferskvannets bufferegenskaper. Dette har sin årsak i et høyt innhold av bikarbonat i sjøvann, hvilket medfører en langsom senkning av pH ved syretilsetninger. Ferskvannet er derimot en dårlig buffer og gir et stort utslag i pH.

Tabell 2.

pH som funksjon av tilsatt volum N/10 HCl til sjøvann og blandinger av sjøvann og springvann.

Antall ml N/10 HCl/1 vann	pH av vannprøvene:					
	I 100% sjøv.	II 50% sjøv.	III 25% sjøv.	IV 10% sjøv.	V 2% sjøv.	VI 0% sjøv.
0,00	7,65	7,55	7,50	7,07	6,83	6,75
1,00	7,45	6,97	6,65	6,30	6,07	5,87
2,00	7,20	6,50	6,25	5,85	5,46	5,25
3,00	6,93	6,30	5,95	5,48	4,60	3,85
4,00	6,66	6,10	5,75	4,94	3,52	3,21
5,00	6,46	6,00	5,45	3,85	3,10	2,90
6,00	6,33	5,82	5,20	3,30	2,90	
7,00	6,23	6,67	4,80	3,05		
8,00	6,20	5,55	3,77	2,90		
9,00	6,20	5,45	3,30			
10,00	6,10	5,22	3,05			
11,00	6,04	4,95				
12,00	6,00	4,50				
13,00	5,95	3,60				
14,00	5,90					
15,00	5,85					
16,00	5,80					
17,00	5,72					
18,00	5,65					
19,00	5,50					
20,00	5,35					

I bilag 3, s. 24 er tegnet inn de syretilsetninger som tilsvarende maksimumskonsentrasjonen av fluss-syre a) og med tillegg av svovelsyre b).

3.2 Undersøkelse av sjøvannsinholdet i vannmassene i Vefsnas nedre løp.

En enkelt metode til bestemmelse av sjøvannsinblandingen i vannmassene i estuarområder er målinger av den elektrolytiske ledningsevnen. Denne er direkte avhengig av de mengder salter som er løst i vannet, og gir derfor med en gang relasjonen mellom sjøvann og ferskvann.

Ved målingene er brukt en "WTW Leitfähigkeitsmesser, Type LBR/B"

tilknyttet en senkbar måleselle med platina-elektroder. Målingene er utført fra båt. På grunn av de kompliserte forhold i Vefsnas estuarområde med stor høydeforskjell mellom høyvann og lavvann samtidig som elvens vannføring varierer sterkt, ble målingene foretatt på én stasjon med ca. 1/2 times intervaller over en tidevannsperiode, ca. 12 timer, av gangen. Målingene ble gjentatt ved forskjellige vannføringer. Med hensyn til stasjonens plassering, se bilag 1, side 22. Ut fra disse målinger er det til en viss grad mulig omtrentlig å anslå ved hvilke vannføringer det eksisterer en sjøvannstunge langs elvebunnen, enten hele tidevannsperioden eller deler av denne. En eksakt bestemmelse av disse forhold vil imidlertid kreve atskillige målinger under mange forskjellige vannføringer.

I tillegg til målingene av den elektrolytiske ledningsevnen ble undersøkelser over strømningsforholdene foretatt et par steder i elven. Dette ble utført for å finne hastighetsfordelingen med dypet, og for å kunne gjøre et grovt overslag over den mengde sjøvann som strømmer oppover langs elvebunnen. Strømhastighetene ble målt med et "Flügel", konstruksjon Ott.

Undersøkelsene er hovedsakelig foretatt ved stasjon 1, men med enkeltmålinger omkring lavvannstid ved enkelte andre stasjoner.

En oversikt over utførte målinger er satt opp i tabell 3, s. 11, med henvisning til de tabeller og bilag hvor resultatene står oppført.

4. Diskusjon.

4.1 Virkningen av syretilsetninger.

Som det fremgår av undersøkelsene over virkninger av syretilsetninger til de forskjellige vanntyper, tabell 2, s. 9 og bilag 3, s. 24, er det markert forskjell på sjøvannets og ferskvannets reaksjoner. Mens pH i ferskvannet raskt synker ved syretilsetning, bevirker bikarbonatinnholdet i sjøvannet en meget langsom forandring. Forandringen av surheten i brakkvannsprøvene er avhengig av sjøvannsinholdet, men selv en meget lav sjøvannsinnblanding har tydelig virkning på pH.

Tabell 3.

Oversikt over utførte målinger i Vefsna.

Dato 1961	Vann- føring m ³ /sek	Måling	Tidsrom for målingene	Sted	Tidevanns- forhold Klokkesett	Resultater ^{x)}	
						tabell nr.	oppført i bilag nr.
8/8	305	Elektro- lytisk ledningevne	11 ⁰⁰ -15 ³⁰	st.1	h.v. 11 ¹⁷ l.v. 17 ²³	5	4
9/8	223	"	10 ³⁰ -22 ⁰⁰	st.1	h.v. 12 ⁰¹ l.v. 18 ⁰⁰ ¹⁰	6	5
1/9	86,7	"	10 ⁴⁰	st.4	l.v. 10 ³⁹	7	6
2/9	150	"	10 ⁴⁰	st.3	l.v. 12 ³⁸	8	7
3/9		"	12 ⁴⁰ -15 ⁵⁰	st.1	l.v. 13 ⁵⁴	9	8
3/9		"	15 ¹⁵	st.0	l.v. 13 ⁵⁴	10	9
4/9	112	"	10 ⁵⁰ -21 ⁰⁰	st.1	h.v. 8 ⁴⁶ l.v. 15 ¹¹ ¹⁹	11	10
2/9	150	Strøm- hastighet	11 ¹⁰ -12 ⁰⁰	st.3	l.v. 12 ³⁸	12	11
4/9	112	"	14 ⁵⁰ -15 ³⁰	st.1	l.v. 15 ¹¹	13	12
4/9	112	"	20 ²⁰ -20 ⁴⁰	st.1	l.v. 21 ¹⁹	14	13

l.v. = lavvann, h.v. = høyvann.

x) Elektrolytisk ledningsevne er omregnet til prosentvis sjøvannsinnblanding.

Med 100% sjøvann betegnes her i tabeller og kurver vann med salinitet 23,7 o/oo eller høyere.

I bilag 3 er syreekvivalenten for summen av maksimumskonsentrasjonen av fluss-syre og svovelsyre tegnet inn som den striped linje b. pH i de forskjellige vann typer med denne tilsetning er satt opp i tabell 4.

Tabell 4.

pH i forskjellige vannprøver ved syretilsetninger som tilsvarer maks. kons. av fluss-syre og svovelsyre.

I	100 % sjøvann		pH: 6,95
II	50 %	" , 50 % ferskvann	" 6,30
III	25 %	" , 75 % "	" 6,00
IV	10 %	" , 90 % "	" 5,53
V	2 %	" , 98 % "	" 4,75
VI		100 % "	" 4,00

Før pH i sjøvannet synker til 6,0 kan det tilsettes 12 ml N/10 saltsyre pr. liter, hvilket er noe over 4 ganger den ovenfor nevnte maksimumskonsentrasjon. Ved å benytte rent sjøvann til vasking av hallgassene er det derfor ikke nødvendig med nøytralisering av vaskevannet før utslipp i Vefsna. Selv under forhold som medfører maksimale mengder fluss-syre i hallgassene, vil vaskevannet være nøytralt. Den syremengde som ytterligere kan tilsettes før vannets surhet kan bli skadelig for fiskebestanden i Vefsna, skulle være tilstrekkelig til å skape nødvendig sikkerhet mot uhell.

Bli ferskvann benyttet til vaskingen, vil selv relativt små tilsetninger av syre medføre at pH i vaskevannet synker under de kritiske verdier. I et slikt tilfelle må vannet passere et nøytraliseringsanlegg før utslipp.

Forholdene ved bruk av brakkvann varierer med sjøvannsinnholdet. Helt ned til en blanding med 25 % sjøvann vil, iflg. tabell 4, pH ved tilsetning av maksimumskonsentrasjonene av fluss-syre og svovelsyre være 6,0 eller høyere. Sikkerhetsmargin er imidlertid liten. Ved 25 % sjøvann vil pH synke til 5,5 ved ytterligere tilsetning av syre tilsvarende en økning på 2 ml N/10 saltsyre pr. liter. Under slike forhold må vaskevannet passere et nøytraliseringsanlegg som automatisk trer i funksjon når sjøvannsinnholdet synker under en viss grense og/eller pH i vannet nærmer seg kritiske verdier.

4.2. Variasjoner i sjøvannsinnblandingen.

Undersøkelsene av sjøvannsinnblandingen i vannmassene i Vefsnas nedre løp viser en stor variasjon, både med hensyn til vannføringen i elven, og med vekslingen i tidevannsperioden. Resultatene av målingene er satt opp i tabellene 5-10 og tegnet opp som kurver i bilagene 4-9.

a) Forholdene ved stasjon 1 omkring lavvann.

Ved en vannføring på 112 m³/sek er det 100 % sjøvann opp til en høyde av 0,8 m over bunnen og brakkvann med 50 % sjøvann opp til ca. 2,5 m. Under vannføringer på 130 m³/sek når 100%-sjøvannet opp til 0,1 m og 50%-blandingen opp til ca. 2,0 m. Målinger ved vannføringer på 223 m³/sek og 305 m³/sek viser at det under disse forhold ikke eksisterer en sjøvannstunge langs bunnen og derfor heller ikke en sjøvannsinnblanding i noe lag av vannmassene.

Ved en bestemt vannføring oppstår den situasjon at ferskvannet akkurat presser sjøvannet vekk fra bunnen ved stasjon 1, slik at sjøvannstungens øvre ende befinner seg like nedenfor. Det er rimelig å anta at denne bestemte vannføring ligger i nærheten av Vefsna's gjennomsnittlige vannføring, $152,2 \text{ m}^3/\text{sek}$.

b) Variasjoner i sjøvannsinnblandingen ved stasjon 1 ved tidevannsvekslingen.

Disse variasjoner fremgår av bilagene 4, 5, 8 og 10. Ved en vannføring på $112 \text{ m}^3/\text{sek}$ varierer sjøvannsinnblandingen i de forskjellige horisontale vannlag over bunnen forholdsvis lite med tidevannet. Men allerede ved $130 \text{ m}^3/\text{sek}$ forårsaker høydevekslingen på havflaten markerte forskyvninger på lagene. Under begge de nevnte situasjoner var det sjøvann langs bunnen gjennom hele tidevannsperioden. Lengre opp i elven, ved st. 0, var det ved vannføring $130 \text{ m}^3/\text{sek}$, 100 % sjøvann bare få cm over bunnen 1 time 20 min etter lavvannstid og 2 % sjøvannsinnblandingen ble funnet så lavt som 1,75 m over bunnen. Det er sannsynlig at sjøvannstungen ikke har strukket seg til dette sted ved lavvann.

Målinger som ble utført ved stasjon 1 under vannføringer på $223 \text{ m}^3/\text{sek}$ viste en annen situasjon med hensyn til sjøvannstungen. Denne ble en tid før lavvann presset fullstendig tilbake fra området for så raskt å renne oppover igjen langs bunnen noe etter lavvannstid. Av denne grunn ble forandringene av sjøvannsinholdet i vannlagene store.

Ved en vannføring i Vefsna på $223 \text{ m}^3/\text{sek}$, var sjøvannet langs bunnen fullstendig vekk i vel 3 timer. I en høyde som tilsvarende ca. 2,5 m under lavvannsstand, var 100%-sjøvannet forsvunnet i ca. 9 timer mens det var under 50 % innblanding i $5\frac{1}{2}$ timer. I 3 timer omkring lavvann var det rent ferskvann i alle dyp. Forholdene ved vannføring på $305 \text{ m}^3/\text{sek}$ var tilsvarende, bare ytterligere markert.

c) Strømhastighetene i Vefsna.

Foruten at strømhastighetene avhenger av dyp, tverrsnitt og vannføring, varierer den i estuarområdet også direkte med tidevannsvekslingen. Mot høyvann skjer det en oppstuvning av vann i elven,

hvilket medfører en mindre vannføring enn det blir målt lengere opp. Mot lavvann skjer det omvendte idet det oppstuede vannet renner ut i tillegg til vannføringen ovenfra.

I Vefsnas nedre løp påvirkes strømhastighetene videre av en sekundær effekt av tidevannsvekslingen, idet tverrsnittet forandres vesentlig. Forholdet mellom arealene av et tverrsnitt ved høyvann og lavvann er meget stort på grunn av elvebunnens og breddenes topografi. Bilagene 12 og 13 viser tydelig forskjellen i strømhastigheter ved stasjon 1 mellom høyvanns- og lavvannssituasjonen. Ved lavvann er det betydelig større strømhastigheter både for utoverstrømmende ferskvann og for innoverstrømmende sjøvann, enn ved høyvann. Tykkelsen av de strømmende vannlag er også større ved lavvann.

Grove beregninger over sjøvannstransporten langs elvebunnen den 4/9-1961 med vannføring $112 \text{ m}^3/\text{sek}$ gir som resultat en oppovergående vannmengde på omkring $13 \text{ m}^3/\text{sek}$, både ved høyvann og lavvann. Denne sjøvannsmengde blir ført tilbake til fjorden i de utoverstrømmende vannlag. Den gjennomsnittlige sjøvannsinnblanding i disse lag blir således omkring 10 %.

Bilag 11 viser strømhastighetene ved st. 3 den 2/9-1961. Hastigheten av overflatevannet er oppe i $0,76 \text{ m}/\text{sek}$, mens den oppoverrettede understrøm har en hastighet på opptil $0,135 \text{ m}/\text{sek}$. En tilsvarende beregning som ovenfor gir en oppoverrettet sjøvannstransport på ca. $11 \text{ m}^3/\text{sek}$.

5. Konklusjon.

1. Hallgassene har et betydelig innhold av fluss-syre, svovel-syrning og kulldioksyd, som vil gjøre vaskevannet surt. (Oppgitt av Elektrokemisk A/S).
2. Fisk som ørret og laks er ømfintlige overfor lave pH-verdier og raske vekslinger i pH. Fisken er tolerant overfor fluorider når vannet ikke er for surt (iflg. dr. Sten Vallin).
3. Sjøvannsinnblandingen i Vefsna nedre løp varierer sterkt med vannføring og tidevannsvekslinger.
4. Ved å anlegge vanninntak i de øvre lag i Vefsna ved stasjon 1, vil det regelmessig komme rent ferskvann inn i systemet når vannføringen er større enn ca. $150 \text{ m}^3/\text{sek}$. Under disse betingelser er avfallsvannet antagelig skadelig for fisken, og det må derfor enten bli nøytralisert eller ledet helt ut i fjorden, øst for kaianlegget.
5. Ved bruk av sjøvann til vaskingen (inntak f.eks. ved kaien), vil gassforurensningene bli helt uskadeliggjort. Avfallsvannet kan i dette tilfelle slippes i elven.
6. Ved tilblending av minst 15%, helst 25%, sjøvann til ellevann, vil sannsynligvis gassforurensningene bli tilstrekkelig uskadeliggjort til at vaskevannet kan slippes i elven.

TABELL 5.

Prosentvis sjøvannsinnblanding i Vefsna, stasjon 1, den 8/8-1961.

Yannføring: 305 m³/sek, Høyvann: kl. 11¹⁷, Lavvann: kl. 17²³.

h = høyde over bunnen i m, ‰ = prosent sjøvannsinnblanding, 100% sjøvann = salinitet 23,7⁰/oo.

kl. 11 ⁰⁸		kl. 11 ³⁰		kl. 13 ¹²		kl. 14 ⁰⁸		kl. 14 ³⁸		kl. 15 ⁰⁸		kl. 15 ³²	
h	‰	h	‰	h	‰	h	‰	h	‰	h	‰	h	‰
5,9	1,7	5,8	0,4	5,6	2,0								
5,4	1,5	5,3	1,7	5,1	2,2	5,3	0,8	5,1	<0,1				
4,9	2,2	4,8	3,5	4,6	2,6	4,8	1,1	4,6	0,1	4,9	<0,1	4,8	<0,1
4,4	3,2	4,3	3,5	4,1	2,8	4,3	1,2	4,1	0,1	4,4	<0,1	4,3	<0,1
3,9	9,7	3,8	5,4	3,6	2,9	3,8	1,2	3,6	0,2	3,9	<0,1	3,8	<0,1
3,4	48	3,3	21	3,1	3,8	3,3	1,2	3,1	0,1	3,4	<0,1	3,3	<0,1
2,9	53,5	2,8	50	2,6	4,2	2,8	1,4	2,6	0,4	2,9	<0,1	2,8	<0,1
2,4	86	2,3	67	2,1	17	2,3	1,8	2,1	0,2	2,4	<0,1	2,3	<0,1
1,9	100	1,8	86	1,6	32	1,8	1,1	1,6	0,4	1,9	<0,1	1,8	<0,1
1,4	100	1,3	100	1,1	81,5	1,3	1,8	1,1	2,0	1,4	<0,1	1,3	<0,1
0,9	100	0,8	100	0,6	98,5	0,8	22	0,6	2,3	0,9	<0,1	0,8	<0,1
0,4	100	0,3	100	0,1	100	0,3	90,5	0,1	17	0,4	0,1	0,3	0,1
0	100	0	100	0	100	0	100	0	77,5	0	0,1	0	0,1

TABELL 6.

Prosentvis sjøvannsinnblanding i Vefsna, stasjon 1, len 5/8-1961.

Vannføring : 223 m³/sek. Lavvann : kl.05⁵⁹ og 18⁰³. Høyvann kl. 12⁰¹ og 00¹⁰.

h = høyde over bunnen i m. ‰ = prosent sjøvannsinnblanding. 100‰ sjøvann = salinitet 23,7‰/oo.

kl.	10 ³⁸ -10 ⁴³		12 ¹⁸ -12 ²³		13 ⁴³ -13 ⁴⁸		14 ²² -14 ²⁷		14 ⁵⁶ -15 ⁰²		15 ²⁵ -15 ³⁰		17 ²⁶ -17 ³²		18 ⁰⁰ -18 ⁰⁶		18 ²⁹ -18 ³⁴	
	h	‰	h	‰	h	‰	h	‰	h	‰	h	‰	h	‰	h	‰	h	‰
	5,8	1,4	5,85	0,7														
	5,3	1,5	5,3	1,7	5,5	2,2	5,15	4,2										
	4,8	1,5	4,8	1,8	5,0	2,8	4,6	4,2	4,95	2,6	4,75	2,6						
	4,3	4,2	4,3	2,7	4,5	2,8	4,1	4,2	4,4	2,7	4,2	2,7	4,25	0,3	4,3	0	4,2	0
	3,8	21	3,8	10	4,0	3,6	3,6	5,0	3,9	2,8	3,7	2,8	3,7	0,2	3,8	0	3,7	0
	3,3	73	3,3	20	3,5	3,7	3,1	7,0	3,4	3,2	3,2	2,9	3,2	0,7	3,3	0	3,2	0
	2,8	81	2,8	56	3,0	7,0	2,6	10	2,9	3,7	2,7	3,5	2,7	0,3	2,8	0	2,7	0
	2,3	95	2,3	77	2,5	18	2,1	12	2,4	6,3	2,2	5,0	2,2	0,2	2,3	0	2,2	0
	1,3	100	1,8	92	2,0	40	1,6	34	1,9	10	1,7	12	1,7	0,2	1,8	0	1,7	0
	1,3	100	1,3	100	1,5	55	1,1	40	1,4	36	1,2	29	1,2	0,2	1,3	0	1,2	0
	0,8	100	0,8	100	1,0	80	0,6	80	0,9	74	0,7	86	0,7	0,2	0,8	0	0,7	0
	0,3	100	0,3	100	0,5	100	0,1	100	0,4	95	0,2	100	0,2	0,3	0,3	0	0,2	0
	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	0,3	0	0	0	0
kl.	18 ⁵⁹	19 ⁰⁴	19 ²⁹	19 ³⁴	19 ⁵⁷	20 ⁰³	20 ²³	20 ³³	20 ⁵⁷	21 ⁰²	21 ²⁸	21 ³²	21 ⁵⁸	22 ⁰²				
									4,6	0,2	4,8	0,6	5,3	1,4				
									4,1	0,3	4,3	0,8	4,8	1,5				
	4,2	0	4,3	0,1	4,4	0,1	4,5	0,2	3,6	0,4	3,8	1,0	4,3	11				
	3,7	0	3,8	0,1	3,9	0,1	4,0	0,3	3,1	1,3	3,3	3,2	3,8	17				
	3,2	0	3,3	0,1	3,4	0,1	3,5	0,3	2,6	41	2,8	47	2,8	84				
	2,7	0	2,8	0,2	2,9	0,2	3,0	0,3	2,1	81	2,3	99	2,3	99				
	2,2	0	2,3	0,5	2,4	1,6	2,5	3,3	1,6	94	1,8	100	1,8	100				
	1,7	0,2	1,8	0,5	1,9	76	2,0	79	1,1	100	1,3	100	1,3	100				
	1,2	3,5	1,3	63	1,4	94	1,5	93	0,6	100	0,8	100	0,8	100				
	0,7	3,6	0,8	94	0,9	100	1,0	100	0,1	100	0,3	100	0,3	100				
	0,2	76	0,3	100	0,4	100	0,5	100	0	100	0	100	0	100				
	0	99	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100				

TABELL 7 og 8.

Prosentvis sjøvannsinnblanding i Vefsna.

TABELL 7

Stasjon 4, den 1/9-1961 Vannføring: 86,7 m ³ /sek Lavvann: kl. 10 ³⁹	
h	%
5,3	10,1
4,8	12,7
4,3	23,5
3,8	43
3,3	83
2,8	92,5
2,3	94,5
1,8	100
1,3	100
0,8	100
0,3	100
0	100

TABELL 8

Stasjon 3, den 2/9-1961 Vannføring: 150 m ³ /sek Lavvann: kl. 12 ³⁸	
h	%
6,6	2,0
6,1	3,5
5,6	7
5,1	7,5
4,6	10,5
4,1	13
3,6	47
3,1	80
2,6	93,5
2,1	96
1,6	96
1,1	100
0,6	100
0,1	100
0	100

h = høyde over bunnen i m.

% = prosent sjøvannsinnblanding.

TABELL 9 og 10.

Prosentvis sjøvannsinnblanding i Vefsna, stasjon 1, og 0, den 3/9-61.

Vannføring: 130 m³/sek, Høyvann: kl. 07¹⁷ og 19⁵⁸, Lavvann: kl. 13⁵⁴.

h = høyde over bunne i m, % = prosent sjøvannsinnblanding, 100% sjøvann = salinitet 23,7⁰/oo.

Tabell 9, stasjon 1.

kl. 12 ⁴⁰		kl. 14 ⁵⁰		kl. 15 ⁰⁵		kl. 15 ³⁰		kl. 15 ⁵⁰	
h	%	h	%	h	%	h	%	h	%
								5,1	1,8
4,7	3,9	4,85	2,4	4,9	2,0	5,0	1,5	4,6	1,8
4,2	5,0	4,3	2,4	4,4	2,0	4,5	1,9	4,1	1,9
3,7	5,0	3,8	2,4	3,9	2,0	4,0	1,9	3,6	2,1
3,2	5,3	3,3	2,6	3,4	2,2	3,5	1,9	3,1	2,1
2,7	5,3	2,8	2,7	2,9	2,5	3,0	2,1	2,6	39,5
2,2	8,3	2,3	47	2,4	2,0	2,5	34	2,1	84
1,7	17	1,8	85,5	1,9	79,5	2,0	60,5	1,6	100
1,2	88	1,3	93	1,4	86,5	1,5	90	1,1	100
0,7	96	0,8	94,5	0,9	92	1,0	96,5	0,6	100
0,2	100	0,3	100	0,4	100	0,5	97,5	0,1	100
0	100	0	100	0	100	0	100	0	100

Tabell 10, stasjon 0.

kl. 15 ¹⁵	
h	%
4,1	1,4
3,6	1,5
3,1	1,6
2,6	1,7
2,1	1,7
1,6	2,3
1,1	4,5
0,6	32,5
0,1	66,5
0	100

TABELL 11.

Prosentvis sjøvannsinnblanding i Vefsna, stasjon 1, den 4/9-1961.

Vannføring: 112 m³/sek, Høyvann: kl. 08⁴⁰ og 21¹⁹, Lavvann: kl. 02⁴² og 15¹¹.

h = høyde over bunnen i m, % = prosent sjøvannsinnblanding, 100% sjøvann = salinitet 23,7⁰/oo.

kl. 10 ⁵⁵		kl. 11 ¹⁵		kl. 14 ⁰⁷		kl. 14 ²²		kl. 15 ⁴⁰		kl. 18 ⁰⁰		kl. 18 ³⁸		kl. 19 ⁰⁰		kl. 20 ⁰⁰		kl. 10 ⁵⁵	
h	%	h	%	h	%	h	%	h	%	h	%	h	%	h	%	h	%	h	%
5,4	1,8									5,2	0,5	5,2	1,5	5,25	0,9	5,65	0,4	5,7	0,4
4,9	3,6	4,8	2,7	4,7	2,2	4,7	1,8	4,7	0,5	4,7	0,8	4,7	1,4	4,7	1,0	5,1	0,5	5,2	0,5
4,4	3,9	4,3	4,3	4,2	2,8	4,2	2,1	4,2	2,1	4,2	1,4	4,2	1,5	4,2	1,0	4,6	1,9	4,7	0,5
3,9	8,0	3,8	7,5	3,7	3,4	3,7	2,8	3,7	1,2	3,7	3,2	3,7	3,2	3,7	2,4	4,1	4,1	4,2	1,2
3,4	39	3,3	11,5	3,2	3,8	3,2	3,9	3,2	2,1	3,2	28	3,2	14	3,2	5,6	3,6	11	3,7	4,1
2,9	80	2,8	58	2,7	18	2,7	6,5	2,7	6,4	2,7	74	2,7	44	2,7	46	3,1	10	3,2	14
2,4	85	2,3	80	2,2	50	2,2	66	2,2	90	2,2	90	2,2	86	2,2	85	2,6	63	2,7	19
1,9	84	1,8	85	1,7	86	1,7	83	1,7	94	1,7	95	1,7	95	1,7	90	2,1	90	2,2	64
1,4	87	1,3	95	1,2	92	1,2	96	1,2	96	1,2	96	1,2	99	1,2	96	1,6	93	1,7	85
0,9	87	0,8	98	0,7	96	0,7	100	0,7	99	0,7	100	0,7	100	0,7	100	1,1	98	1,2	100
0,4	100	0,3	100	0,2	100	0,2	100	0,2	100	0,2	100	0,2	100	0,2	100	0,6	100	0,7	100
0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0,1	100	0,2	100
																0	100	0	100

TABELL 12, 13 og 14.

Målinger av strømhastigheter i Vefsna.

Hastigheten regnes positiv i Vefsnas løpsretning.

Tabell 12.

Stasjon 3, 2/2-61, kl. 11 ¹⁰ -11 ⁵⁵ . Vannføring: 150m ³ /sek, lavvann: 12 ³⁸	
Dyp i m	Hastighet i cm/sek
0,1	+ 76,3
0,5	+ 76,3
1,0	+ 68,5
1,5	+ 62,3
2,0	+ 53,6
2,5	+ 45,5
3,0	+ 21,0
3,5	÷ 13,2
4,0	÷ 9,1
4,5	÷ 5,6
5,0	÷ 5
5,5	÷ 5
6,0	÷ 5
Bunn 6,5	÷ 5

Tabell 13.

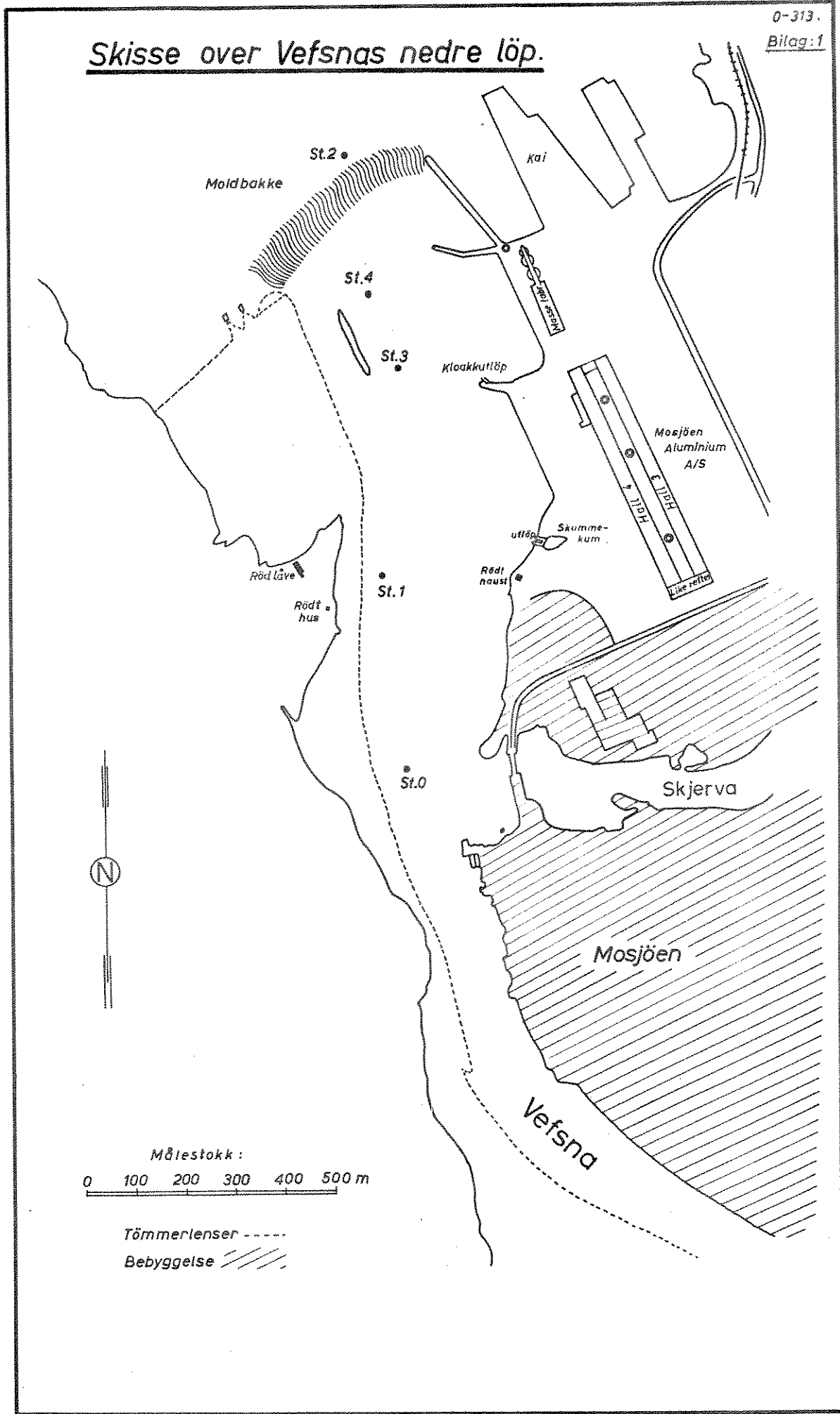
Stasjon 1, 4/9-61, kl. 14 ⁵⁰ -15 ³⁰ Vannføring: 112 m ³ /sek, lavvann: 15 ¹¹	
Dyp i m	Hastighet i cm/sek
0,1	+ 54,4
0,5	+ 54,3
1,0	+ 46,5
1,5	+ 45,4
2,0	+ 45,2
2,5	+ 10,0
3,0	÷ 10,4
3,5	÷ 11,6
4,0	÷ 5,2
4,5	÷ < 5
Bunn 4,7	÷ < 5

Målingene er utført med et "Flügel"
konstruksjon Ott.

Tabell 14.

Stasjon 1, 4/9, 61, kl. 20 ²⁰ -20 ⁴⁰ Vannføring: 112 m ³ /sek, h.v. 21 ¹⁹	
Dyp i m	Hastighet i cm/sek
0,1	+ 15,9
0,5	+ 14,1
1,0	+ 13,7
1,5	+ 9,6
1,0	÷ < 5
2,5	÷ 7,9
3,0	÷ 8,1
3,5	< 5
4,0	< 5
4,5	< 5
5,0	< 5
Bunn 5,3	< 5

Skisse over Vefsnas nedre løp.

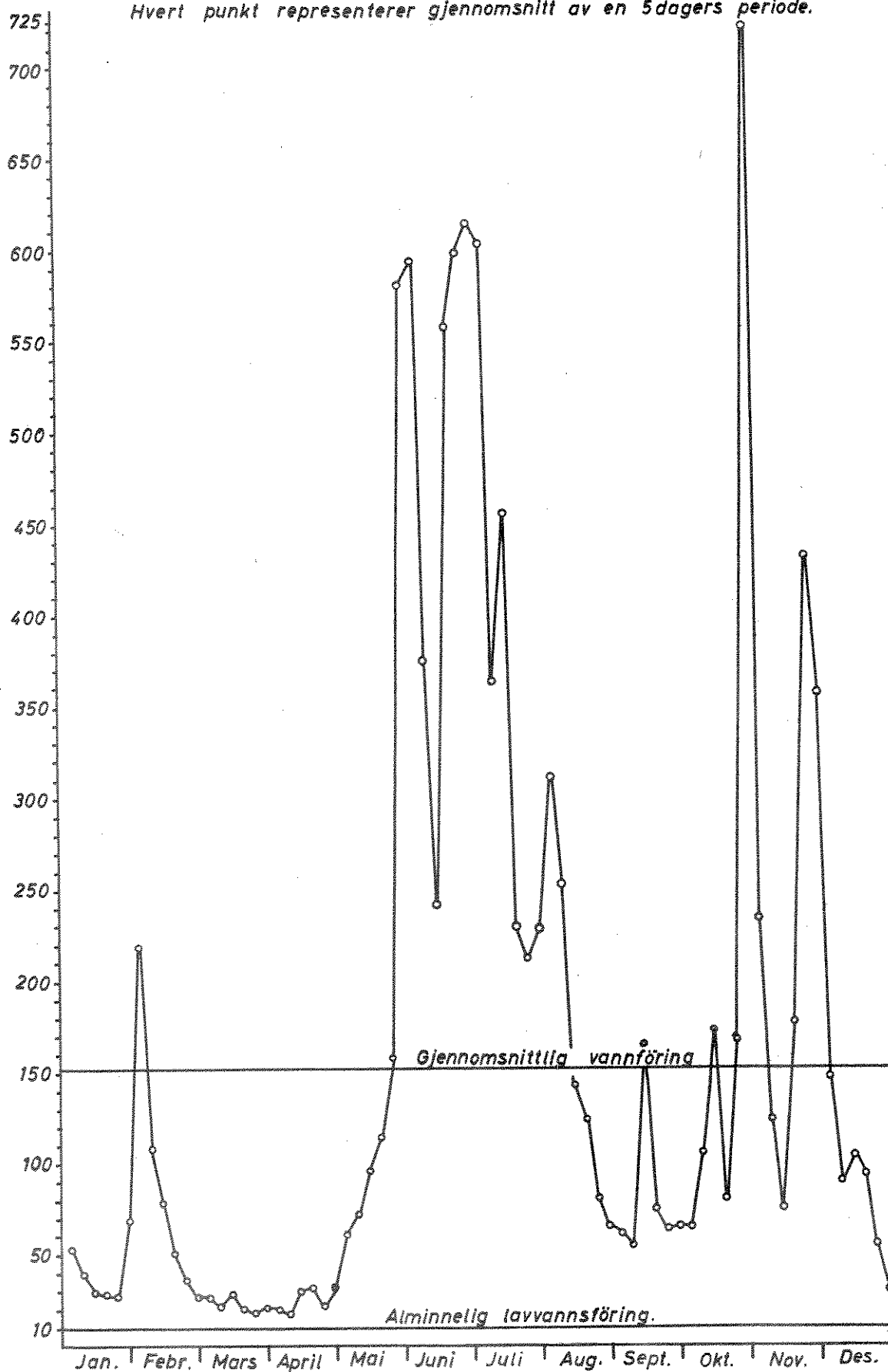


Målestokk:
 0 100 200 300 400 500 m

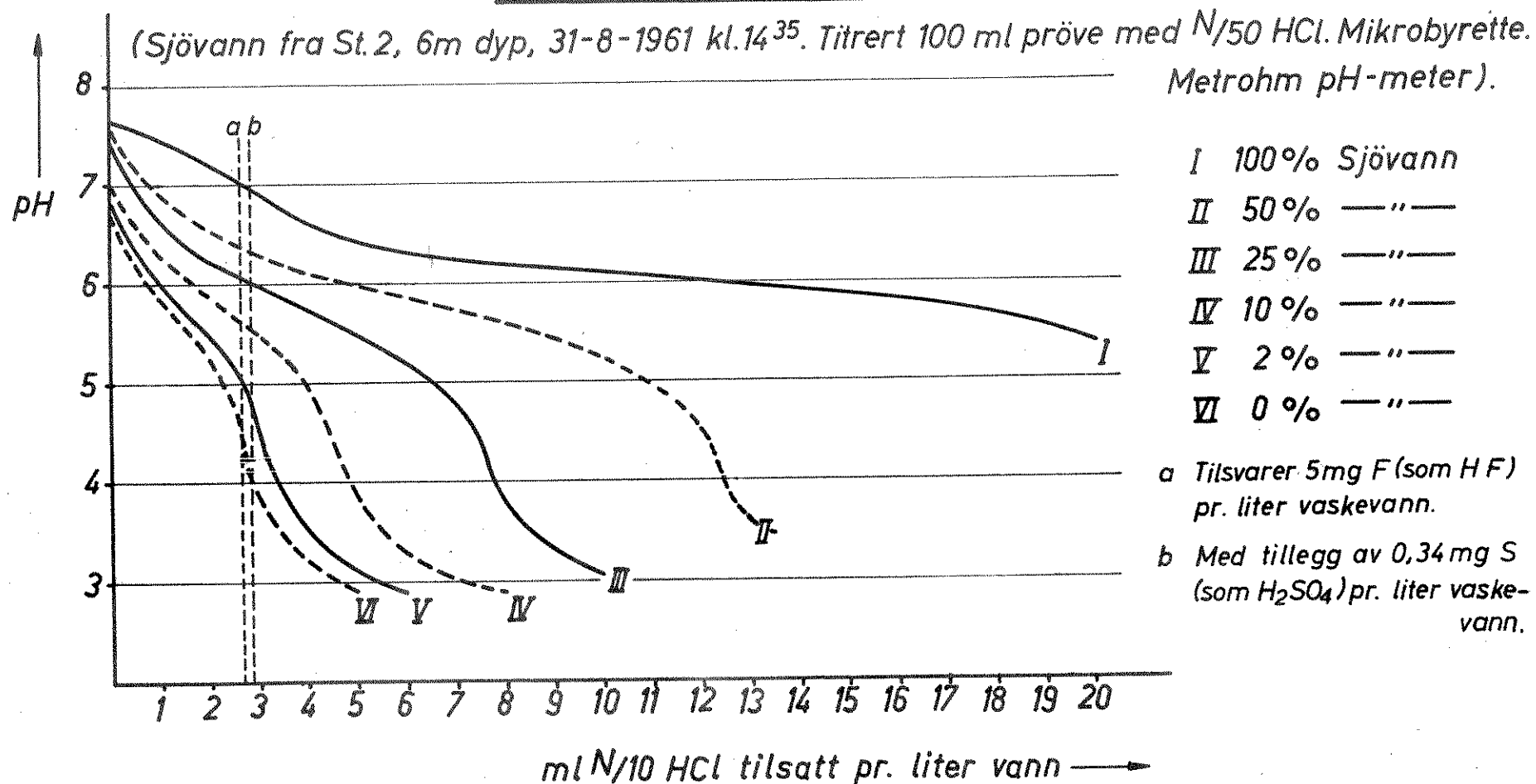
T mmerlenser - - - - -
 Bebyggelse // // //

Vannføring i Vefsna 1958, målt ved Laksfors vanmerke.

Hvert punkt representerer gjennomsnitt av en 5dagers periode.



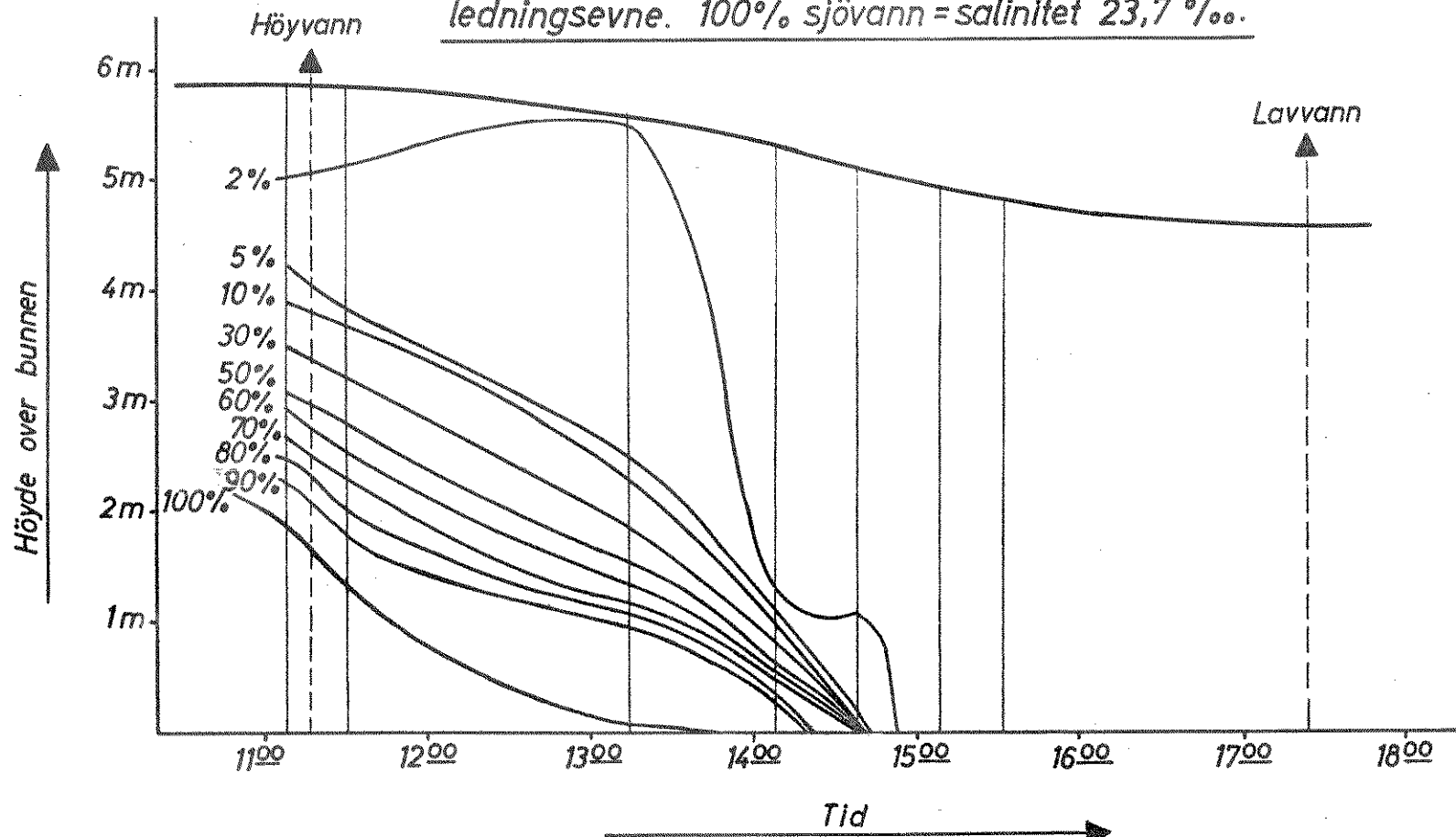
pH som funksjon av tilsatt volum $N/10$ HCl til sjøvann og blandinger
av sjøvann og springvann.



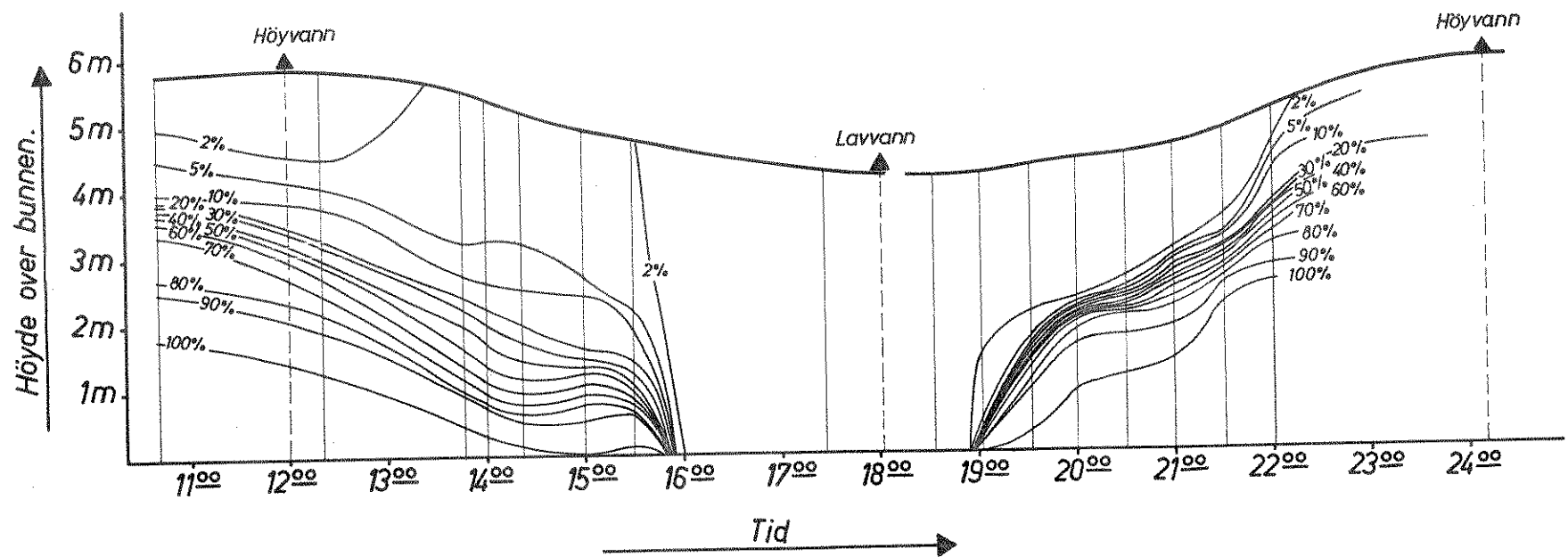
Prosentvis sjövnnsinnblanding i Vefsna, stasjon 1, den 8/8-1961.

Vannføring $305 \text{ m}^3/\text{sek}$. Höyvann kl. 11¹⁷ Lavvann kl 17⁴³ Kurvene basert på målinger av elektrisk

ledningsevne. 100% sjövnns = salinitet 23,7 ‰.



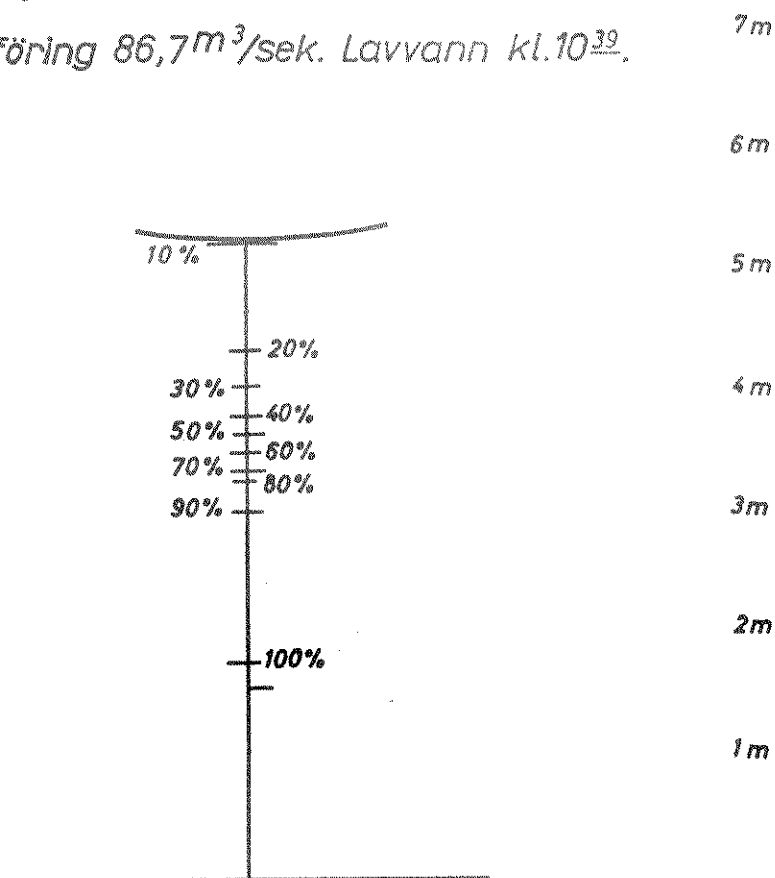
Prosentvis sjøvannsinnblanding i Vefsna, stasjon 1, den 9/8-1961. Vannføring 223m³/sek.
Høyvann kl. 12⁰¹ og 00¹⁰. Lavvann kl. 18⁰³. Kurvene basert på målinger av elektrisk ledningsevne.
Med 100% sjøvann regnes her salinitet 23,7‰.



Prosentvis sjövattnsinnblandning i Vefsna.

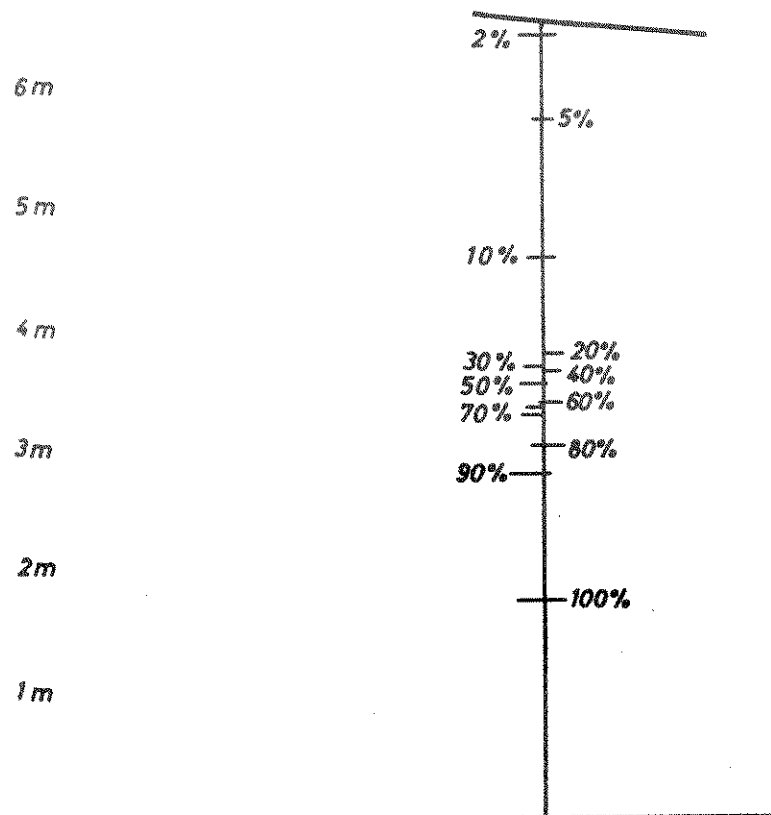
Stasjon 4, den 1/9-1961, kl. 10⁴⁰.

Vannförling 86,7 m³/sek. Lavvann kl. 10³⁹.

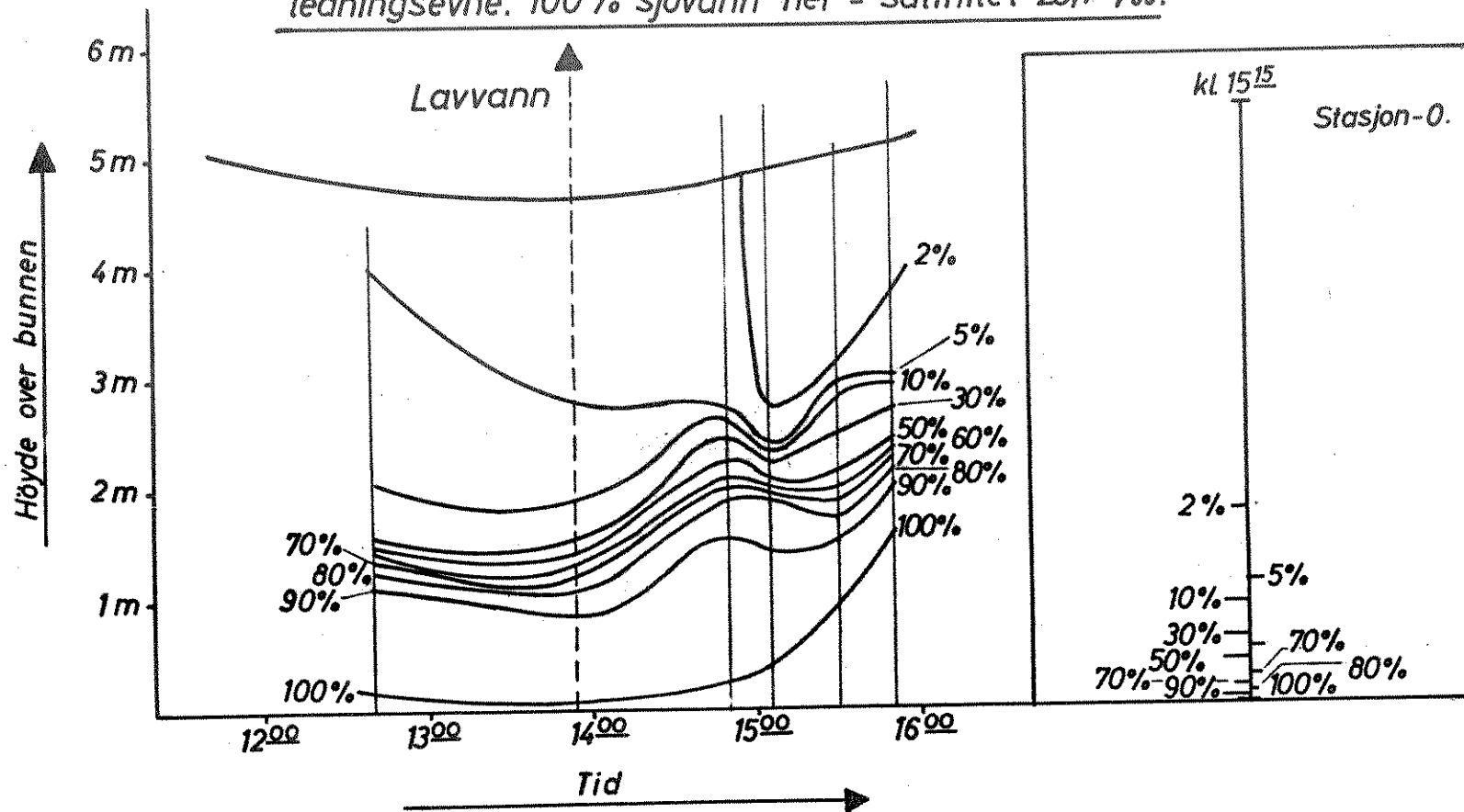


Stasjon 3, den 2/9-1961, kl. 10⁴⁰.

Vannförling 150 m³/sek. Lavvann kl. 12³⁸.



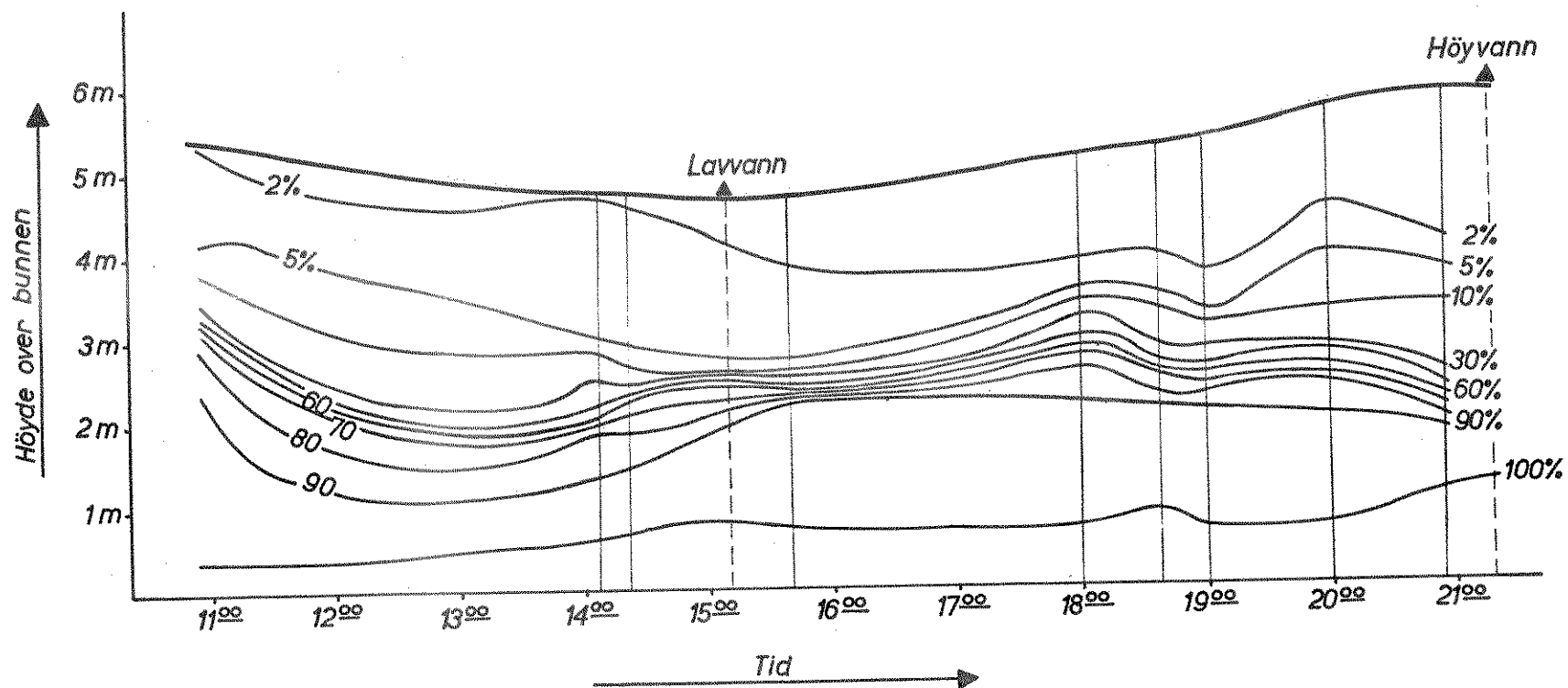
Prosentvis sjövnanssinnblanding i Vefsna, stasjon 1, den 3/9-1961. Vannføring
130 m³/sek. Höyvann kl. 07¹⁷ og kl. 19⁵⁸. Lavvann kl. 13⁵⁴. Kurvene basert på målinger av elektrisk
ledningsevne. 100% sjö vann her = salinitet 23,7‰.



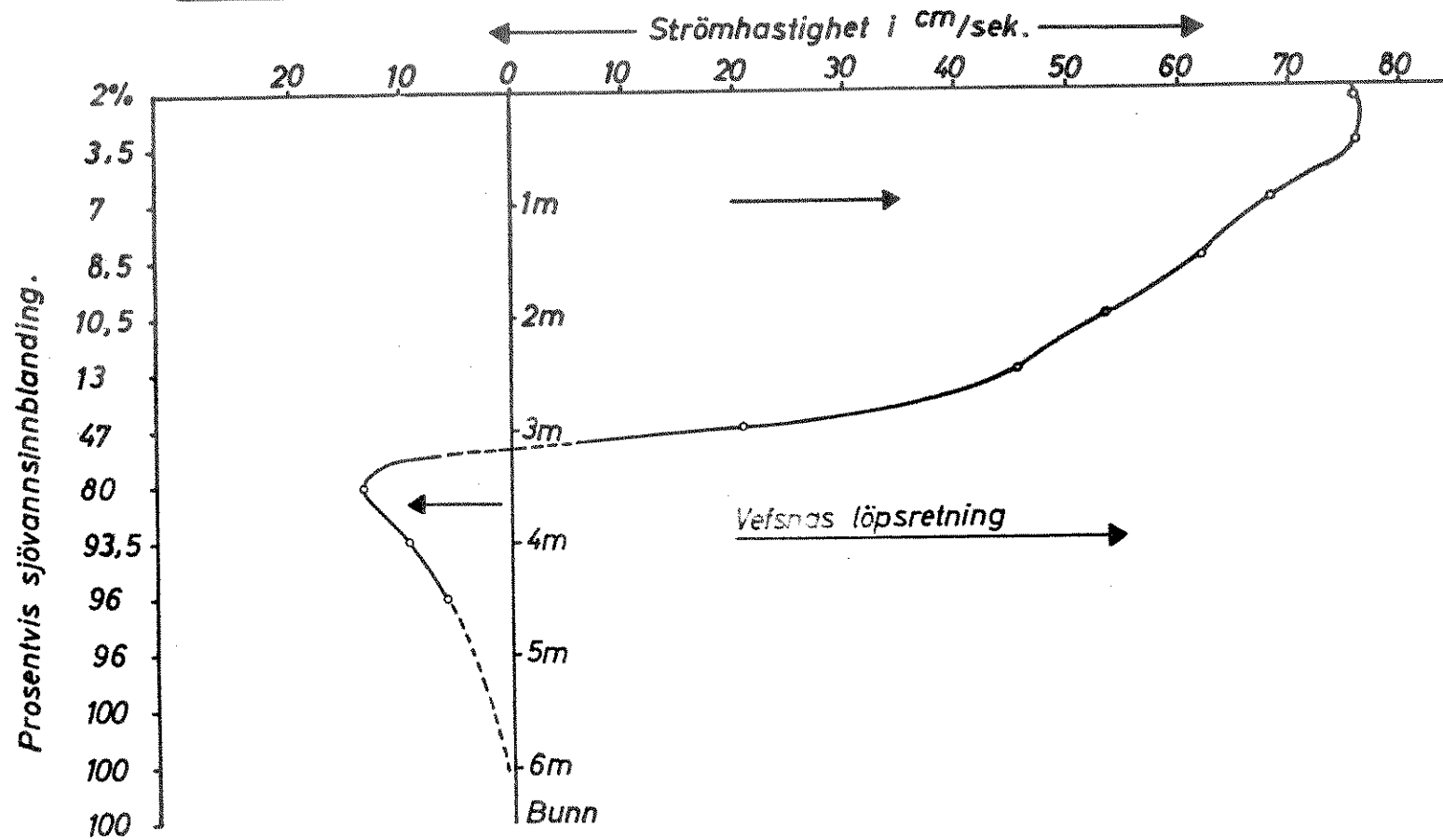
Prosentvis sjövnansinnblanding i Vefsna, stasjon 1, den 4/9-1961. Kurvene basert på måling av elektrisk ledningsevne.

Med 100% sjö vann regnes her salinitet 23,7 ‰.

Vannføring 112 m³/sek.

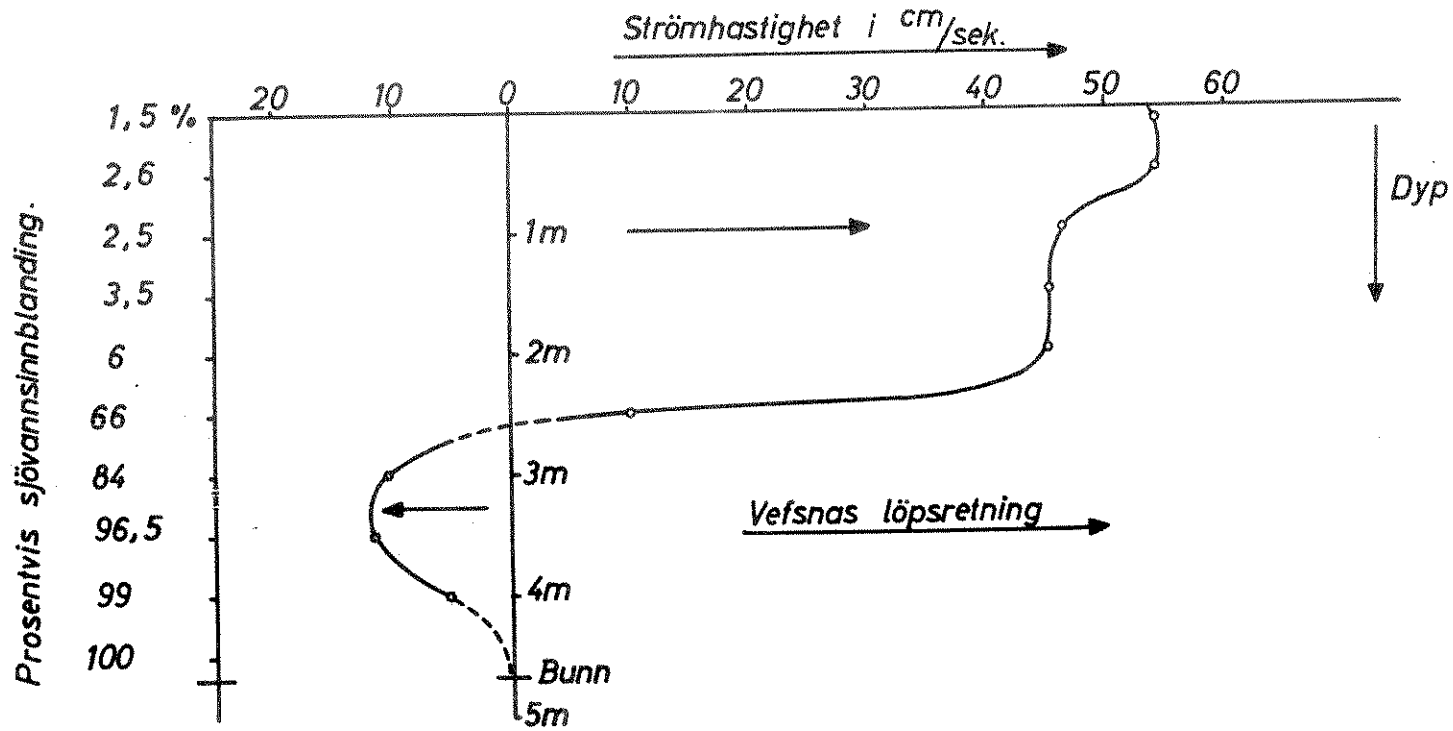


Strömmålinger i Vefsna, stasjon 3, den 2/9-1961, kl 11¹⁰-kl 11⁵⁵ Vannføring
150 m³/sek. Lavvann kl 12³⁸. Målt med „Flügel“, konstruksjon Ott.



Strömmålinger i Vefsna, stasjon 1, den 4/9-1961, kl. 14⁵⁰ - 15³⁰.

Vannføring 112 m³/sek. Lavvann kl. 15¹¹. Målt med „Flügel“, konstruksjon Ott.



Strömmålinger i Vefsna, stasjon 1, den 4/9-1961, kl. 20¹⁹-20⁴⁰.

Vannføring 112 m³/sek. Höyvänn kl. 21¹⁹. Målt med „Flügel“ konstruksjon Ott.

