

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
BLINDERN.

O. - 229

Undersøkelse av Glommas nedre løp
som resipient for
industrielt avfallsvann.

Saksbehandler: cand.real. B. Bergmann-Paulsen.
Rapporten avsluttet 11. januar 1961.

INNHOLD.

INNLEDNING	side	4
UTSLIPPSVANNET	"	4
GLOMMAS NEDRE LØP	"	5
BUNNFORHOLD	"	5
VANNFØRING	"	6
PROBLEMER I FORBINDELSE MED UTSLIPPET	"	6
UNDERSØKELSER	"	7
FELTMÅLINGER	"	7
LABORATORIEUNDERSØKELSER	"	8
DISKUSJON	"	10
SAMMENDRAG	"	14
KONKLUSJON	"	15.

TABELLER:

Tabell	1.	Avfallsvannets sammensetning	side	4
"	2.	Vannføringen i Glomma	"	6
"	3.	Plassering av stasjonene	"	7
"	4.	Nødvendige fortyninger m.h.t. pH	"	11
"	5.	Salinitetens avhengighet av vannføringen ..	"	12
"	6.	Prosentvis sjøvannsinnblanding 10/8-60 ...	"	16
"	7.	- " - " - " - 6/9-7/9-60 ...	"	17
"	8.	- " - " - " - 9/11-10/11-60	"	18
"	9.	Strømhastigheter ved St.2, 10/11-60	"	19
"	10.	Analyser, St.2, 10/8-60	"	20
"	11.	- " - " 1 7/9-60	"	21
"	12.	- " - " 26 7/9-60	"	22
"	13.	- " - " 2 10/11-60	"	23
"	14.	Prøver med syntetisk avfallsvann uten slam, vann fra Glomma	"	24
"	15.	Prøver med syntetisk avfallsvann, med slam, vann fra Glomma	"	24
"	16.	Prøver med syntetisk avfallsvann med slam, springvann.....	"	24

BILAG:

Bilag	1.	Skisse over Glommas nedre løp og det utenfor- liggende fjordbasseng	"	25
"	2.	Prosentvis sjøvannsinnblanding 9/8-10/8-60	"	26
"	3.	- " - " - " - 6/9- 7/9-60	"	27
"	4.	- " - " - " - 9/11-10/11-60	"	28
"	5.	Strømhastigheter ved St. 2, 10/11-60	"	29
"	6.	Titreerurve for vann fra St.2, 1, 25, 4 og 8 meters dyp, 10/8-60.....	"	30.

INNLEDNING.

Den 22. juli 1960 sendte Titan Co A/S en søknad til Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen om tillatelse til å foreta utslipp av industrielt avfallsvann i Glomma ved Fredrikstad.

Utslipppet skulle komme fra en prosjektert fabrikk for fremstilling av titandioksyd fra ilmenitt. Den nødvendige svovelsyre skal produseres på stedet. Kapasiteten for fabrikk er beregnet til ca. 45 tonn titandioksyd og 180 tonn 100%-ig svovelsyre pr. døgn.

Anlegget er tenkt plassert på Øra ved Fredrikstad, syd for Titan Co nåværende bedriftsområde (se skisse over området, bilag 1 s.25)

Samtidig med at den ovenfornevnte søknad ble sendt, henvendte Titan Co A/S seg til Norsk institutt for vannforskning for å få undersøkt avfallsvannets innvirkning på resipienten.

UTSLIPPSVANNET.

Ved full produksjon i fabrikk vil det pr. sekund bli sluppet ut ca. 200 liter avfallsvann med følgende omtrentlige sammensetning:

232

Tabell 1.

	%	ppm.	
H ₂ SO ₄	0,5 (0,9)	5000	900
FeSO ₄	0,5 (0,2)	5000	20
Slam (uløst)	0,05	500	
TiO ₂	0,015	150	
MgO	0,03	300	
CaO	0,00013	1,3	
MgO	0,001	10	
pH	: 1,3 - 1,5		
Spesifikk vekt	: 1,01		
Temperatur	: 30°C		

Slammet har en spesifikk vekt på ca. 2,5 og består bl.a av ca. 30% TiO₂, 30% SiO₂ og 30% FeO. Kornstørrelse 0 - 44µ.

Som følge av prosessens utformning vil avfallsvannets mengde og sammensetning holde seg ganske konstant døgnet rundt, selv om enkelte variasjoner må ventes å forekomme.

GLOMMAS NEDRE LØP.

(Se kartskisse, bilag 1, s.25).

Nedenfor Fredrikstad bru har Glomma et løp i sydvestlig retning. Ved Kongsten festning deler den seg i to: Vesterelva bøyer av nordvestover, og Østerelva som et stykke fortsetter i Glommas opprinnelige retning og som fører den overveiende del av vannmasser

Langs Fuglevik bøyer Østerelva av, slik at den i utvidelsen nedenfor har en ren sørlig retning. Mellom Kaldera og Øra passerer elven en innsnevring før den munner ut i fjorden.

Området hvor en elv går over i et fjordbasseng og ferskvannet blandes opp med sjøvann, kalles et estuarområde. Dette kan være meget begrenset, men har ofte en utstrekning på flere kilometer. Tykkelsen på overflatelaget, ferskvannet, avtar her utover, etter hvert som blandingen med sjøvann finner sted.

For Glommas vedkommende er estuarområdet meget langstrakt. Langs bunnen i dens nedre løp er det normalt et sjøvannssjikt, som ved enkelte tilfelle kan strekke seg helt opp til Sarpsborg og inn i Visterflo.

Utover i skjærgårdsbassengene innenfor Hvaler, består overflate- laget i stor utstrekning av brakkvann.

BUNNFORHOLD.

(Se bilag 2, s.26).

Fra Fredrikstad bru og ned til kanalen ved Isegran har elva en dybde omkring 20 m. Videre nedover mot Fuglevikstranden er dybden ca. 15 m. Nedenfor dette sted stiger bunnen opp til et platå på ca. 10 m dybde. Dette platå strekker seg videre langs Østerelva og ut i fjorden til 4-500 m syd for Alshus, hvoretter dybden igjen tiltar, samtidig som elveløpet går over i skjærgårdsbassengene. For å holde et dyp på ca. 10 m langs platået, må elva stadig mudre:

VANNFØRING.

Fra Vassdragsvesenet, Hydrologisk avdeling, er det oppgitt følgende vannføringstall:

Tabell 2.

	Middel:	Minste månedsmiddel:
Jan.	390 m ³ /s	321 m ³ /s
Febr.	380 "	325 "
Mars	366 "	286 "
April	471 "	309 "
Mai	1.150 "	673 "
Juni	1.131 "	865 "
Juli	1.105 "	620 "
Aug.	961	422 "
Sept.	863	342 "
Okt.	579	288 "
Nov.	491	360 "
Des.	416	335 "

Disse tall er basert på målinger ved Langnes vannmerke i perioden 1950 - 59. Nedslagsfeltet nedenfor Langnes er ikke tatt i betraktning.

PROBLEMER I FORBINDELSE MED UTSLIPPET.

Av hensyn til avfallsvannets virkninger på resipienten og dens omgivelser, er det hensiktsmessig å dele problemet i tre:

a. utslipp av syre:

Med avfallsvannet vil det følge store mengder svovelsyre. Det måtte derfor vurderes hvilke surhetsgrader resipienten ville få ved forskjellige fortynninger, og om det ville bli såvidt surt miljø at skadevirkninger kunne oppstå.

b. utslipp av jern-II-sulfat:

Avfallsvannet har et høyt innhold av løste salter, spesielt jern-II-sulfat. Undersøkelsen omfatter også forsøk på å finne hvordan jern-II sulfatet ville reagere i resipienten.

c. resipientens utseende:

Dette omfatter de rent estetiske sider ved utslippet, som farge og turbiditet.

UNDERSØKELSER.

Det ble foretatt undersøkelser ved 11 stasjoner i Glomma. De strakk seg fra Fredrikstad bru, langs Østerelva og et stykke ut i fjorden. (se bilag 1 og 2, s. 25 og 26).

Plasseringen av stasjonene regnet fra Fredrikstad bru og utover:

Tabell 3.

Stasjon:	Dyp:	Avstand fra Fredrikstad bru:	Beskrivelse:
21	22,5 m	0 km	Under Fredrikstad bru.
23	19,0 "	1,00 "	Ved Isegran fyrlykt.
24	15,5 "	1,82 "	Mellom Fredrikstad og Vaterland.
25	11,3 "	2,32 "	Rett ut for søndre del av Lilleborg
1	10,0 "	2,57 "	Rett ut for Titan Co A/S
26	9,9 "	2,92 "	Rett ut for midten av tilbudt tomt.
2	9,7 "	3,24 "	Rett ut for bukt nord for Øra fabri
3	11,6 "	2,69 "	Rett ut for Kaldera, Overrettmerker
27	9,2 "	4,00 "	Rett ut for Kalderabukten.
4	9,4 "	4,57 "	Rett ut for Alshus fyrlykt.
5	26,0 "	5,38 "	Ca. 500 m nord for Flyndregrunnen.

Stasjonene ble plassert over dypålen.

Undersøkelsene omfattet tre situasjoner i Glomma:

9. og 10. aug. 1960, Vannføring: 925 m³/s og 890 m³/s
 6. og 7. sept. " , " 674 m³/s begge dager,
 9. og 10. nov. " , " 576 m³/s og 540 m³/s.

Vannføringen er oppgitt av Lastfordelingen, Hafslund.

FELTMÅLINGER.

Under de tre situasjonene ble vannets elektrolytiske ledningsevne hver gang målt i de forskjellige dyp. Ledningsevnen er et mål for mengden av elektrolyter som er løst i vannet.

Ut fra ledningsevnen ble sjøvannsinnblandingen i ellevannet beregnet i vertikale snitt ved stasjonene. Resultatene er satt opp i tabeller 6, 7 og 8 (s. 16-18). I bilagene 2, 3 og 4 (s. 26-28), er det tegnet inn

isolinjer for prosentvis sjøvannsinnblanding over elvas bunnprofil. Med 100% sjøvann er her regnet vann med salinitet: 30^o/_{oo}.

Den 10. nov. ble strømhastigheten i elven målt i et vertikalt snitt ved st. 2. Resultatene er satt opp i en kurve i bilag 5 (s.29).

Overflatestrømmen var meget hurtig (125 cm/s). Hastigheten avtok raskt med dybden. I et sjikt mellom 4.1 og 4,6 m dyp, var hastigheten ikke lenger målbar.

Ved større dyp ble hastighetene igjen målbare, opp til 33 cm/s. Strømmen var nå rettet nordover, mot Glommas løpsretning.

Dette ble bekreftet ved å sende ned en froskemann. Han bekreftet at det var et sjikt på ca. 0,5 m tykkelse hvor det ikke var noen fast strømrretning, men bare turbulenser. Strømhastigheten ble målt med et "flügel", konstruksjon Ott.

LABORATORIEUNDERSØKELSER.

Følgende målinger og analyser ble utført på vannprøver fra Glomma:

pH	vannets surhetsgrad.
κ_{20} :	vannets elektrolytiske ledningsevne ved 20 ^o C.
Salinitet:	mengde salter løst i vannet uttrykt i promille, beregnet ut fra klorinnholdet, som bestemmes ved titrering med sølvnitrat etter Mohrs metode.
Alkalinitet:	vannet titreres med en standardløsning av saltsyre til pH = ca. 4,5. Resultatet angis i ml n/10 HCl pr. 1 vann.
Farge:	måles i et absorptiometer mot standarder fremstilt av løsninger av K_2PtCl_6 og $CoCl_2$. Fargen angis i ^o H = grader etter Hazens skala. 1 ^o H = 1 mg Pt/1.

Turbiditet: et mål for vannets opalescerende virkning, måles i fotometer mot standarder av SiO_2 -oppløsninger. Resultatet angis i mg SiO_2 pl.

Resultatet av undersøkelsene står oppført i tabellene 10, 11, 12 og 13. (s. 20 - 23).

ANDRE UNDERSØKELSER.

Vann fra stasjon 2 (10/8-60) i dybdene 1 m, 2,5 m, 4 m og 8 m ble titrert med saltsyre, og pH målt under titreringen. Resultatene er satt opp med pH som funksjon av antall ml n/10 HCl tilsatt pr. 1 vann, i bilag 6, (s. 30).

På grunnlag av de oppgitte data (s. 4) ble det fremstilt et syntetisk avfallsvann. Sammensetninge var:

$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$:	45,812 g
$\text{Ti}_2(\text{SO}_4)_3$:	1,804 "
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$:	9,156 "
CaCO_3	:	0,012 "
$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$:	0,120 "
H_2SO_4 .sp.v. 1,84		13,7 ml

Disse kjemikalier ble løst i vann til 5 l. I dette "avfallsvann" var slammet ikke tatt med. Avfallsvannet ble blandet med vann fra st. 26 7/9-60 fra 3 og 6 m dyp i forholdene:

1/50 - 1/100 - 1/200 - 1/500 - 1/1000.

Det ble dessuten tatt prøver av de ublandede vannprøver, og av det syntetiske avfallsvann. Etter blandingen ble pH og farge målt. Dette ble også målt etter henstand i 4 timer og etter 2 døgn. Resultatene er ført opp i tabell 14.(s. 24).

Vannprøver fra stasjon 26 , 7/9-60 ble filtrert, og blandet med syntetisk avfallsvann som nå var tilsatt slammet. Turbiditeten ble målt for forskjellige fortyninger. Resultatene står i tabell 15. (s. 24).

Dessuten ble avfallsvann med slam fortynnet med springvann i forholdene fra 1:10 til 1:1000, og turbiditeten målt (tabell 16 s.24).

Slammet ble levert fra Titan Co A/S. Sammensetninge var som beskrevet s. 4.

DISKUSJON.

a. Utslipp av syre.

Undersøkelsen av sjøvannsinnblandingen i de strømmende vannmasser i Glommas nedre løp er utslagsgivende for å bedømme virkningen av et syreutslipp.

Sjøvann er en kraftig bikarbonatbuffer. Det vil si at tilsetning av en moderat mengde syre ikke forandrer surhetsgraden vesentlig. I Glommas nedre løp ble det under de tre situasjoner undersøkelsene omfattet, funnet et sjøvannssjikt langs bunnen. Dette beror på at sjøvann har en større spesifikk vekt (1,025 - 1,030) enn ferskvann (1,00), det kan derfor trenge seg inn under det lettere elvevannet.

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

Det sjøvann som på denne måte føres tilbake til fjorden, kompenseres med en sjøvannsstrøm oppover langs bunnen. Det lag som ikke har noen horisontal hastighetskomponent blir liggende i et brakkvannssjikt. Tykkelsen av sjøvannssjiktet varierer noe med vannføringen, men selv med vannføringer over $900 \text{ m}^3/\text{s}$ var sjiktet tydelig markert.

Østerelvas vannmasser er derfor utenfor Titan Co's fabrikkområde godt oppblandet med sjøvann, og et eventuelt syreutslipp her vil ikke kreve store fortynninger for skadevirkninger kan være eliminert.

Ut fra kurvene i bilag 6, kan en finne den nødvendige minimale fortynning med vann fra forskjellige dyp som avfallsvannet må ha, om en forlanger at pH skal holde seg over bestemte verdier. Elvevannet er hentet fra st. 26 den 7/8-60.

Tabell 4.

	Vann fra dybde:	Fortynning:	Tilsvarende nødvendig vannføring:
pH \geq 6,5	1 m	1:690	140 m ³ /s
" "	2,5 "	1:615	125 "
" "	4 "	1:420	85 "
" "	8 "	1:170	34 "
pH \geq 6,0	1 "	1:370	75 "
" "	2,5 "	1:333	67 "
" "	4 "	1:185	37 "
" "	8 "	1: 85	17 "

Det kan tenkes situasjoner hvor sjøvannet ikke trenger opp i elven. Det vil være betinget av flomartet vannføring i Glomma, slik at fortynningen av avfallsvannet ville bli såvidt stor at skadevirkninger av den grunn ikke ville oppstå. Undersøkelsene viser at denne situasjon ikke oppstår før vannføringen passerer 900 m³/s.

I tabell 14 (s.24) kan en se hvilken pH en får ved forskjellige fortynninger av syntetisk avfallsvann med vann fra 3 og 6 m dybde ved st. 26.

Den kritiske fortynningen fra 6 m dyp ligger mellom 1:100 og 1:50 og for 3 m dyp mellom 1:200 og 1:100, om det forlanges pH > 6,0.

Elver på Østlandet har en pH som naturlig ligger mellom 5,5 og 6. pH lavere enn 5,5 er ikke ønskelig, bl.a. av hensyn til fiskebestanden.

Alkaliniteten (tabellene 10, 11, 12 og 13) for ellevannet er også meget høy. Dette har direkte sammenheng med sjøvannsinnblandingen, og viser igjen vannets store evne til å motta syre.

Undersøkelsene viste at ved små vannføringer i Glomma, var saliniteten i ellevannet høyere enn ved store vannføringer.

Ved stasjon 1 og 2 var saliniteten under de tre situasjoner:

Tabell 5.

Vannføring	Salinitet i dybdene:			
	1 m	2 m	3 m	4 m
980 m ³ /s	3,76 ‰	4,38 ‰	5,10 ‰	9,81 ‰
674 "	5,24 "	8,00 "	11,34 "	15,84 "
540 "	9,50 "	17,10 "	21,10 "	22,00 "

Vannføringen i Glomma varierer innenfor vide grenser (tabell 2, s. 6). Det minste månedsmiddel som ble målt ved Langnes var for april med 309 m³/s. Fortynningen i ellevannet er derfor vesentlig gunstigere enn den kritiske grense, selv med relativt små vannføringer i Glomma.

Avfallsvannets spesifikke vekt, 1,01, medfører at dette ikke vil stige rett opp mot overflaten, men holde seg under en viss dybde i elven.

Av samme grunn er det ikke sannsynlig at avfallsvannet vil synke ned i sjøvannsstrømmen og følge med denne oppover. Det er rimelig å anta at avfallsvannet etter fortynningen vil føres ut i fjorden i en dybde som er avhengig av fortynningen, og av salinitetsforandringen med dybden.

b. utslipp av jern-II-sulfat.

Toverdige jernjoner vil i omtrent nøytralt miljø spontant oksyderes til toverdige av molekylært oksygen og i denne form hydrolysere og falle ut som jernhydroksyd.

Undersøkelsene av prøver fra stasjon 2 den 10/8-60 viste at vannet helt ned til 5 m dyp hadde en oksygenmetning på over 80% (tabell 10). Selv ved 9 m dyp, like ved bunnen, var metningen ca. 64%. Det var i alle dyp nok oksygen til oksydasjon av jernet. Ellevannet er også normalt nøytralt eller litt på den basiske siden.

I tabell 14 er oksydasjonen og fellingen av Fe(OH)₃ beskrevet som et forhold av tiden. Det er benyttet vann fra Glomma. Dataene viser at variasjonene i pH med tiden er meget små, derimot viser fargen en økning. De første fire timene er økning en forholdsvis liten. På grunn av surhetsgraden er det for-

tyunningene 1:1000 og 1:500 som viser storst forskjell, mens oksydasjonen i de øvrige går tregere.

Etter to døgn er fargen økt sterkt i alle fortynninger, unntatt i den sure 1:50 som er omtrent uforandret. Den maksimale fargeøkning er ved fortynning 1:200, slik at det ved fortynning 1:100 ikke har funnet sted en fullstendig oksydasjon etter denne tiden.

Fargen i elvevannet i Glomma (tabell 13 s.23) varierer fra 65^oH i overflaten til 26^oH i 4 m dybde. Fargeøkningen av fortynningene de fire første timene er derfor relativt små.

Noe av vannet fra stasjon 26, 3 m dyp, ble blandet med syntetisk avfallsvann med slam, i fortynningen 1:100 og 1:200.

Etter 30 timer ble turbiditeten målt. Det ble så tilsatt litt konsentrert svovelsyre for å få løst det utfelte jernhydroksyd, og turbiditeten målt igjen.

Fortynning	Turb. etter 30 timer	Turb. etter tilsetn. av H ₂ SO ₄
1:100	14,0	9,65
1:200	39,5	11,0

Differansen viste også den relative forskjell i utfelling av Fe(OH)₃ på de to fortynningene.

Verdiene i tabell 14 viser også at før jernet er oksydert og kan falle ut som hydroksyd, vil avlopsvannet være ført langt ut i fjorden.

c. slam.

Avlopsvannet fra bedriften vil ha en mørk farge og en høy turbiditet som hovedsakelig skyldes slammene. Partikkelstørrelsen av slamm er vesentlig fra 0 - 44 mikron og den spesifikke vekt er ca. 2,5. De største partikler vil forholdsvis raskt sedimentere, mens de minste vil holde seg oppslemmet i vannet.

I tabell 15 er turbiditeten satt opp for forskjellige fortynninger av syntetisk avfallsvann, med slam, med vann fra stasjon 26, 3 m dyp

Turbiditeten for små fortyninger som 1:100 og 1:50 er av størrelsesorden $10 \text{ mg SiO}_2/1$, en verdi som ikke er vesentlig større enn elvevannets turbiditet, ca. $9 \text{ mg SiO}_2/1$ ved overflaten, ca $3 \text{ mg SiO}_2/1$ ved 4 m dyp.

Det samme forhold ser en i tabell 16, hvor turbiditeten for fortyninger fra 1:10 til 1:1000 av syntetisk avfallsvann med springvann er ført opp.

SAMMENDRAG.

Avfallsvannet fra den planlagte titandioksydfabrikk representerer en betydelig forurensningsbelastning for en elv.

Problemet ble delt i tre komponenter:

- a. utslipp av syre
- b. utslipp av jern-II-sulfat
- c. resipientens utseende (slam).

I Glommas nedre løp går det, ved vannføringer på opp til $900 \text{ m}^3/\text{s}$, en sjøvannsstrøm oppover langs bunnen. Av den grunn vil elvevannet bli blandet med sjøvann et langt stykke ovenfor utløpet i fjordbassenget.

Svovelsyren er den viktigste komponenten i avfallsvannet. Syren vil ved midlere og lavere vannføring bli nøytralisert av sjøvannets bikarbonatinnhold. Ved høyere vannføringer vil fortyningen i seg selv være tilstrekkelig til å forhindre ulemper.

Jern-II-sulfat ville oksyderes og felles ut som $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Denne reaksjon tar flere timer, slik at utfellingen ikke gjør seg gjeldende før vannet er ført langt ut i skjærgårdsområdet, og en betydelig blanding med sjøvann har funnet sted.

Slammet. De største partiklene vil i løpet av en kortere tid sedimentere, mens det meste vil holde seg oppslemmet i vannet. På grunn av fortyningen vil økningen av vannets turbiditet bli minimal.

KONKLUSJON.

På grunnlag av de beskrevne undersøkelser, mener vi derfor å ha godt grunnlag for å anta at avfallsvannet ikke vil føre til forandringer i vannmassene som kan volde skade eller ulempe i Glommas nedre løp og det utenforliggende fjordbasseng.

Det vil, både ved lav og høy vannføring, i det hele være vanskelig å påvise forandringer i vannmassene, som med sikkerhet kan tilbakeføres til et slikt utslipp.

Det forutsettes at det blir foretatt en grundig vurdering av selve utslippsmåten og utslippsstedet.

Tabell 6.Prosentvis sjøvannsinnblanding i Glommas nedre løp, 10/8-1960.

Vannføring 890 m³/s.

m dyp:	St.21	St.23	St.1	St.2	St.3
0	2,9 %	3,5 %	8,5 %	14,1 %	8,5 %
1	2,9	3,9	14,8	19,8	20,9
2	3,1	3,9	17,6	29,8	27,3
3	3,2	7,0	19,7	48,0	46,0
4	3,4	7,3	33,8	53,3	74,2
5	3,6	8,2	59,1	59,1	91,4
6	4,3	8,4	65,6	79,2	100
7	4,5	9,4	85,2	100	
8	5,7	10,0	100		
9	8,6	25,8			
10	18,4	48,0			
11	59,0	96,0			
12	90,2	100			
13	100				
16	100				

Tabell 7.

Prosentvis sjøvannsinnblanding i Glommas nedre løp.

6/9 - 7/9 - 1960.

Vannføring 674 m³/sek.

Meter dyp	St.21	St.23	St.24	St.25	St. 1	St.26	St. 2	St. 3	St.27	St. 4	St. 5
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
0	11,8	12,4	18,4	34,5	36,9	31,6	31,6	29,6	30,8	48,6	36,5
1	11,3	13,8	21,4	37,7	39,7	39,0	43,4	32,7	56,2	51,5	53,1
2	12,4	14,4	23,3	46,4	52,7	48,8	54,5	68,7	61,2	61,5	66,6
3	12,7	17,3	24,4	59,4	60,3	65,7	68,2	78,7	73,4	75,6	83,1
4	13,6	18,1	32,2	70,5	72,9	75,0	71,1	92,1	85,5	81,4	100
5	14,0	21,1	43,1	75,4	79,3	79,2	77,5	100	97,3	97,0	
6	32,2	67,4	74,4	91,2	91,2	90,6	87,4		98,0	100	
7	38,6	82,5	90,6	97,1	100	100			98,8		
8	79,6	95,9	100	100					100		
9	100	98,9									
10		100									

Tabell 8.

Prosentvis sjøvannsinnblanding i Glommas nedre løp.

9/11 - 10/11 1960.

Vannføring: 576 - 540 m³/sek.

Meter dyp	St.21	St.23	St.24	St.25	St. 1	St.26	St. 2	St. 3	St.27	St. 4	St. 5
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
0	2,7	5,1	6,4	10,6	4,8	10,6	9,1	4,0	9,3	38,3	27,9
0,5	5,6	5,6	8,0	22,5	6,0	15,2	8,6	6,4	16,0	38,0	32,9
1	5,7	6,4	11,2	24,3	20,3	17,9	20,0	10,3	38,2	39,3	41,3
1,5	6,2	7,2	13,0	27,4	32,9	22,0	30,2	14,4	42,0	44,0	55,2
2	6,2	7,4	13,2	37,1	36,6	32,0	40,0	42,0	49,6	47,6	60,4
2,5	6,6	7,4	13,2	48,8	36,9	44,8	42,4	52,3	54,0	56,8	67,2
3	7,4	8,6	14,0	57,2	46,0	53,6	53,6	51,6	54,8	62,8	78,8
3,5	7,4	10,0	14,9	63,2	53,2	57,6	59,6	56,4	62,4	64,4	83,2
4	8,6	11,2	20,1	72,8	60,4	60,0	62,0	72,4	58,4	66,0	83,2
4,5	8,8	11,4	34,8	76,8	67,6	63,6	63,6	77,6	76,4	76,0	84,4
5	9,0	11,8	46,8	79,2	72,0	63,6	67,6	79,2	80,4	80,0	86,0
5,5	10,2	12,8	59,6	90,4	80,8	64,0	74,4	83,2	85,6	80,4	86,8
6	38,6	14,2	68,0	96,4	90,4	70	84,0	86,3	91,2	86,4	86,4
6,5	53,2	25,8	78,4	97,2	95,2	85,6	93,2	93,2	94,4	86,4	88,8
7	64,0	72,8	90,4	100	100	93,2	96,4	100	98,4	89,2	90,4
7,5	70,8	90,4	97,6			96,4	100		100	91,2	94,4
8	81,2	96,0	100			97,6				94,4	97,6
8,5	91,2	98,4				100				98,8	98,0
9	99,2	100								102	100
9,5	98,6										
10	100										

Tabell 9.

Strømhastigheter i Glomma ved stasjon 2.

10/11-1960.

Dybde i meter	Hastighet i m/s
0,1	1,25
0,5	1,15
1,0	0,95
1,5	0,65
2,0	0,49
3,0	0,40
3,5	0,27
3,6	0,11
3,8	0,05
4,0	0
4,1	0
4,2	0
4,5	0
4,7	0,04
4,8	0,06
4,9	0,11
5,0	0,25
5,5	0,31
6,0	0,32
6,5	0,33
7,0	0,23
7,5	0,29
8,0	0,23
8,5	0,17
9,0	0,17
9,5	0,15
9,6	Bunn

Tabell 10.

Stasjon 2., 9/8 og 10/8 1960. Vannføring 925 og 980 m³/sek.

m dyp	Ledn. evne $\cdot 10^{-5}$ i 20°	Salinitet i ‰	Turbiditet mg SiO ₂ /l	Oksygen % metn.	pH	Alkalinitet ml N/10 HCl/l
0	425	2,58	4,54	-	7,1	3,96
0,5	-	-	-	-	-	-
1	603	3,76	7,22	92,3	7,2	4,76
1,5	-	-	-	-	-	-
2	686	4,38	5,94	98,0	7,4	5,29
2,5	727	4,62	7,22	97,5	7,3	5,27
3	799	5,10	6,45	93,7	7,3	5,68
3,5	-	-	-	-	-	-
4	1290	9,81	5,81	91,3	7,6	8,60
4,5	-	-	-	-	-	-
5	1685	11,04	5,56	84,8	7,7	9,66
5,5	-	-	-	-	-	-
6	1895	12,64	3,02	83,7	7,7	10,80
6,5	-	-	-	-	-	-
7	2695	18,95	4,80	74,9	7,9	14,70
7,5	-	-	-	-	-	-
8	3550	27,20	3,02	73,5	8,0	20,45
9	4040	30,03	3,02	64,4	8,0	22,00

Tabell 11.

Stasjon 1, 7/9-1960. Vannføring 674 m³/sek.

m dyp	Ledn, evne · 10 ⁻⁵ 20°	Salinitet i ‰	pH	Alkalinitet ml N/10 HCl/l	T
0	375	2,15	7,1	3,71	14,7
0,5	-	-	-	-	-
1	845	5,24	7,4	5,79	14,7
1,5	-	-	-	-	-
2	1270	8,0	7,6	7,59	14,85
2,5	-	-	-	-	-
3	1790	11,34	7,7	9,70	15,1
3,5	-	-	-	-	-
4	2340	15,84	7,9	12,80	15,3
4,5	2720	18,44	7,9	14,40	-
5	2280	15,55	7,8	12,80	15,5
5,5	2630	17,78	8,0	13,70	-
6	2880	18,77	8,0	14,80	15,7
6,5	3120	21,24	8,0	16,40	1
7	3460	24,21	8,0	18,22	15,85
7,5	-	-	-	-	-
8	4130	30,03	7,9	22,00	15,9

Tabell 12.

Stasjon 26, 7/9-1960. Vannføring 674 m³/s.

m dyp	Ledn _{20°} evn · 10 ⁻⁵	Salinitet i ‰	pH	Alkalinitet ml N/10 HCl/l	T
0	1260	8,02	7,3	7,36	14,6
0,5	-	-	-	-	-
1	1300	8,24	7,4	7,96	14,65
1,5	-	-	-	-	-
2	1530	9,71	7,6	8,83	14,9
2,5	1930	12,63	7,8	11,02	-
3	2360	15,98	7,9	12,87	15,2
3,5	2560	17,51	8,0	14,18	-
4	2560	17,45	8,0	14,00	15,25
4,5	2580	17,78	8,0	14,26	-
5	2680	18,21	8,0	14,40	15,5
5,5	2680	18,42	7,9	14,53	-
6	3170	22,48	8,0	17,18	15,9
6,5	4110	30,13	8,0	22,5	-
7	4130	30,43	8,0	22,6	15,9
7,5	-	-	-	-	-
8	4160	30,44	8,0	22,8	15,9
8,5	-	-	-	-	-
9	4200	30,42	8,0	22,8	15,9

Tabell 13.

Stasjon 2, 10/11-1960. Vannføring 540 m³/sek.

m dyp	pH	Ledn. evne · 10 ⁵ μ 20°	Farge mg Pt/l	Turbiditet mg SiO ₂ /l	Alkalinitet ml N/10 HCl/l	Salinitet i ‰
0	7,0	6608	65	7,8	5,18	5,33
0,5	-	-	-	-	-	-
1	7,2	1230	45	9,0	7,90	9,50
1,5	-	-	-	-	-	-
2	7,5	2260	49	5,6	12,81	17,10
2,5	-	-	-	-	-	-
3	7,6	2720	39	4,3	14,98	21,10
3,5	7,7	2920	33	2,4	16,32	21,90
4	7,7	2940	26	3,2	16,82	22,00
4,3	7,8	3230	24	2,3	17,88	23,50
4,5	-	-	-	-	-	-
4,7	7,8	3500	24	2,2	18,80	26,00
5	7,9	3870	8	0,8	22,10	30,70
6	7,9	4470	5	1,1	24,65	33,25
7	7,9	4470	5	0,9	25,00	35,60

TABELL 14.

Vann fra Stasjon 26 blandet med syntetisk avfallsvann uten slam.

		12000						
		Målt	Glommavann ublandet	Fortynninger:				
Henstand				1:1000	1:500	1:200	1:100	1:50
6 m dyp	0 timer	pH	7,8	7,4	7,2	6,7	6,2	4,0
	2 døgn	"	7,8	7,35	7,1	6,6	6,1	3,8
	0 timer	Farge	10,6	34,8	40,5	40,5	45,8	49,8
	4 "	"	10,6	81,8	103	45,8	42,5	45,8
	2 døgn	"	10,6	103,1	214	502	331	55,1
	3 m dyp	0 timer	pH	7,9	7,4	6,9	6,5	5,7
2 døgn		"	7,8	7,3	6,8	6,3	5,4	3,3
0 timer		Farge	45,8	52,8	61,6	63,2	64,9	65,1
4 "		"	43,5	72,5	79,0	65,3	63,2	63,2
2 døgn		"	45,8	100	217	520	320	64,9

TABELL 15.

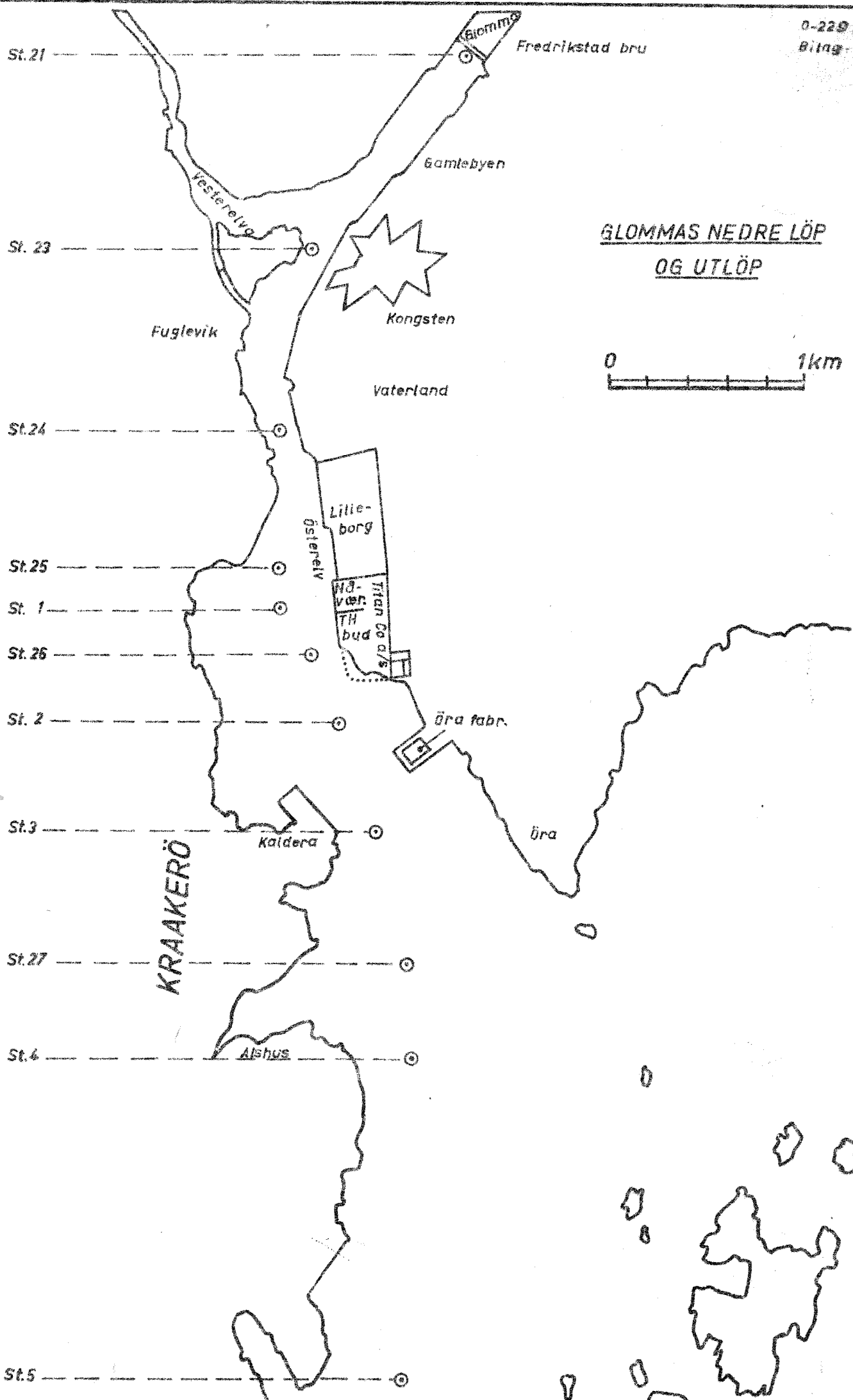
Vann fra stasjon 26 blandet med syntetisk avfallsvann med slam.

3 m dyp	Ublandet	1:100	1:50	1:20
Turbiditet mg SiO ₂ /l	0,30	9,6	12,0	24,0

TABELL 16.

Syntetisk avfallsvann blandet med springvann.

	1:1000	1:500	1:200	1:100	1:50	1:20	1:10
Turbiditet mg SiO ₂ /l	1,22	1,64	3,02	7,09	12,5	25	60



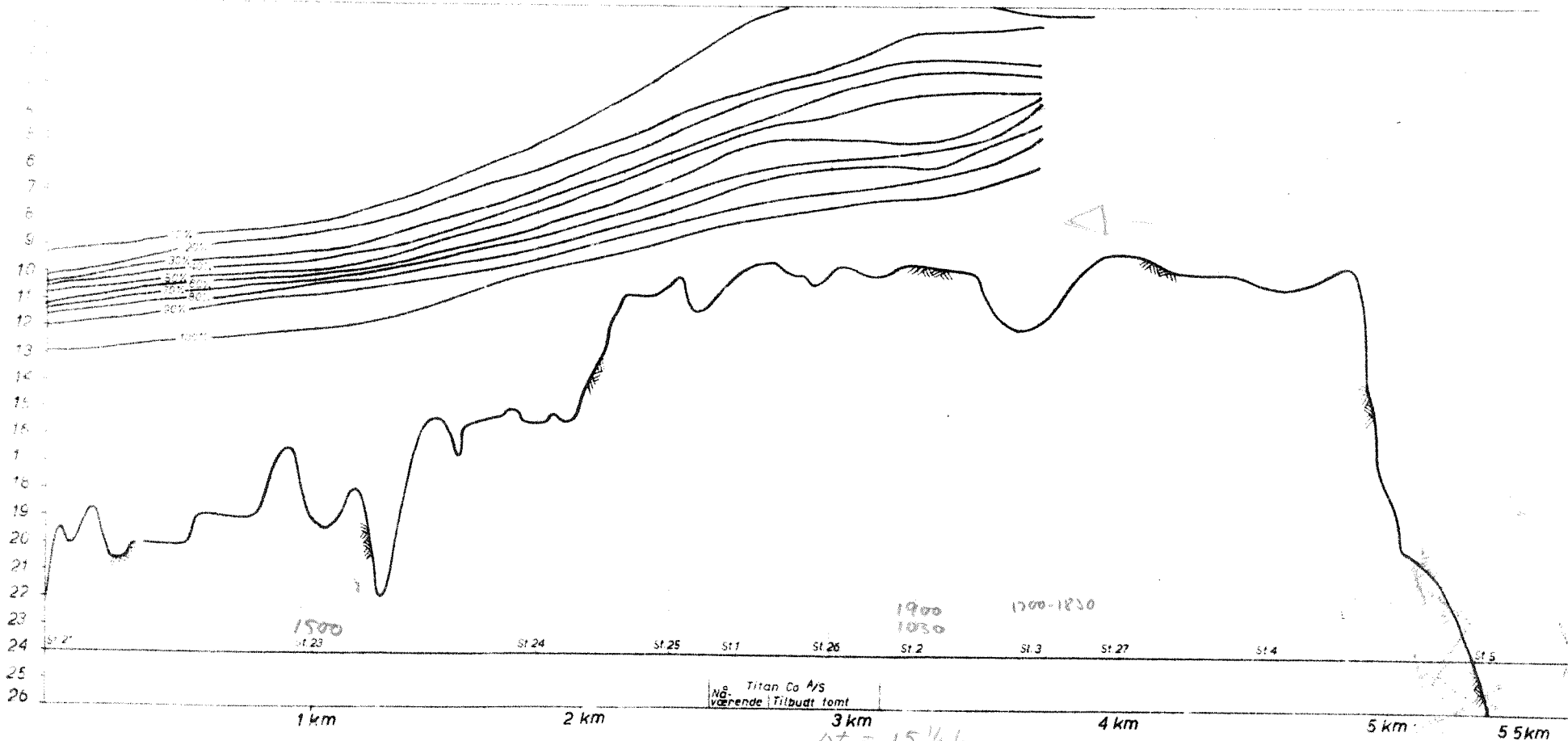
GLOMMAS NEDRE LÖP
OG UTLÖP



Prosentvis sjövattnsinnblandning i Glommas nedre lög 9/8 - 10/8 - 1960

Med regnet 100% sjövattns - salinitet 30 ‰. Vindhög ca 900 m/s

dybde
/ meter

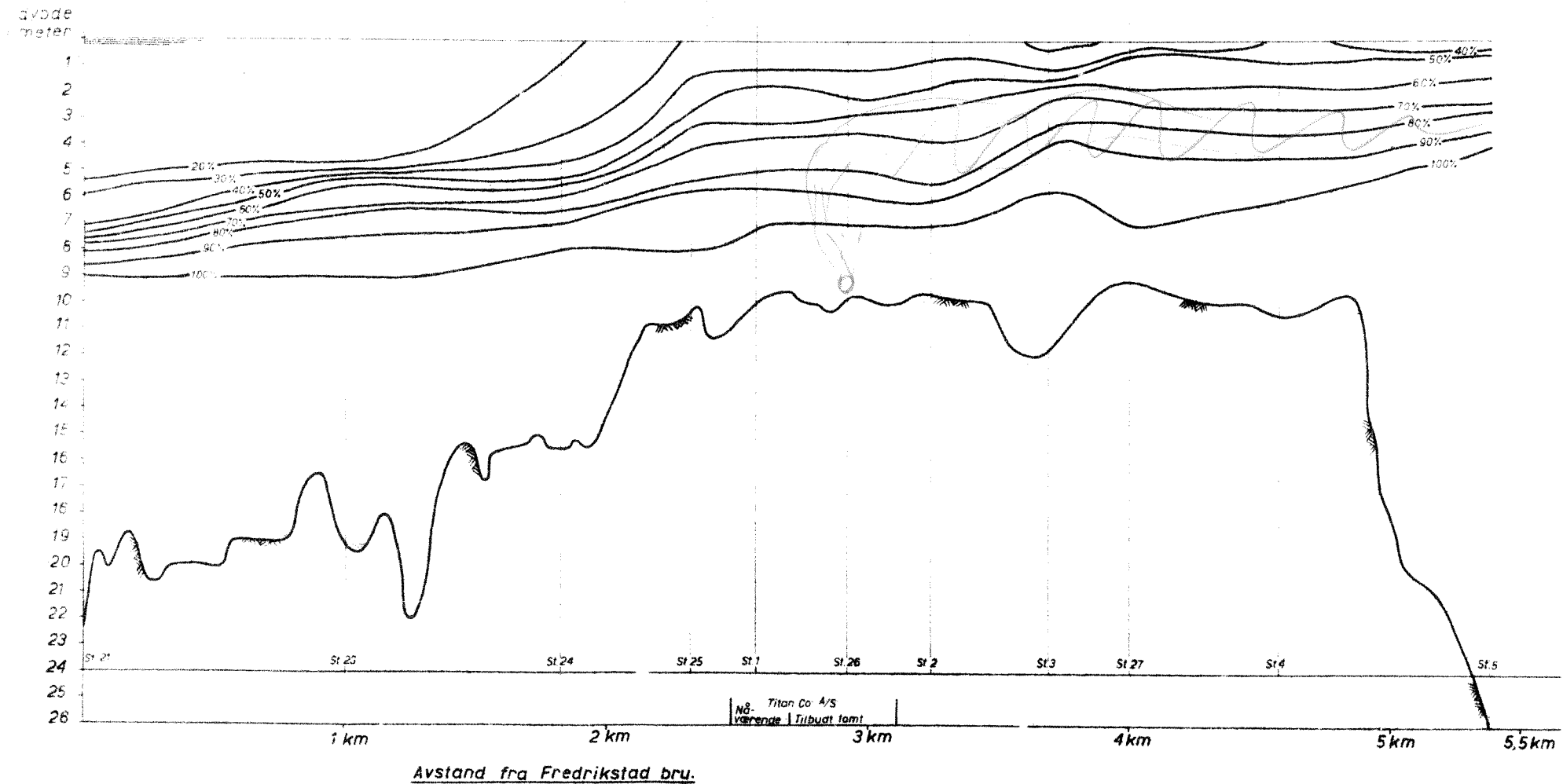


Avstand fra Fredrikstad bru.

Nb. Titan Co A/s
Værende i Tilbudt tomt

Prosentvis sjövattnsinnblandning i Glommas nedre löp 6/9-7/9-1960.

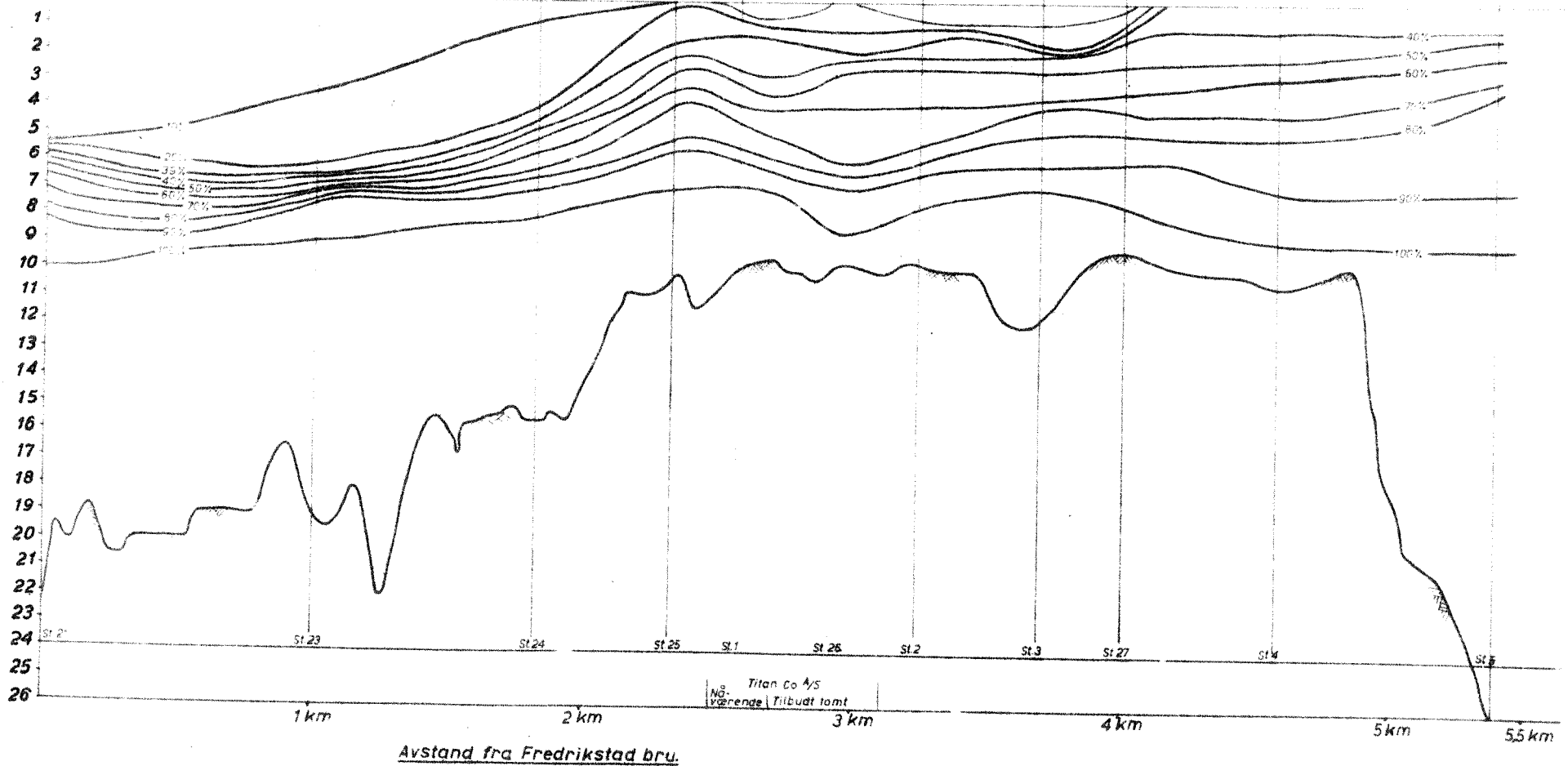
Her regnes 100% sjövattn + salinitet 30‰. Vannföring 674 m³/s.



Prosentvis sjövattnsinnblanding i Glommas nedre löp 9/11-10/11-1960.

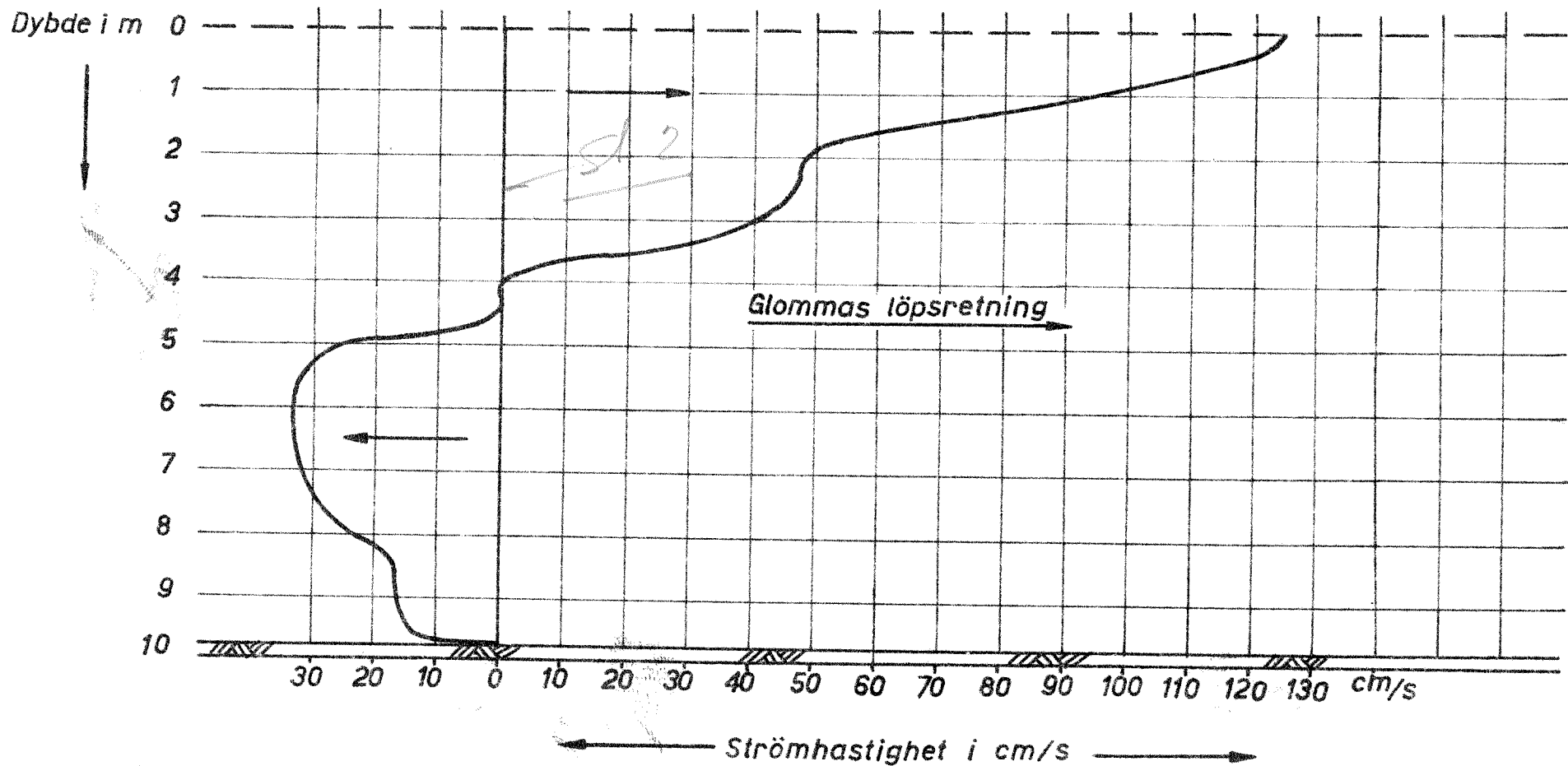
Hög regnens 100% sjövattn + salinitet 30‰, Vannföring ca 576 m³/s

dybde
i meter



Strömhastighet i Glomma ved st.2 10/11-1960.

Målt med flügel. Vannføring 540 m³/s.



Titrercurve for vann fra Glomma.pH som funksjon av antall ml $\frac{N}{10}$ HCl tilsatt pr liter.

St. 2 9/8-1960. 1, 2½, 4 og 8 m dybde.

