

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
BLINDERN

O - 229

Vurdering av Glåma som resipient
for avløpsvann fra Titan Co. A.s

Undersøkelser 1968-69

Saksbehandler: Cand.real. R. T. Arnesen
Rapporten avsluttet: Mai 1969

INNHALDSFORTEGNELSE:

	Side:
1 INNLEDNING	4
2 PRØVETAKING OG ANALYSER	5
3 RESULTATER	6
4 DISKUSJON	7
5 KONKLUSJON	10

TABELLFORTEGNELSE:

1 Analyseresultater for prøver fra Glåma, 27. mars 1968	12
2 Analyseresultater for prøver fra Glåma, 19. juni 1968	14
3 Analyseresultater for prøver fra Glåma, 2. oktober 1968	15
4 Analyseresultater for prøver fra Glåma, 15. november 1968	17
5 Analyseresultater for prøver fra Glåma, 20. november 1968	18
6 Analyseresultater for prøver fra Glåma, 28. november 1968	19
7 Analyseresultater for prøver fra Glåma, 12. desember 1968	20

TABELLFORTEGNELSE (forts.):

	Side:
8 Analyseresultater for prøver tatt utenfor Glåmas munning, 14. januar 1969	21
9 Analyseresultater for vannprøver fra Hvalerområdet, 29. - 30. januar 1969	22
10 Analyseresultater for bunnprøver innsamlet 29. - 30. januar 1969	23

FIGURFORTEGNELSE:

1 Kartskisse over Glåmas estuarområde	24
2 Kartskisse over Hvalerområdet	25
3 Skjematisk bunnprofil av Glåma (Melløs - Kaldera)	26
4 Skjematisk bunnprofil av Glåma (Melløs - Kaldera)	27
5 Skjematisk bunnprofil av Glåma (Melløs - Kaldera)	28
6 Skjematisk bunnprofil av Glåma (Melløs - Kaldera)	29
7 Skjematisk bunnprofil av Glåma (Melløs - Kaldera)	30
8 Skjematisk bunnprofil av Glåma (Melløs - Kaldera)	31
9 Skjematisk bunnprofil av Glåma (Melløs - Kaldera)	32

1 INNLEDNING

I forbindelse med planlegging og bygging av Titan Co A/S nåværende fabrikkannlegg på Øra ved Fredrikstad, foretok Norsk institutt for vannforskning undersøkelser og utredninger med sikte på en løsning av avløpsvann-problemene. Resultatene av dette arbeid er samlet i de to rapportene:

"Undersøkelse av Glommas nedre løp som resipient for industrielt avløpsvann". (januar 1961).

"Bestemmelse av utslipningssted og beregning av utslippsanordning for utslipp av avløpsvann fra Titan Co A/S, Fredrikstad, i Glommas nedre løp". (mars 1965).

Etter at avløpsledninger og utslippsanordningen var bygget, gjennomførte NIVA igjen en undersøkelse for å studere fortykning og bevegelse av avløpsvannet i Glåmas vannmasser etter utslippet. Denne undersøkelsen er presentert i instituttets rapport:

"En effektivitetskontroll av anlegg for utslipp av forurenset vann fra Titan Co A/S i Glomma". (august 1967).

Denne rapporten beskriver bl.a. de parametre som har betydning for en optimal utnyttelse av utslipningsanordningen. Ut fra denne beskrivelse kan anlegget til enhver tid styres, slik at avløpsvannet best mulig fortynnes i Glåmas hovedvannmasser.

Som det fremgår av det foregående har NIVA vært sterkt engasjert i løsningen av avløpsproblemene ved Titan Co A/S. Ved et tokt i mars 1968 ble det tatt en rekke vannprøver i Glåma nedenfor Sarpsborg i forbindelse med et annet oppdrag. Det viste seg at prøvene inneholdt uventet høye jernkonsentrasjoner. På bakgrunn av instituttets interesse for utslippet fra Titan Co A/S ble det 27. mars 1968

gjennomført en ny innsamling av vannprøver for å klarlegge grunnen til de høyere jernkonsentrasjoner. Ved dette tokt viste resultatene at jerninnholdet med stor sannsynlighet skrev seg fra Titan Co A/S utslipp. Det ble umiddelbart tatt kontakt med bedriften, og det ble avtalt at NIVA skulle gjennomføre noen tokter for å kontrollere utslippets virkninger. Ved disse tokter skulle også representanter fra Titan Co A/S delta, slik at prøvetakingen etter hvert kunne overtas av bedriften.

Våren 1969 søkte bedriften om utslippstillatelse etter vassdragsloven til å øke avløpsvannmengden fra fabrikkens tilsvarende en produksjonsøkning på 25%. I den foreliggende rapport er sammenstilling av data og vurderingen foretatt på denne bakgrunn.

2 PRØVETAKING OG ANALYSER

Det er gjennomført 7 tokter i Glåma ovenfor utslippstedet og 2 tokter i fjordområdet utenfor utslippstedet. Dato for de enkelte tokter og ansvarlig for prøvetakingen var:

I Glåma:	27. mars 1968	NIVA
	19. juni 1968	NIVA
	2. oktober 1968	NIVA
	15. november 1968	Titan Co
	20. november 1968	Titan Co
	28. november 1968	Titan Co
	12. desember 1968	Titan Co

I fjorden utenfor utslippet:

	14. januar 1969	Titan Co
	29.- 30. januar 1969	NIVA

Prøvetakingssteder i Glåma er avmerket på fig. 1, og stasjoner ved toktet 29. - 30. januar 1969 er tegnet inn på fig. 2.

Analyseprogrammet for prøvene har omfattet følgende komponenter: jern og salinitet for samtlige prøver, samt i en del av prøvene pH.

Dessuten er de fleste prøver filtrert gjennom membranfilter.

Jern er bestemt med Perkin-Elmer Atomabsorpsjonsspektrofotometer model 303. Samtlige konsentrasjoner er i rapporten angitt i mikrogram Fe pr. liter.

Salinitet er bestemt elektrometrisk med IME salinometer.

250 ml har vært standardvolum ved membranfiltrering.

Ved toktet 29. - 30. januar 1969 ble det tatt en rekke prøver av bunnmaterialet i fjordområdet rundt Hvalerøyene (fig. 2). Analyser av disse prøvene er omtalt i neste avsnitt.

3 RESULTATER

Resultatet av de kjemiske analysene er samlet i tabell 1 - 10.

Den beste parameter for å kartlegge utslippets virkning på vannmassene viste seg å være jernkonsentrasjonen. For at resultatene skulle være lettere sammenliknbare fra tokt til tokt, og for å eliminere virkningen av andre kilder for jern ovenfor eller nedenfor estuarområdet, ble analyseresultatene omregnet. Følgende formel ble benyttet for å beregne jernkonsentrasjonen i estuarområdet på grunn av konsentrasjonene i ferskvanns- og sjøvannskomponenten:

$$Z = \frac{1}{S_0} (S_x \cdot C_s + (S_0 - S_x) C_f)$$

Z : beregnet jernkonsentrasjon dersom intet jern tilføres i estuarområdet.

C_s : jernkonsentrasjon i upåvirket sjøvann.

C_f : opprinnelig jernkonsentrasjon i Glåmas ferskvannskomponent.

S_x : ‰ salinitet i aktuell vannprøve.

S₀ : ‰ salinitet i upåvirket sjøvann.

Differansen mellom målt jernkonsentrasjon og beregnet (Z) gir jernkonsentrasjoner som skyldes tilførsler i estuarområdet.

Resultatet av beregningene er samlet i tabell 1 til 7.

I de tilfeller hvor det ikke var observasjoner som gav tilstrekkelig grunnlag for å beregne jernkonsentrasjoner i upåvirket sjøvann C_s og opprinnelig jernkonsentrasjon i Glåmas ferskvannskomponent C_f , er følgende verdier antatt: $C_f = 250$ mikrogram Fe/l og $C_s : 100$ mikrogram Fe/l. For prøvene som er tatt utenfor Kaldera er det ikke gjort slike beregninger, men naturlig jerninnhold i upåvirket sjøvann kan anslås til mindre enn 100 mikrogram Fe/l.

Bunnmaterialet fra fjordområdet omkring Hvalerøyene ble analysert etter at prøvene var delt i fem horisontale snitt. Tykkelsen av snittene var regnet fra overflaten 10 mm, 10 mm, 20 mm, 20 mm og 50 mm. Total tykkelse av analysert sediment ble 110 mm. Hvert snitt ble tørket ved 120°C , hvoretter prøven ble knust og blandet omhyggelig. Fra hvert snitt ble 500 mg tatt ut og ekstrahert med 50 ml fortynnet saltsyre (1 : 1) og filtrert. Filtratet ble deretter analysert på vanlig måte for jern. Resultatet av disse analysene er samlet i tabell 10.

4 DISKUSJON

Analyseresultatene fra Glåma viser klart at en viss del av avløpsvannet fra Titan Co A/S transporteres med saltvannstungen oppover elven. Denne transporten er avhengig av flere faktorer.

Den 19. juni 1968 var vannføringen $1350 \text{ m}^3/\text{s}$, og det var praktisk talt ingen sjøvannstunge i bunnen av elven ovenfor utslippstedet. Prøvene fra dette toktet viser som ventet praktisk talt ingen jernkonsentrasjoner høyere enn det som kan måles i upåvirket vann. Samtlige tokt i elven ellers, er foretatt når vannføringen er lavere enn middelvannføringen ($683 \text{ m}^3/\text{s}$), og det er målbare tilførsler av jern i forhold til de beregnede konsentrasjoner.

Vannføringen i elven spiller derfor en betydelig rolle for den måten avløpsvannet fra Titan Co fordeler seg på.

Ved de tokt som er foretatt ved relativt lave vannføringer, er det store variasjoner i de registrerte jernkonsentrasjonene.

Hovedsakelig skyldes dette antakelig driftsmåten for avløpsstasjonen ved Titan Co A/S, men en viss betydning kan også variasjoner i vannføring, vindpåvirkning av overflatelagene o.l. ha.

I avløpsvannet er jern oppløst som toverdigg jern i svovelsurt miljø. Ved utslippet foregår det vanligvis en relativt rask fortykning av avløpsvannet med sjøvann, og syrevirkningen avtar raskt. På grunn av denne nøytralisasjon oksyderes toverdigg jern til treverdigg, og jern (III)-hydroksyd felles ut. Ved membranfiltrering holdes de utfelte jernhydroksydpartiklene tilbake på filteret som farges sterkt brunt.

Analyseresultatene angir totalt jerninnhold i vannprøvene. I de fleste tilfeller er hovedmengden av jern tilstede som partikler, slik at de i prøvene er synlige som fnokker. Dette forhold illustreres meget godt ved seriene av membranfilter som er tatt ved de enkelte tokter. På grunn av reproduksjonstekniske vanskeligheter er det imidlertid ikke mulig å illustrere dette forhold i rapporten.

I Glåma ovenfor utslippstedet er det først og fremst sjøvannssjiktet som er påvirket av suspenderte jernhydroksydfnokker fra utslippet. Normalt er dette sjøvannssjiktet relativt rent og har lite innhold av suspenderte partikler. I perioder med lav vannføring vil det være en forholdsvis liten bevegelse og utskiftning av disse vannmasser, og partiklene får anledning til å sedimentere og danne et løst brunt belegg på elvebunnen.

Noen stor og systematisk undersøkelse av bunnforholdene i Glåmas estuarområde har det ikke vært mulig å foreta. Enkelte bunnprøver som er samlet inn ovenfor utslippet, har imidlertid hatt et slikt brunt belegg. Tykkelsen av belegget har anslagsvis variert fra 0 til 3 - 4 mm, avhengig av tidspunkt og prøvested. Når sjøvannstungen presses nedover i estuaret ved høye vannføringer synes belegget å bli skyllet vekk, slik at noen opphopning over lang tid neppe finner sted.

Virkningen av jern på fisk og andre akvatiske organismer er vanskelig å vurdere, idet både konsentrasjon, oksydasjonstrinn, pH og andre forhold har betydning. I litteraturen finnes relativt få

opplysninger om samspillet mellom disse faktorer, men i "Meinck, Stooff, Kohlschütter Industrie-Abwässer", er følgende referert:

"Virkningen av oppløst jern består hovedsakelig i at det felles ut som hydroksyd i fiskens alkaliske gjelleslim, og gjellene blir ikke bare mekanisk tilstoppet, men også ødelagt ved etsing. Ved normale pH-verdier fra 6,5 til 7,5, virker så små mengder som 0,9 mg/l oppløst jern (Fe) dødelig. I svakt surt vann (pH 6,5 til 5,5) skader derimot noe større jernkonsentrasjoner ikke".

Under meget bestemte betingelser kan etter dette små konsentrasjoner av jern virke skadelig for fisk.

I Glåma ovenfor utslippstedet er det i sjøvannssjiktet og spesielt omkring sprangsjiktet (se figurene 3 - 9) målt jernkonsentrasjoner høyere enn 0,9 mg Fe/l. Observasjonene tyder imidlertid på at utfelling foregår raskt, og de målte konsentrasjoner må antas å representere utfelt jernhydroksyd som ikke har de samme virkninger som under utfellingsprosessen.

Antakelig er det først og fremst i denne utfellingsperioden at skadevirkningen oppstår, og en slik virkning kan derfor bare ventes innen en begrenset avstand omkring utslippstedet.

Som tidligere nevnt nøytraliseres avløpsvannet raskt ved utslipp i sjøvannstungen, og det er ikke registrert pH-verdier som er så lave at det kan ventes skadevirkninger.

I Hvalerområdet, utenfor utslippet, viser analyseresultatene (tabell 8 og 9) at jerninnholdet i prøvene var høyere enn det som må ventes i upåvirket vann. Tilleggskonsentrasjonene som følge av utslippet fra Titan Co A/S, kan stort sett anslås til å ligge i området fra 500 til 1000 mikrogram for prøvestedene ved toktet 29. -30. januar 1969. Også disse analyseresultater angir den totale jernkonsentrasjon, og inkluderer utfelt jernhydroksyd. Ut fra resultatet av membranfiltreringen er det rimelig å anta at hovedmengden av jern også her foreligger utfelt forholdsvis kort tid etter utslippet.

Det er vanskelig på grunnlag av resultatene fra toktet 29. -30. januar, å vurdere jernfnokkenes innvirkning på bunnforholdene utenfor Glåmas munningsområde. Det er rimelig å anta at det hele året vil foregå en sedimentering av fnokker. Flomperioder vil ha liten direkte innvirkning på det materialet som allerede er avsatt, slik at det må ventes en opphopning av jernhydroksyd. Den naturlige massetransport i Glåma er imidlertid meget stor, og det kan ikke vurderes hvilken betydning jernhydroksydavsetningen har i forhold til avsetningen av naturlig transportert materiale.

Analyseresultatene fra bunnprøvene viser tendens til høyere jernkonsentrasjoner i de øverste lag enn dypere ned, men tendensen er lite utpreget. Bunnmaterialet ligger imidlertid ikke i ro, men er stadig utsatt for omveltninger i de øverste lag på grunn av organismelivet. Ved stasjon 4 (fig. 2) var alt bunnmaterialet anaerobt, og det må ventes liten aktivitet av levende organismer. Her var også den avtakende tendens for jern størst mot de dypere bunnlag, men innholdet av syreløselig jern i de øvre bunnlag er likevel ikke påfallende høyt. Om dette skyldes at jernfnokkene kvantitativt betyr lite i forhold til den naturlige transport av sedimenterbare stoffer i Glåma eller om det skyldes andre forhold, kan først fastslås etter relativt omfattende undersøkelser. Slike undersøkelser må omfatte både kjemiske og biologiske observasjoner, og resultatene må sammenliknes med tilsvarende resultater fra upåvirkede områder.

5 KONKLUSJON

1. Det nåværende utslipp fra Titan Co A/S kan lett påvises i Glåma ovenfor og nedenfor utslippstedet, ved kjemiske analyser. Det er først og fremst avløpsvannets innhold av jern som kan spores i Glåmas vannmasser, hovedsakelig i form av jernhydroksydfnokker.

I elven ovenfor utslippet er de dypere vannmasser mest preget av utslippet, mens det i sjøen utenfor utslippet er de øvre lag som påvirkes i størst grad.

Avløpsvannets innhold av svovelsyre kan neppe gi skadevirkninger selv ved en økning av utslippet med 25%.

2. Utslippets virkning på fisk er vanskelig å vurdere, men det kan ikke utelukkes at det oppløste jern i utfellingsfasen kan gi skadevirkninger. En eventuell slik virkning er antakelig begrenset til et forholdsvis lite område omkring utslippstedet. Ved en økning i utslippet kan det ventes at utstrekningen av dette området øker noe.

3. Både ovenfor og nedenfor utslippet sedimenterer jernhydrok-sydfnökkene og avsettes på bunnen. I elven ovenfor utslippet bygges det opp et rødbrunt lag av jernhydroksyd på bunnen i perioder med lav vannføring. I flomperioder skylles laget bort igjen. Mengden av jern, som føres oppover elven i sjøvannstungen, synes å være sterkt avhengig av hvordan avløpsstasjonen ved Titan Co A/S styres. (Se NIVA-Rapport 0-229, august 1967).

Utenfor utslippet foregår ingen slik bortspyling av et eventuelt jernhydroksydlag. Det kreves imidlertid ytterligere kjemiske og biologiske undersøkelser for å fastslå hvorvidt sedimentering av jernhydroksyd har betydning for bunnforholdene i Hvalerområdet, sett i relasjon til naturlig sedimentering av materiale som Glåma forøvrig fører med seg.

4. Utslipet fra Titan Co A/S har i dag store dimensjoner selv i forhold til de store vannmasser som er tilgjengelig for fortynning. En ytterligere økning på 25% av utslippet vil neppe føre til vesentlige forandringer i det bildet som vi i dag har. Alternative måter for å disponere den økede mengde av jernsulfatet bør imidlertid utredes teknisk og økonomisk.

Tabell 1. Analyseresultater for prøver fra Glåma, 27. mars 1968.

Stasjon og dyp	pH	Spes. ledn. evne, µS/cm	Faige mg Pt/l	Turb. mg SiO ₂ /l	Tørrest. mg/l	Gløder. mg/l	Salinitet o/oo	Klorid mg Cl/l	Jern µg Fe/l	Jern, ber µg Fe/l	Jern, tilf. µg Fe/l
1 Kaldera 1m	7,0	7000	179	31,0	16,4	12,8	4,33	-	890	387	503
" 4"	7,3	19500	137	22,5	18,0	14,8	14,94	-	1000	253	747
" 8"	7,9	36000	17	4,3	9,2	7,0	29,28	-	145	70	75
" 10"	7,9	36800	15	3,3	8,8	6,8	29,68	-	65	65	0
2 DE-NO-FA 1m	7,0	4480	177	31,0	16,0	12,8	3,30	-	750	401	349
" 4"	7,3	34800	144	27,0	15,6	12,4	10,11	-	770	316	454
" 8"	7,9	33000	20	4,8	8,0	6,4	28,95	-	120	74	46
3 Fr.stad bru 1m	6,8	1300	188	34,0	18,4	15,2	-	431	600	433	167
" 4"	6,8	1560	181	30,0	14,8	11,2	-	510	700	432	268
" 8"	7,6	25400	92	15,0	17,6	13,2	20,40	-	490	183	307
" 12"	7,8	35100	35	6,1	18,0	13,2	29,18	-	350	71	279
" 15"	7,6	37200	71	9,9	21,6	14,8	30,29	-	870	65	805
4 Torp 1m	6,7	397	181	33,5	15,6	12,0	-	105	820	440	380
" 4"	6,7	445	195	33,4	19,2	15,2	-	110	670	440	230
" 8"	6,8	1240	177	31,0	17,2	12,8	-	238	670	437	233
" 12"	7,5	34800	79	13,6	15,6	10,4	29,89	-	970	65	905
" 16"	7,4	36700	74	13,9	19,2	12,8	31,50	-	850	65	785

Tabell 1 forts.

Stasjon og dyp	pH	Spes. ledn. evne, µS/cm	Farge mg Pt/l	Turb. mg SiO ₂ /l	Tørrst. mg/l	Gløder. mg/l	Salinitet o/oo S	Klorid mg Cl/l	Jern µg Fe/l	Jern, ber. µg Fe/l	Jern, Tilf. µg Fe/l
5 Valle	6,7	147	181	31,0	16,8	12,4	-	41	550	443	107
"	6,7	274	188	31,3	14,8	11,6	-	78	700	441	259
"	6,8	380	177	31,3	16,8	13,2	-	92	750	441	309
"	7,3	35000	113	22,0	35,2	26,8	30,72	-	880	65	815
"	7,2	36000	181	6,7	32,0	22,4	32,00	-	395	65	330
Sarpsborg	6,8	89	188	31,5	18,0	14,0	-	19	720	443	277
mek.verkst.	6,7	266	195	31,5	15,6	11,2	-	74	650	441	209
"	6,7	1010	195	33,6	22,0	16,8	-	360	650	434	216
Østf.kull og vedbolag	6,7	53	188	33,5	15,6	12,0	-	4,8	450	450	0
Nelløs	6,8	72	181	31,3	18,0	14,0	-	4,7	435	435	0

Stasjonsnummer for hovedstasjonene tilsvare

stasjonsbetegnelsene på figur 1.

Tabell 2. Analyseresultater for prøver fra Glåma, 19. juni 1968

Stasjon og dyp	pH	Spes. ledn. evne $\mu\text{S/cm}$	Farge mg Pt/l	Turb. $\text{mg SiO}_2/\text{l}$	Tørrest. mg/l	Gløder. mg/l	Salinitet o/oo S	Klorid mg Cl/l	Jern $\mu\text{g Fe/l}$	Jern, ber. $\mu\text{g Fe/l}$	Jern, Tilf. $\mu\text{g Fe/l}$
1 Kaldera	7,0	178	48	2,2	5,0	2,4		45	220	~ 170	50
"	6,9	1370	55	2,6	7,0	3,6	< 1		300	~ 168	132
"	7,4	14180	50	2,5	4,0	1,6	9,01		410	156	254
"	7,9	29200	35	1,5	6,4	2,8	20,09		300	138	162
"	8,0	35600	15	0,56	8,2	5,2	24,99		130	130	-
3 Fredrikstad	7,2	60,0	44	1,5	8,4	3,2		4	350	~ 170	180
bru	6,9	38,0	44	2,5	4,2	1,4		1,5	160	170	-
"	7,0	39,8	45	3,0	4,6	1,8		1,5	190	170	-
"	7,0	41,0	48	2,5	4,2	1,2		1,5	155	170	-
"	7,0	40,9	44	2,4	3,8	1,6		1,0	170	170	-
4 Torp	7,1	38,9	47	2,5	3,8	1,0		1,0	160	170	-
"	7,1	38,0	46	3,3	123,0	1,0		1,0	160	170	-
"	7,0	38,0	43	1,4	3,2	1,0		1,0	160	170	-
"	7,0	38,0	38	1,2	4,4	2,0		1,0	170	170	-
"	7,0	38,0	38	1,2	4,6	2,0		1,0	160	170	-
"	7,1	39,0	41	1,6	4,0	1,4		1,0	210	170	-

Tabell 3. Analyseresultater for vannprøver fra Glåma, 2. oktober 1968

Stasjon og dyp	pH	Sp. ledn. evne, $\mu\text{S}/\text{cm}$	Farge mgPt/l	Turb. JTU	Alkali- tet, ml l/10NHCl	Tørrst. mg/l	Gløder. mg/l	Salinitet o/oo S	Jern $\mu\text{g Fe/l}$	Jern, ber. $\mu\text{g Fe/l}$	Jern, tilf. $\mu\text{g Fe/l}$
1 Kaldera 0 m	7,05	2890	35	3,0	4,87	3,4	1,4	2,06	230	81	149
" 1 "	7,10	5500	45	5,3	6,39	8,2	5,2	4,16	500	83	417
" 4 "	8,01	23900	17	3,5	21,39	7,4	5,0	22,13	260	95	165
" 8 "	7,90	26500	8	1,7	21,94	4,2	2,2	24,69	190	96	94
" 10 "	7,07	28300	218	50	19,19	12,0	8,0	27,24	3720	98	3622
2 DE-NO-FA 0 m	6,93	228	32	2,5	4,57	4,0	1,8	1,63	700	81	619
" 1 "	6,94	2660	31	2,7	4,69	3,8	1,8	1,94	220	81	139
" 5 "	6,94	22800	221	60	14,72	14,2	10,2	21,42	4180	94	4086
" 10 "	7,65	24800	67	10	18,69	9,2	6,0	23,92	1030	96	934
" 11 "	7,28	26700	188	35	18,07	11,0	7,4	25,21	2740	97	2643
3 Fredrikstad 1 m	6,95	1180	29	3,0	3,83	4,2	2,2	< 1,4	300	81	219
bru 5 "	7,50	21000	50	7,20	15,62	7,2	4,4	18,78	750	92	658
" 10 "	7,38	26300	98	16,0	19,45	8,4	5,4	24,70	1570	97	1473
" 15 "	7,20	29400	96	23,0	23,76	11,0	6,4	28,90	940	99	841
4 Torp 0 m	6,80	562	33	2,0	3,47	3,8	2,6	< 1,4	220	80	140
" 1 "	6,80	640	29	2,0	3,73	3,6	2,4	< 1,4	270	80	190
" 4 "	6,80	718	29	3,2	3,72	4,0	2,4	< 1,4	150	80	70
" 8 "	7,25	25400	76	15,0	19,65	6,8	5,8	24,74	1360	97	1263
" 12 "	7,15	29400	107	23,0	22,84	7,8	3,2	28,06	900	99	801
" 16 "	7,18	29600	192	42,0	24,79	11,8	6,8	28,96	850	99	751

Tabell 3 forts.

Stasjon og dyp	pH	Sp. ledn. evne, µS/cm	Farge mgPt/l	Turb. JTU	Alkali- tet, ml l/10NHCl	Tørrst. mg/l	Gløder. mg/l	Salinitet o/oo S	Jern µg Fe/l	Jern ber. µg Fe/l	Jern tilf. µg Fe/l
5 Valle 1 m	7,02	470	38	3,0	3,86	4,6	2,8	< 1,4	140	80	60
" 4 "	6,88	585	33	2,3	3,87	4,0	2,4	< 1,4	330	80	250
" 8 "	7,29	25000	33	4,5	19,61	9,0	5,6	23,86	510	96	414
" 12 "	7,12	29500	165	75	25,12	10,4	6,0	28,87	660	99	561
" 17 "	7,08	30000	>200	80	25,60	8,4	4,6	28,95	620	99	521
Sarp.mek.verk. 1 m	7,07	187	29	2,5	3,62	5,0	3,2	5,0	140	80	60
" 4 "	7,06	350	35	3,3	3,77	5,4	2,8	5,4	230	80	150
" 8 "	6,96	24500	74	5,5	20,17	6,8	4,2	6,8	490	96	394
" 12 "	7,40	29800	>200	60	25,47	7,6	4,6	7,6	760	99	661
Hvidst.-Selmer 8 m	7,16	29300	45	7,0	19,58	8,6	5,8	23,41	480	96	384
" 12 "	7,08	34200	218	100	24,70	8,4	4,8	28,62	760	99	661
Alvim 6 m	6,92	155	28,5	2,0	3,66	3,8	2,0	-	80	80	-
" 8 "	7,07	28300	54,5	7,0	19,65	7,8	4,6	23,54	510	96	414

Tabell 4. Analyseresultater for prøver fra Glåma, 15. november 1968

Stasjon	Dyp	Salinitet o/oo S	Jern µg Fe/l	Jern ber. µg Fe/l	Jern Tilf. µg Fe/l
1. Kaldera	1 m	6,60	590	217	373
	4 "	31,86	280	100	180
	8 "	33,32	200	100	100
	10 "	33,33	210	100	110
2. DE-NO-FA	1 m	12,94	1010	185	825
	4 "	30,52	540	100	440
	8 "	33,14	220	100	120
	11 "	32,25	1590	100	1490
3. Fredrikstad bru	1 m	1,41	310	243	67
	4 "	2,86	260	236	24
	8 "	32,99	750	100	650
	12 "	33,18	880	100	780
	15 "	33,14	960	100	860
4. Torp	1 m	< 1,41	250	250	0
	4 "	< 1,41	270	250	20
	8 "	32,83	650	100	550
	12 "	33,12	660	100	560
	16 "	32,89	650	100	550
5. Valle	1 m	< 1,41	250	250	0
	4 "	2,15	250	240	10
	8 "	32,86	490	100	390
	12 "	33,03	530	100	430
	16 "	33,15	630	100	530
Sarpsborg mek.verkst.	1 m	< 1,41	230	200	30
	8 "	< 1,41	220	200	20
Østf.Kull og vedbol.	1 m	< 1,41	210	200	-
	8 "	32,73	380	100	280
Melløs	1 m	< 1,41	190	200	-
	4 "	< 1,41	260	200	-

Tabell 5. Analyseresultater for prøver fra Glåma, 20. november 1968

Stasjon	Dyp	Salinitet o/oo S	Jern µg Fe/l	Jern, ber. µg Fe/l	Jern, tilf. µg Fe/l
1. Kaldera	1 m	5,74	250	181	69
	4 "	31,85	210	100	110
	8 "	32,49	200	100	100
	10 "	32,71	440	100	340
2. DE-NO-FA	1 m	9,06	250	169	81
	4 "	28,61	300	105	195
	8 "	32,27	1920	100	1820
	11 "	32,45	640	100	540
3. Fredrikstad Bru	1 m	1,46	260	195	65
	4 "	33,39	300	100	200
	8 "	31,69	380	100	280
	12 "	32,52	490	100	390
	15 "	32,76	450	100	350
4. Torp	1 m	< 1,41	220	200	20
	4 "	< 1,41	240	200	40
	8 "	32,31	550	100	450
	12 "	32,76	520	100	420
	16 "	32,91	490	100	390
5. Valle	1 m	< 1,41	200	200	0
	4 "	1,46	210	200	10
	8 "	< 1,41	230	200	30
	12 "	3,077	220	190	30
	16 "	32,73	560	100	460

Tabell 6. Analyseresultater for prøver fra Glåma, 28. november 1968

Stasjon	Dyp	Salinitet o/oo S	Jern µg Fe/l	Jern, ber. µg Fe/l	Jern, tilf. µg Fe/l
1. Kaldera	1 m	4,213	930	228	702
	4 "	21,108	530	145	385
	8 "	27,786	210	111	99
	10 "	27,613	170	111	59
2. DE-NO-FA	1 m	< 1,413	790	250	540
	4 "	10,455	950	198	752
	8 "	27,885	170	111	59
	11 "	28,071	180	109	71
3. Fredrikstad Bru	1 m	< 1,413	490	250	240
	4 "	< 1,413	500	250	250
	8 "	27,227	870	114	756
	12 "	28,211	1060	109	951
	15 "	30,523	580	100	480
4. Torp	1 m	< 1,413	450	250	200
	4 "	< 1,413	640	250	390
	8 "	< 1,413	470	250	220
	12 "	27,373	500	113	387
	16 "	30,026	590	100	490
5. Valle	1 m	< 1,413	490	250	240
	4 "	< 1,413	510	250	260
	8 "	< 1,413	450	250	200
	12 "	30,231	510	100	410
	16 "	31,865	590	100	490

Tabell 7. Analyseresultater for prøver fra Glåma, 12. desember 1968

Stasjon	Dyp	Salinitet o/oo S	Jern µg Fe/l	Jern, ber. µg Fe/l	Jern, tilf. µg Fe/l
1. Kaldera	1 m	6,150	850	219	631
	4 "	26,576	160	117	43
	8 "	27,434	150	113	37
	10 "	27,449	170	113	57
2. DE-NO-FA	1 m	10,910	950	196	754
	4 "	26,167	230	119	111
	8 "	27,252	210	114	96
	11 "	27,392	250	113	137
3. Fredrikstad Bru	1 m	< 1,0	460	250	210
	4 "	2,003	430	240	190
	8 "	27,365	760	113	647
	12 "	29,565	650	102	548
	15 "	31,374	490	100	390
4. Torp	1 m	< 1,0	460	250	210
	4 "	< 1,0	390	250	140
	8 "	27,680	1180	112	1068
	12 "	29,683	370	102	268
	16 "	31,363	520	100	420
5. Valle	1 m	< 1,0	900	250	650
	4 "	< 1,0	420	250	170
	8 "	27,763	1110	111	999
	12 "	30,831	500	100	400
	16 "	31,286	800	100	700

Tabell 8. Analyseresultater for prøver tatt utenfor
Glåmas munning, 14. januar 1969.

Stasjon	Dyp	Salinitet o/oo S	Jern µg Fe/l	Stasjon	Dyp	Salinitet o/oo S	Jern µg Fe/l
A1 Alshus	0 m	10,9	608	N4 Nøteskjær	0 m	10,8	469
	1 "	15,1	701		1 "	18,2	820
	4 "	22,8	857		4 "	27,8	180
	8 "	28,9	222		8 "	28,4	155
	10 "	29,2	185		12 "	29,0	136
N2 Nøteskjær	0 m	11,5	599	B5 Kjøkøy 100 m øst	1 m	16,0	643
	1 "	13,8	678				
	4 "	28,1	142	B6 Kjøkøy 200 m øst	1 m	15,8	713
	8 "	28,3	175				
	12 "	28,8	171	B7 Kjøkøy 300 m øst	1 m	16,6	627
	16 "	29,4	199				
	20 "	30,6	197	B8 Kjøkøy 400 m øst	1 m	16,7	631
	24 "	32,3	279				
N3 Nøteskjær	0 m	10,7	568	B9 Kjøkøy 500 m øst	1 m	18,0	641
	1 "	16,1	786				
	4 "	27,7	208				
	8 "	28,4	177				
	12 "	29,2	152				
	16 "	29,3	134				
	20 "	30,8	174				
	24 "	31,2	225				

Tabell 9. Analyseresultater for vannprøver fra Hvalerområdet

29. - 30. januar 1969.

Stasjon nr.	pH	Salinitet o/oo S	Jern µg Fe/l	Stasjon nr.	pH	Salinitet o/oo S	Jern µg Fe/l
1	6,80	8,1	590	25	7,85	23,1	440
2	6,95	8,7	1040	26	7,30	11,8	840
3	7,05	11,0	1040	27	7,25	9,9	800
4	7,15	8,3	1050	28	7,26	10,2	920
5	7,06	10,3	850	29	7,17	8,3	720
6	7,10	14,4	1200	30	7,20	8,9	660
7	7,15	10,5	1270	31	7,21	9,2	930
8	7,05	7,6	850	32	7,16	8,2	920
9	7,10	8,3	380	33	7,19	8,2	820
10	7,25	12,3	780	34	7,20	8,7	960
11	7,06	8,2	770	35	7,21	9,0	850
12	7,11	9,6	770	36	7,50	8,6	940
13	7,11	7,3	760	37	7,25	8,7	1020
14	7,10	8,2	760	38	7,20	9,1	810
15	7,11	7,7	800	39	7,20	8,5	860
16	7,09	7,7	840	40	7,15	8,0	770
17	7,14	10,2	820	41	7,19	9,0	790
18	7,15	7,9	820	42	7,15	7,3	720
19	7,10	7,9	790	43	7,10	6,8	640
20	7,15	7,6	740	44	7,15	8,3	610
21	7,10	8,2	800	45	7,20	8,7	950
22	7,30	8,5	920	46	7,19	8,3	750
23	7,20	9,2	780	47	7,20	9,1	860
24	7,25	13,9	930	48	7,15	5,3	460

Tabell 10. Analyseresultater for bunnprøver innsamlet 29. - 30. januar 1969.

Tallene angir jern ekstraherbart i fortynnet saltsyre. Enhet: mg Fe/g tørket prøve.

Snitt	St. 4	St. 6	St. 7	St. 8	St. 17	St. 20	St. 31	St. 33	St. 38
0 - 10 mm	23,9	21,5	21,6	18,3	21,0	13,0	19,1	14,0	16,7
10 - 20 mm	13,8	16,2	16,8	17,4	17,0	14,3	14,8	22,7	17,3
20 - 40 mm	7,0	11,4	13,2	11,3	16,9	9,6	13,8	12,2	15,3
40 - 60 mm	12,3	9,8	15,4	15,0	17,9	13,3	13,7	12,1	14,5
60 -110 mm	9,0	8,7	14,7	15,1	15,4	-	12,2	13,3	13,5

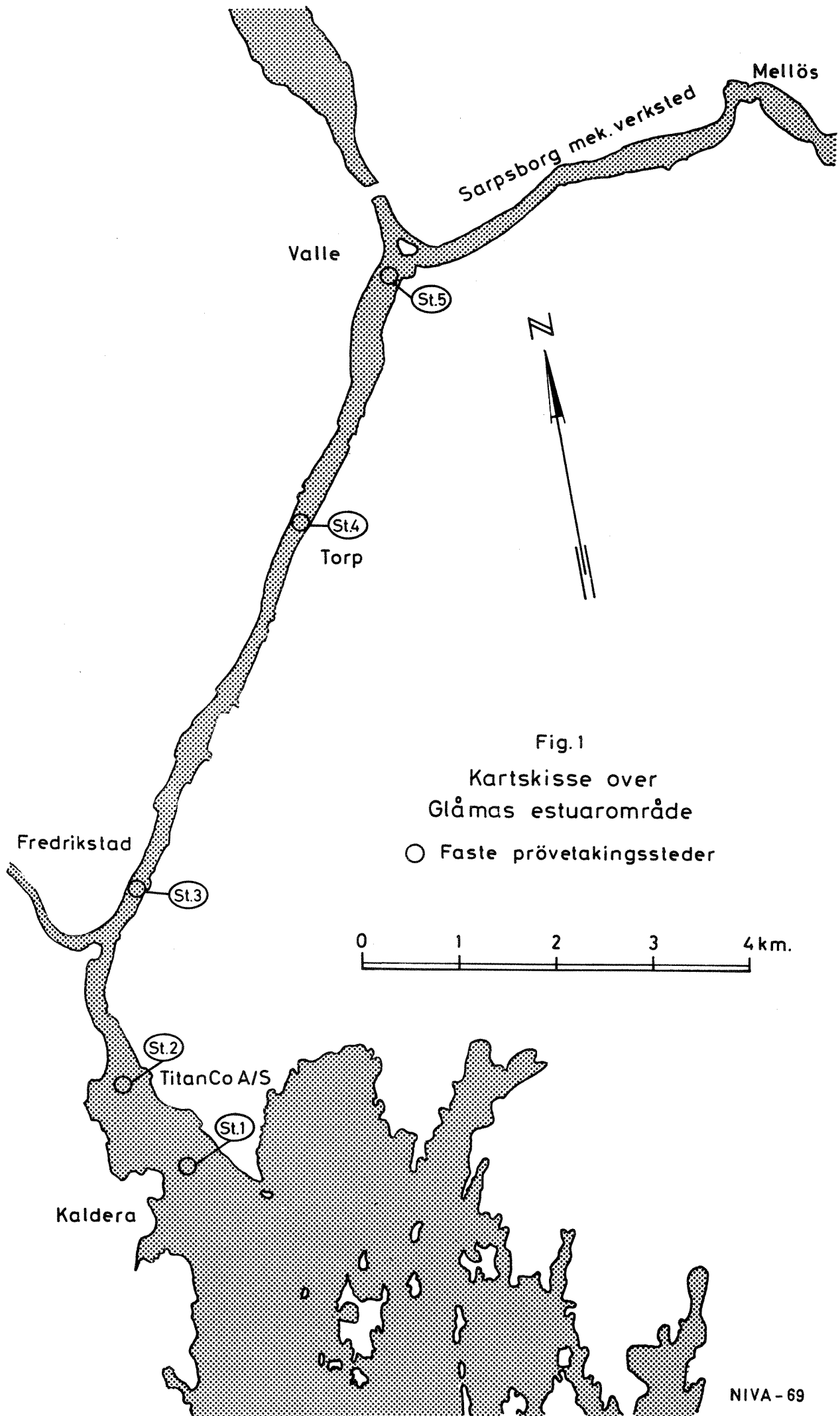
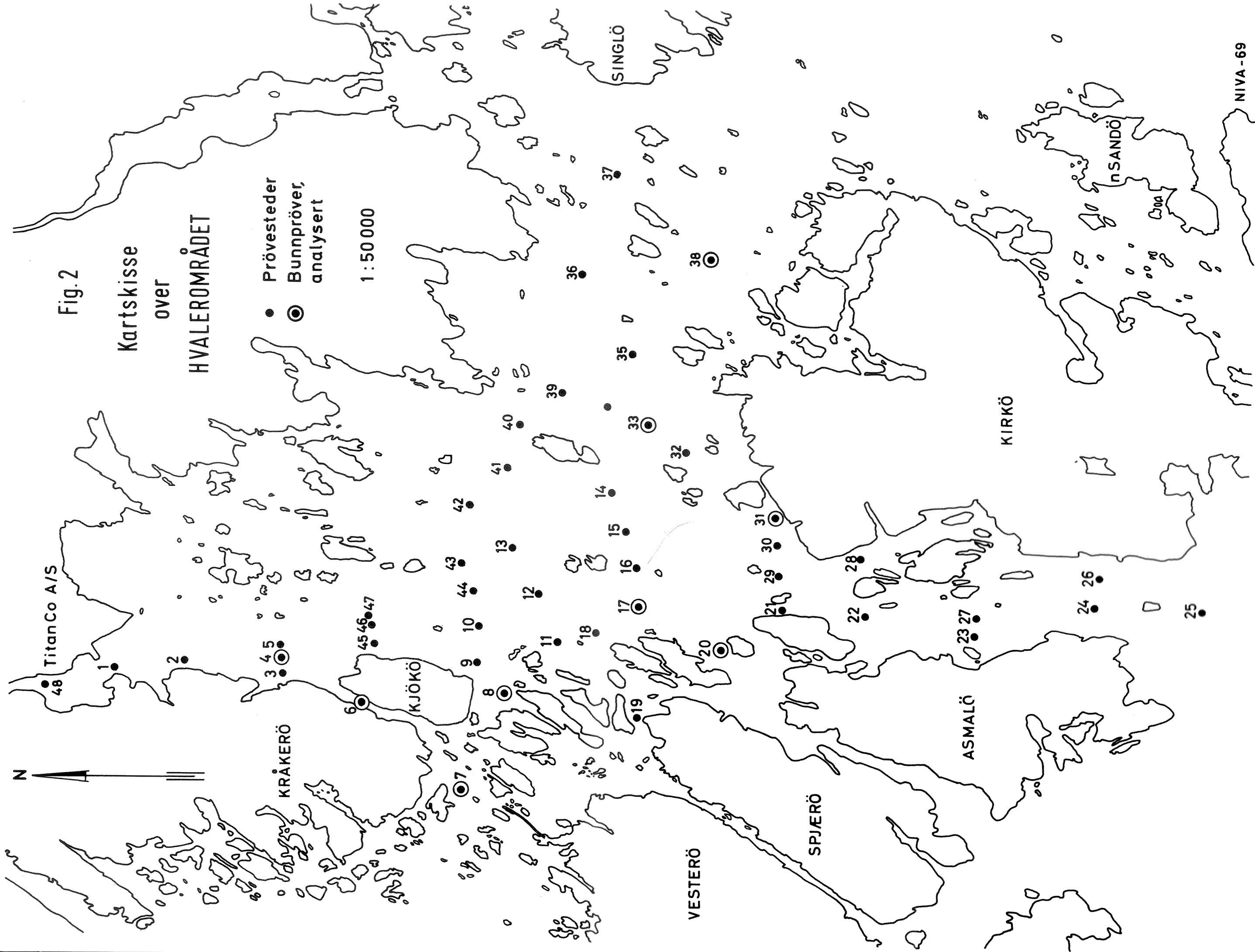


Fig.1
Kartskisse over
Glåmas estuarområde

○ Faste prøvetakingssteder

0 1 2 3 4 km.



O-229 Titan Co
 Skjematisk bunnprofil av Glåma
 Mellös - Kaldera

Tokt 27.3.68
 V.f: 586 m³/s

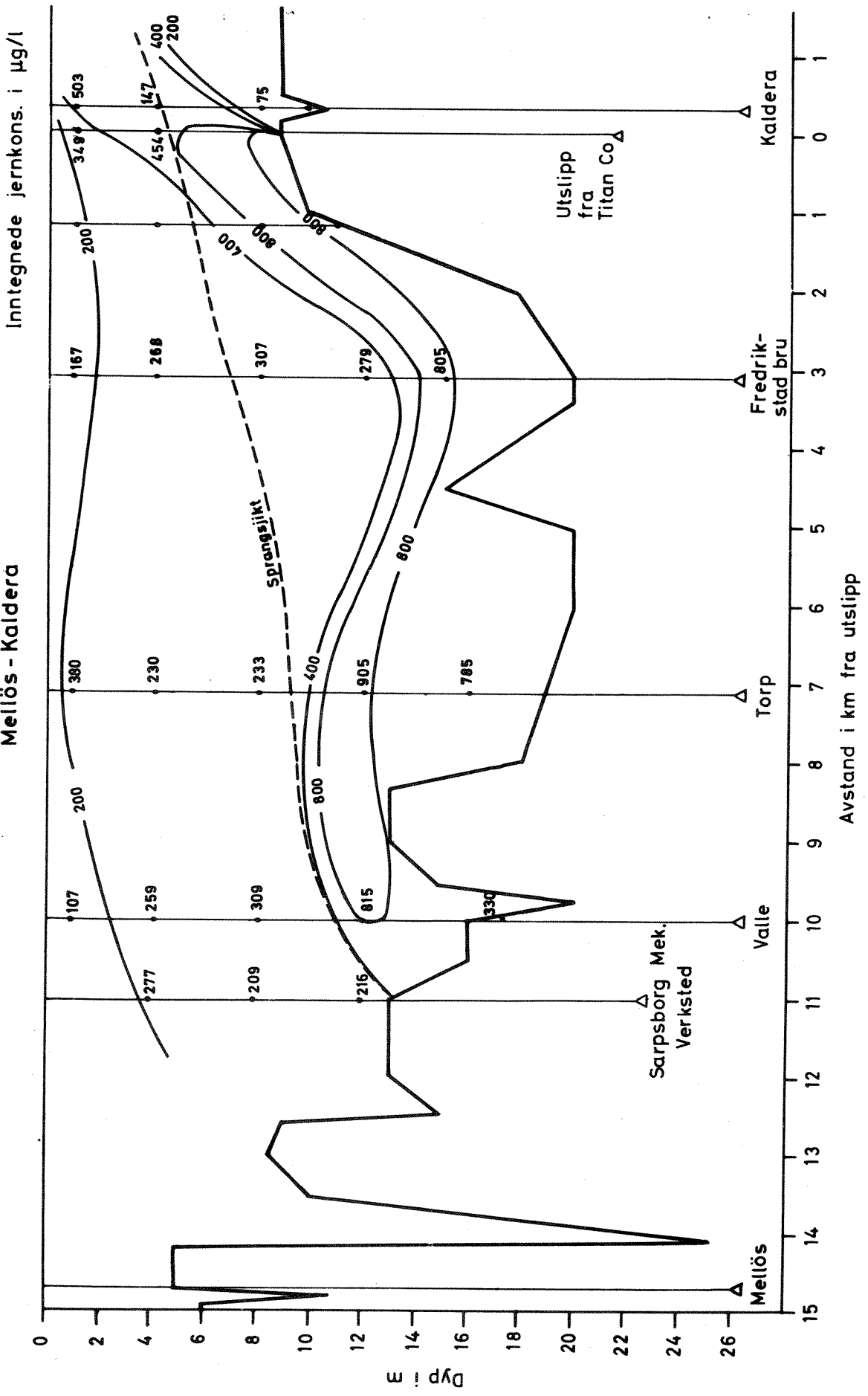


Fig.3

O-229 Titan Co
 Skjematisk bunnprofil av Glåma
 Mellös - Kaldera

Tokt 19.6.68
 V.f: 1350 m³/s

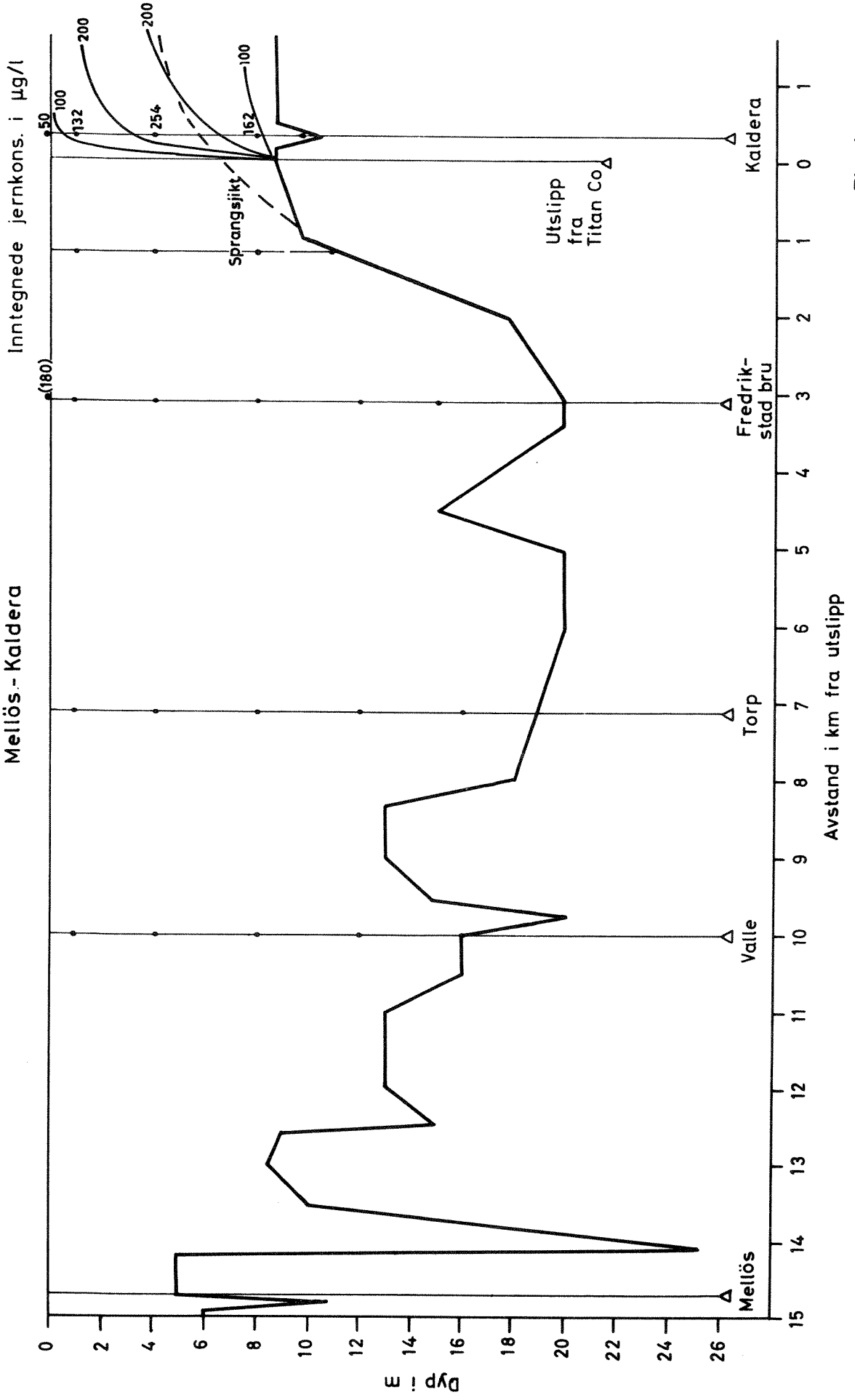


Fig. 4

O-229 Titan Co

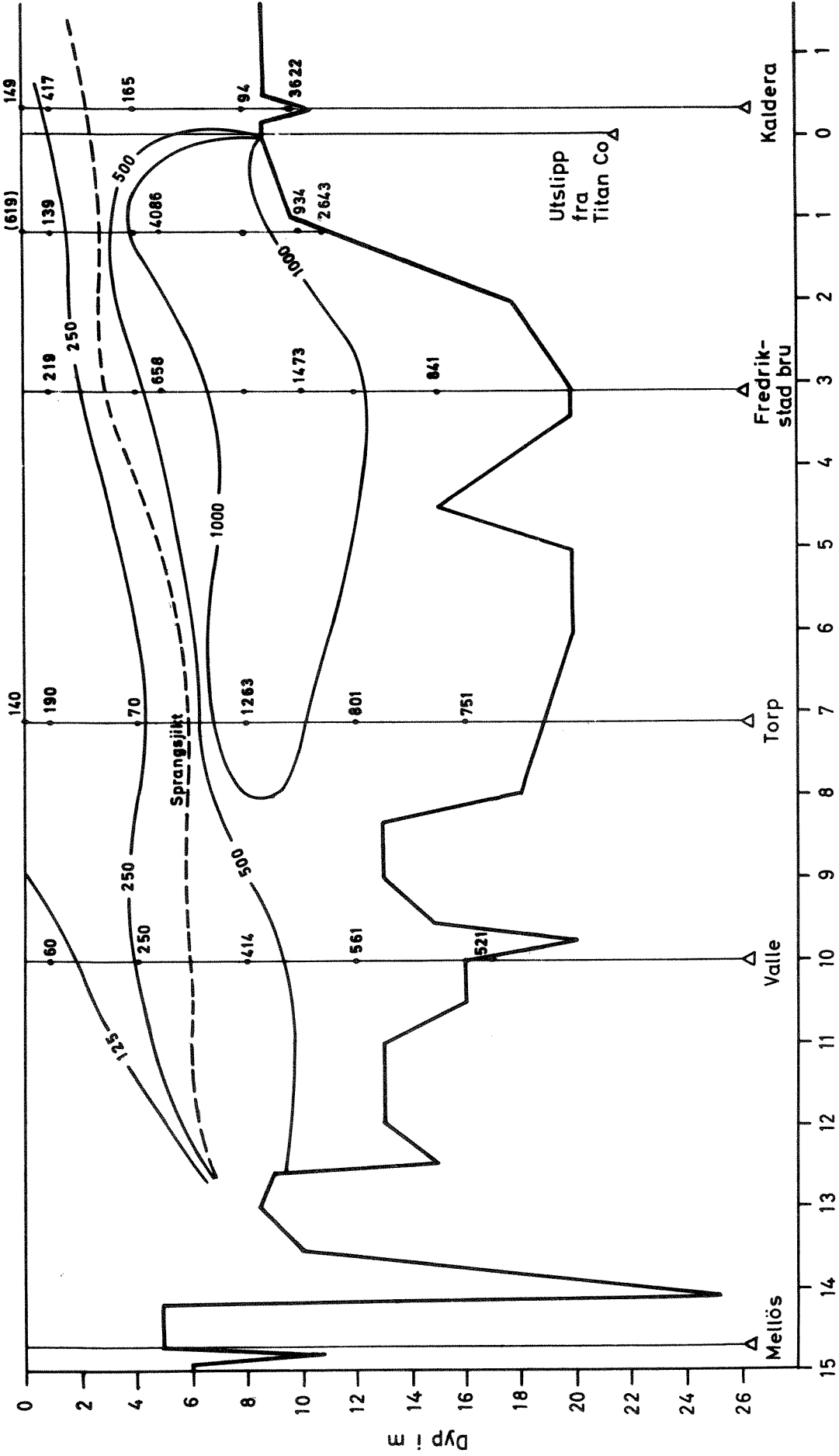
Skjematisk bunnprofil av Glåma

Mellös - Kaldera

Tokt 2.10.68

V.f: 378 m³/s

Inntegnede jernkons. i µg/l



Avstand i km fra utslipp

Fig. 5

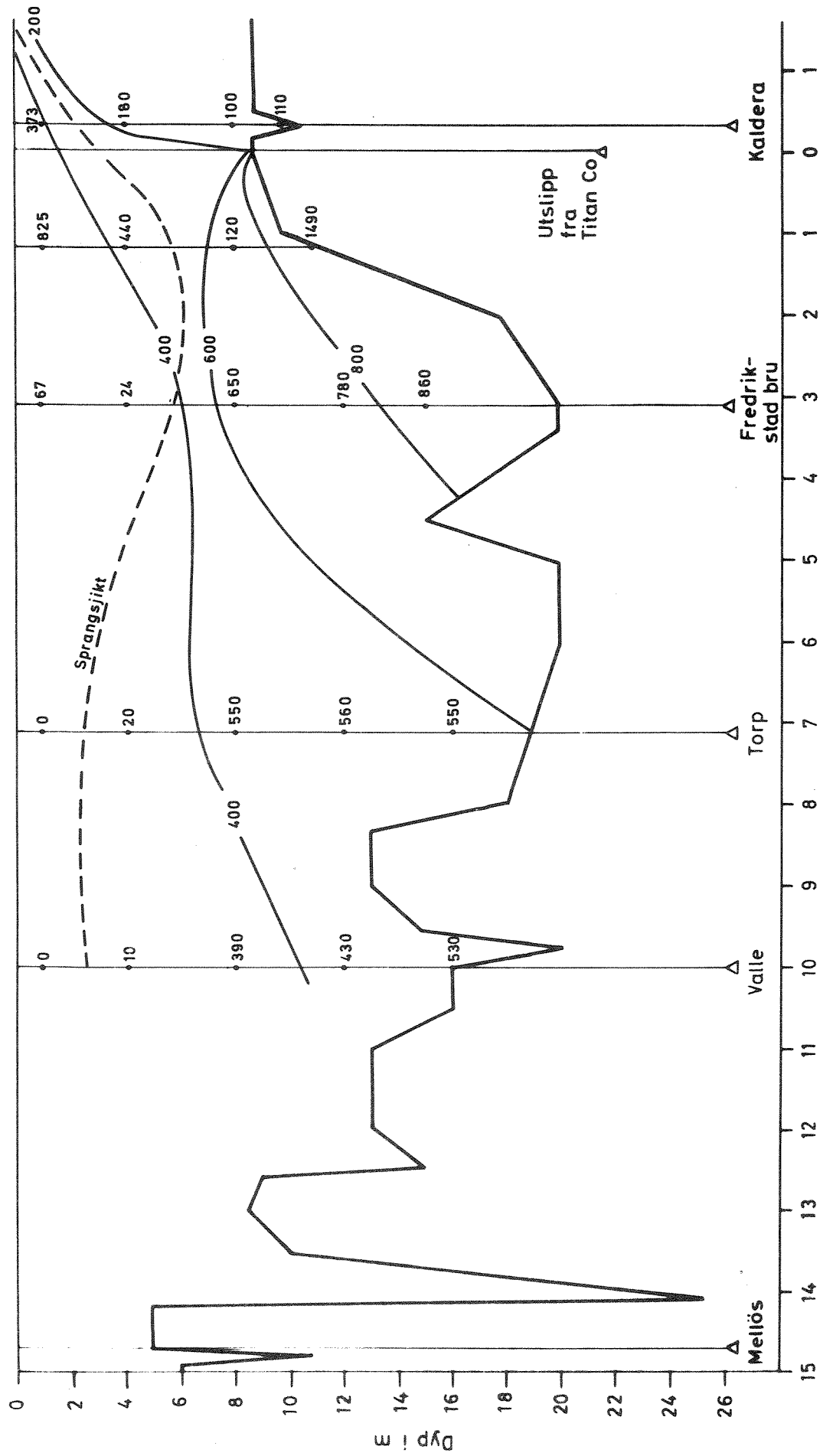
O-229 Titan Co
 Skjematisk bunnprofil av Glåma

Tokt 15.11.1968

V.f: 383 m³/s

Mellös - Kaldera

Inntegnede jernkons. i µg/l



Avstand i km fra utslipp

Fig. 6

O-229 Titan Co
 Skjematisk bunnprofil av Glåma
 Mellös - Kaldera

Tokt 20.11.68

V.f: 383 m³/s

Inntegnede jernkons. i µg/l

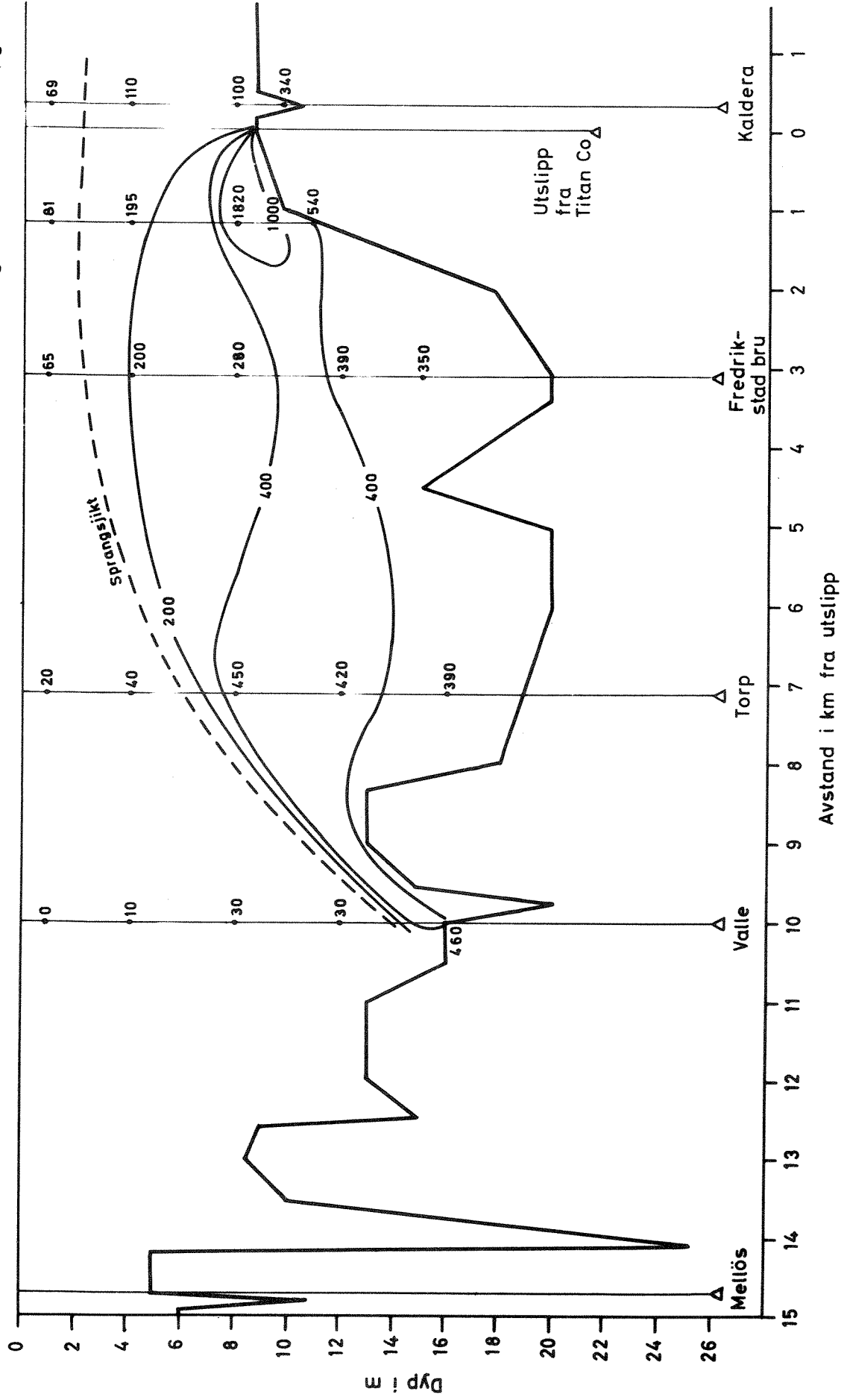


Fig.7

O-229 Titan Co
 Mellös - Kaldera

Tokt 28.11.68
 V.f: 425 m³/s

Inntegnede jernkons. i µg/l

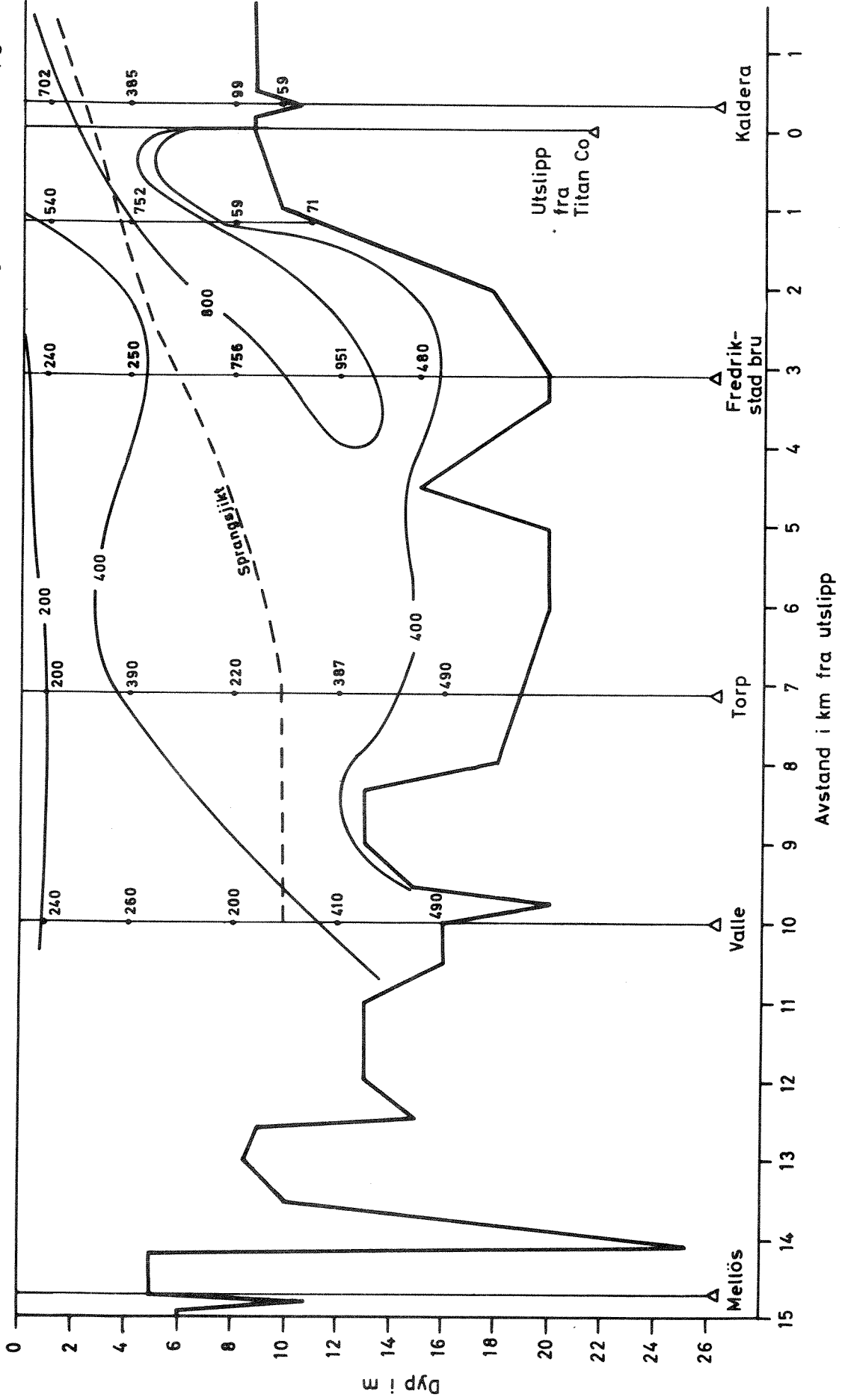


Fig. 8

O-229 Titan Co

Skjematisk bunnprofil av Glåma

Mellös - Kaldera

Tokt 12.12.68

V.f: 418 m³/s

Inntegnede jernkons. i µg/l

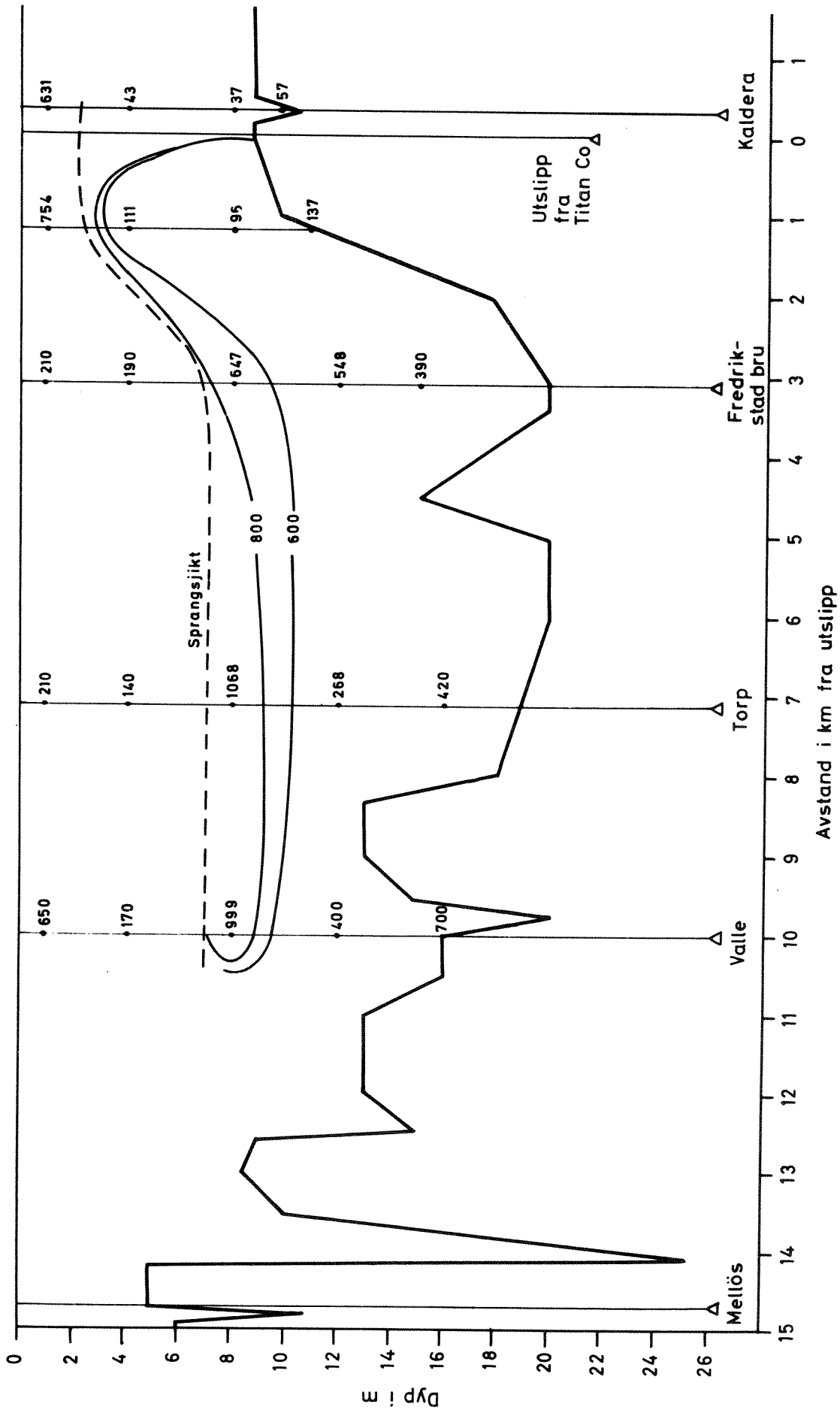


Fig.9