Iskontoret
ved NVE, Hydr. avd.

OM ISENS BETYDNING FOR VINTERAVLØPET

Innhold:

		Side:
1.	Vannstandsvariasjoner og strömforhold.	1
2.	Isoppstuing.	4
3.	Isreduksjoner.	11
4.	Vanntap p.g.a. isproduksjon.	17

Oslo, april 1961.

1. Vannstandsvariasjoner og strömforhold.

Strömhastigheten i en isfri elv avhenger ikke bare av vassföring, men i höy grad også av elvas tverrprofil og fall, elvebunnens beskaffenhet o.a. Norske elver veksler meget mellom trange og bredere partier, med forskjellige fall- og dybdeforhold og derav følgende varierende strömhastighet.

Vassdragsvesenet foretar direkte målinger av strömhastigheten ved de faste avlöpsmerkene i vassdragene våre. I årenes löp er det ved ca 800 avlöpsmerker foretatt ca. 27 000 vassföringsmålinger. Av disse er ca 2/3 foretatt i isfri elv og 1/3 om vinteren. Målingene gir verdifullt materiale om strömfordeling i avlöpstversnittet, på hvilken måte strömhastigheten tiltar hvis vassföringen öker og flere andre opplysninger for bedömmelse av isforhold og vannstandsvariasjoner om vinteren.

Målingene viser at hvis vassföringen öker til det flerdobbelte vil ikke strömhastigheten tilta på langt nær i samme forhold. Som eksempel viser fig. 1[1] for Setermoen Vm i Barduelv at hvis vassföringen öker fra 10 m³/sek til 50 m³/sek vil midlere strömhastigheten bare tilta fra 0,55 m/sek til 0,9 m/sek.

På fig. 1[2] er vist et annet eksempel fra Otta ved Lalm. Öker vassföringen fra 10 m³/sek til 50 m³/sek, vil maksimal strömhastighet tilta fra ca 0,5 m/sek til 1,3 m/sek. Regnes $V_m = 0{,}8 \cdot V_{max}$, fåes de tilsvarende midlere strömhastigheter 0,4 og 1,0 m/sek. Som en ser er forholdet mellom ökningen i vassföring og midlere strömhastighet noenlunde det samme begge steder.

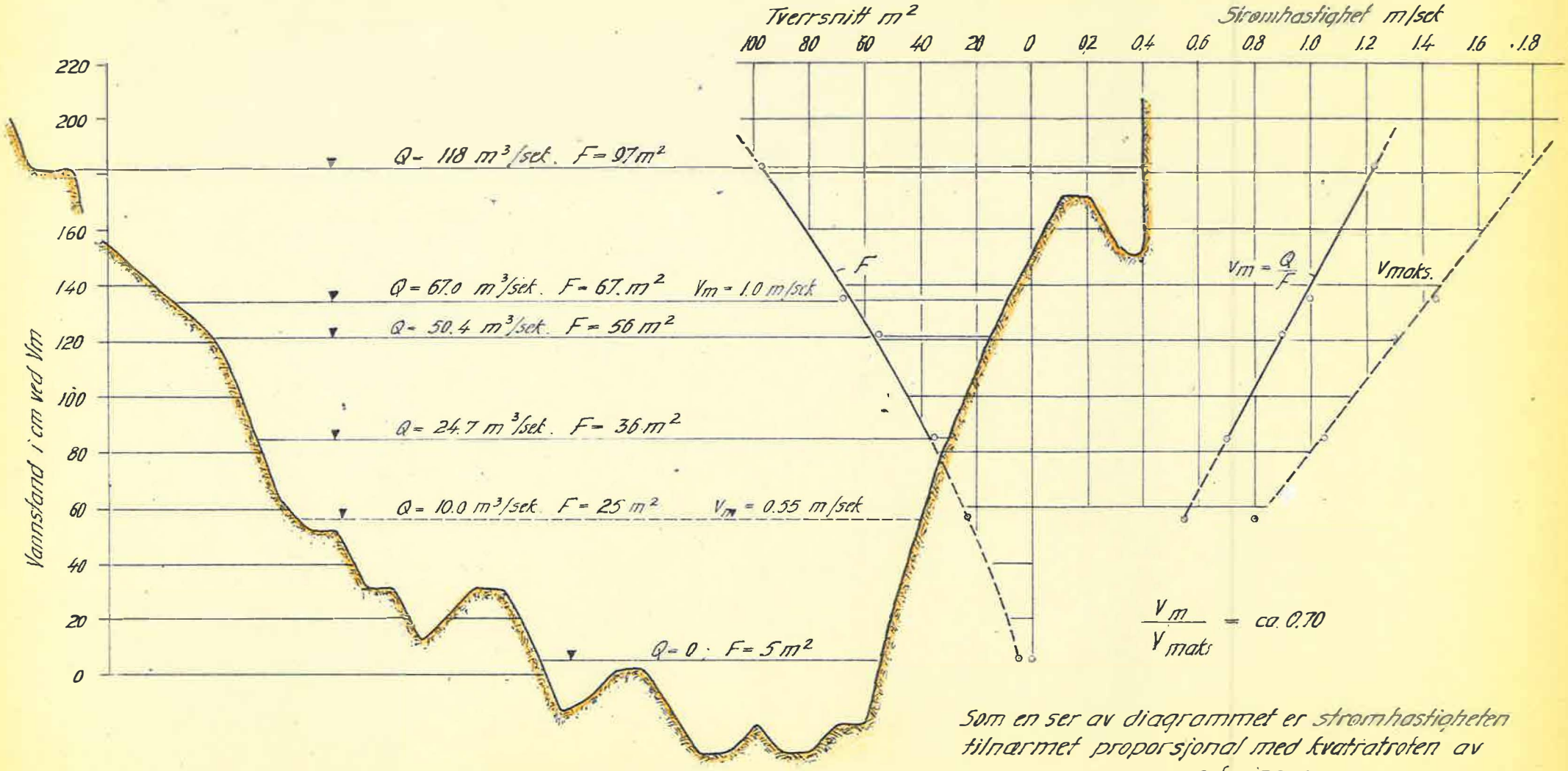
NVE. Hydr. avd.

Fig. 1

BARDUELV ved SETERMOEN

Sammenheng mellom VASSFØRING, TVERRSNITT og STRØMHASTIGHET

etter målinger i isfri elv ca 100 m nedf Vm



Som en ser av diagrammet er strømhastigheten tilnærmet proporsjonal med kvadratroten av vassføringen

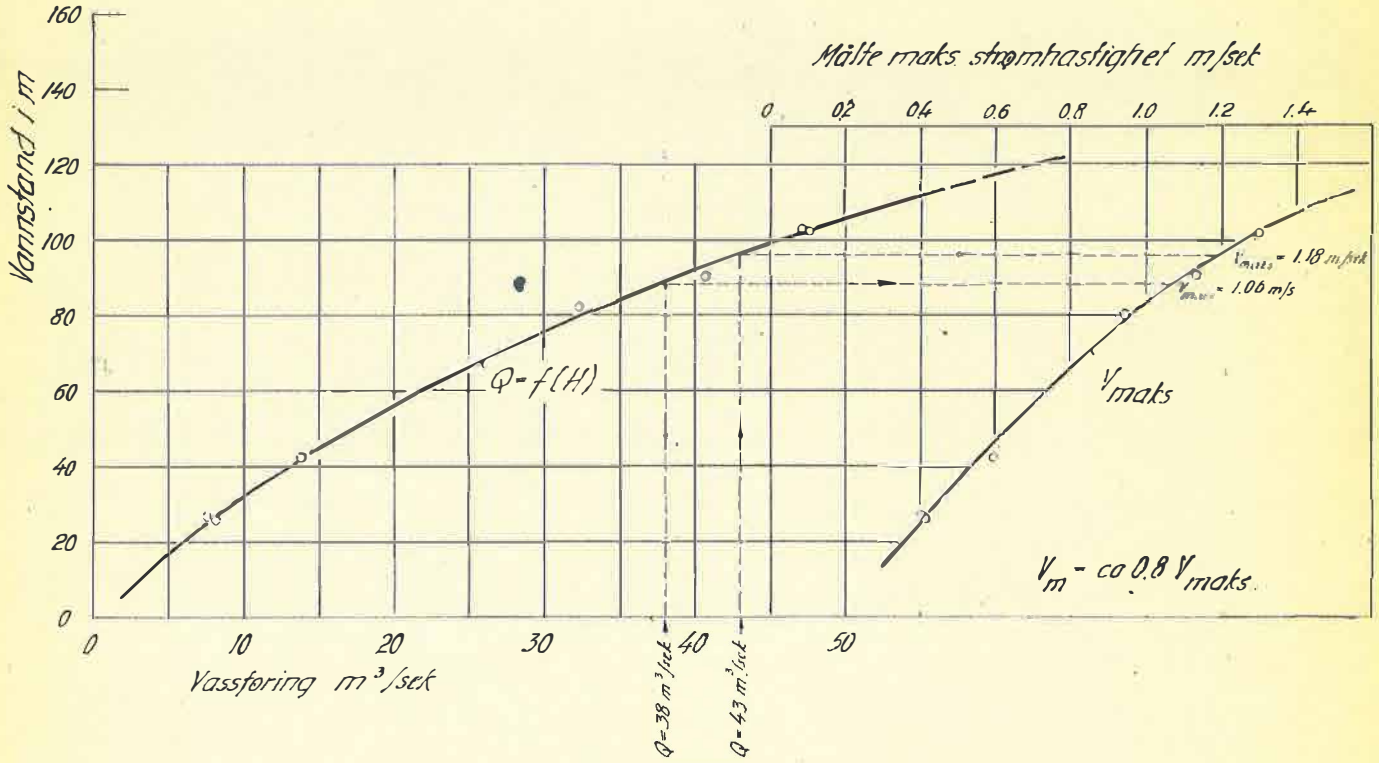
($V_m = 0.125 \sqrt{Q}$)

OTTA ved LALM

Sammenheng mellom

VANNSTAND, VASSFØRING og STRØMHASTIGHET

i isfri elv ca 30-50 m ndf. Lalm bru



2. I s o p p s t u i n g .

Hvis elva islegges helt eller delvis forandrer forholdene seg mye. Avkjölingen av vannmassene förer til isdannelse som igjen gir ökt friksjon og strömhastigheten avtar. Dette krever da at tverrsnittet blir större, dvs. under uforandret vassföring vil en elv islegges på höyere vannstand enn den som isfri elv har ved samme vassföring.

Et eksempel fra Barduelv ved Setermoen Vm er vist på fig.2[1].

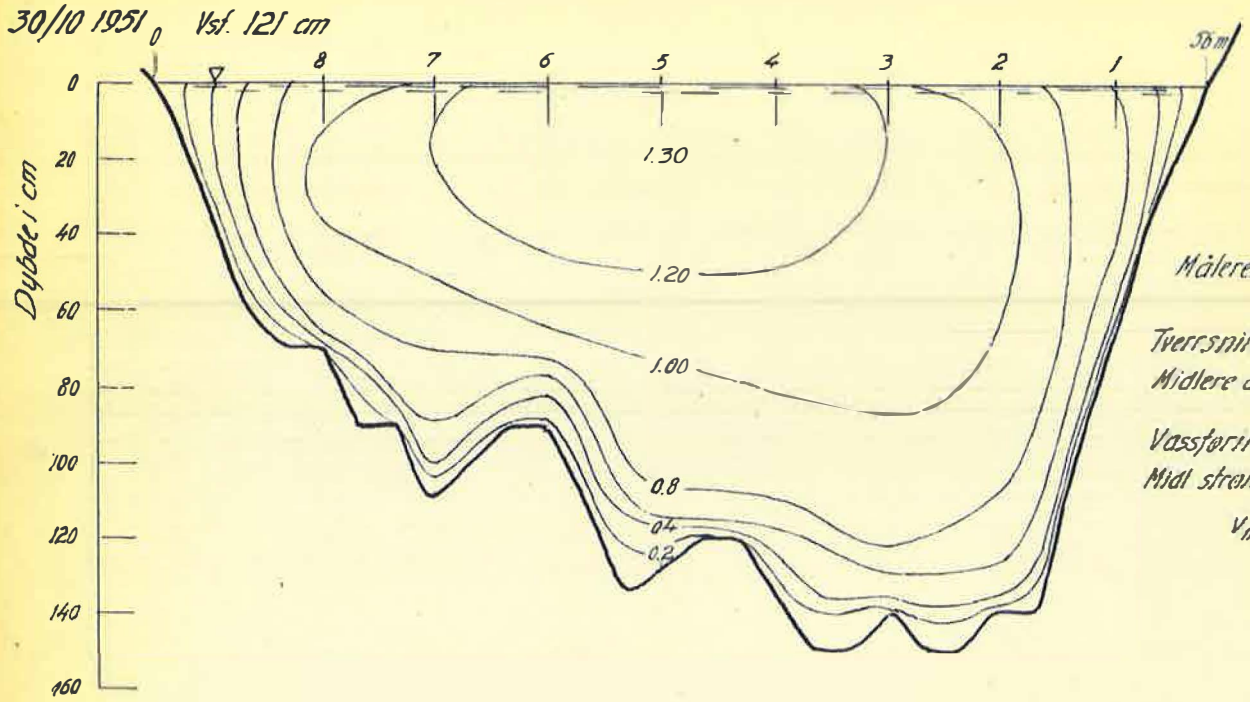
Som tegningen viser ble det 30/10 1950 ved v.st. 121 cm målt en vassföring på Q = 50,4 m³/sek. Isleggingen foregikk et par dager senere og en måling den 10/11 1950 viser at vassföringen var bare 18,7 m³/sek, mens vannstanden var steget til 156 cm, dvs. en betydelig isoppstuing. Avlöpstverrsnittet var i höy grad innsnevret av sarr. Bare 20 % av den vassföringen som tidligere hadde vært i elva uten is ble fört gjennom.

På fig. 2[2] er det vist eksempler av vassföringsmålinger i Namsen ved Björnstad. Da målingen 15/2 1944 foregikk var isforholdene enda ikke stabilisert. Strömdraget gikk åpent mellom strandisbremmene, og nedenfor målestedet var det mye sarr og bunnis i elveleiet. Oppstuingen var da også ganske betydelig. De to andre målingene, 28/2 1948 og 23/2 1949, ble foretatt i islagt elv, og isforholdene hadde stabilisert seg bedre. I alt viser målingene at isforholdene kan være svært variable til forskjellige tider av vinteren ved ett og samme målested (Vm.).

Etter de foreliggende erfaringer er den kritiske strömhastighet ved islegging ca 0,6 m/sek. Flytende sarr og drivis vil ved hastigheten som er större enn denne ikke lenger kunne feste seg til strandkantene og heller ikke stoppe mot isfronten, men dukke under isdekket til de blir avleiret på nedenfor liggende strök i kulper eller stille elvepartier.

VASSFØRINGSMÅLINGER i BARDUELV ved SETERMOEN

Målested : ca 100 m ndf. vannmerket.



Måleresultatene :

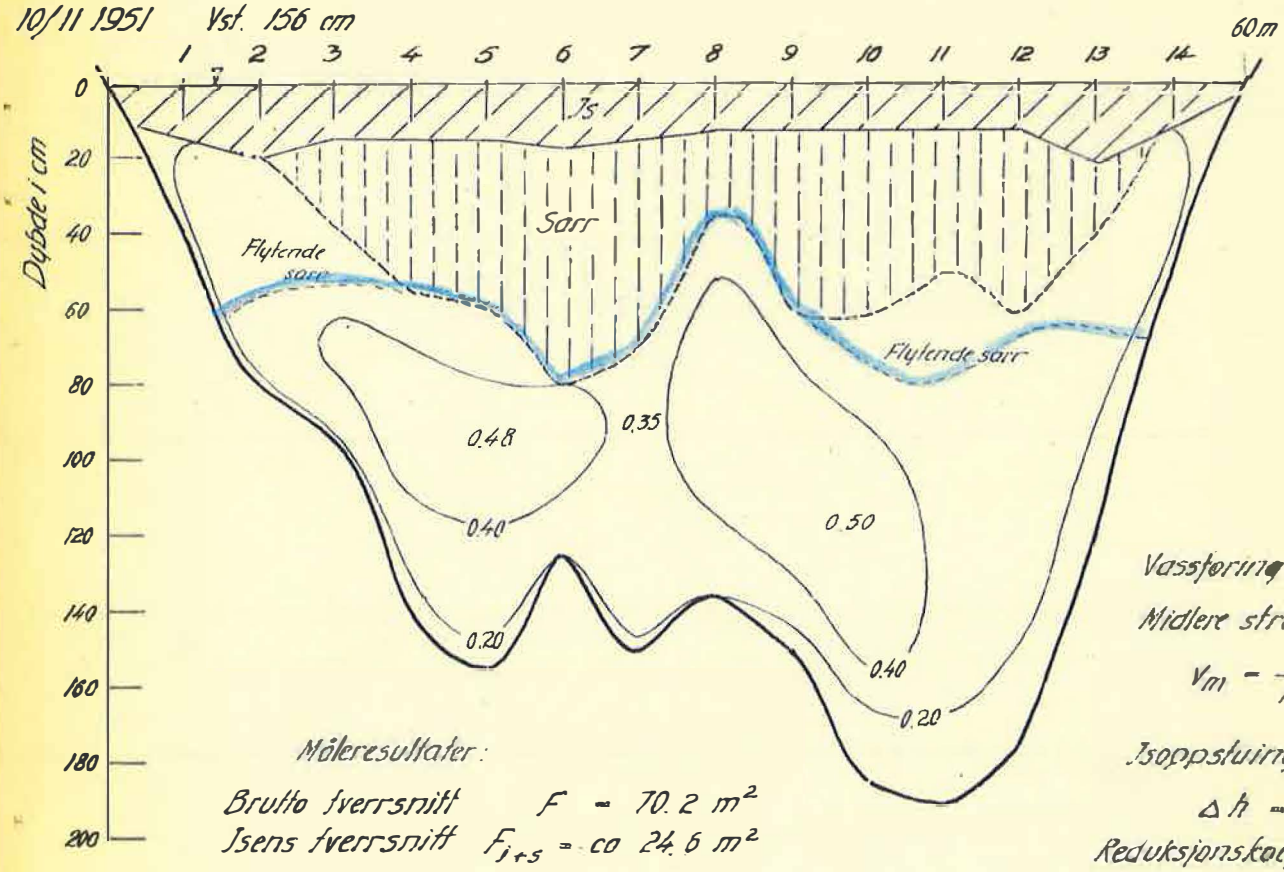
Tverrsnitt $F = 56\ m^2$

Midlere dybde $h = \frac{F}{B} = 1.0\ m$

Vassføring $Q_s = 50.4\ m^3/sek$

Midl strømhastighet

$v_m = \frac{Q}{F} = 0.90\ m/sek$



Måleresultater :

Brutto tverrsnitt	F	$= 70.2\ m^2$
Isens tverrsnitt	F_{i+s}	$= ca\ 24.6\ m^2$
Midlere dybde		$1.17\ m$
Midlere isdyp		$0.41\ m$

Vassføring $Q_v = 18.7\ m^3/sek$

Midlere strømhastighet

$v_m = \frac{Q}{F - F_{i+s}} = 0.40\ m/sek$

Isoppstuing ved v_m

$\Delta h = 75\ cm$

Reduksjonskoeff. $k = \frac{Q_v}{Q_s} = 0.20$

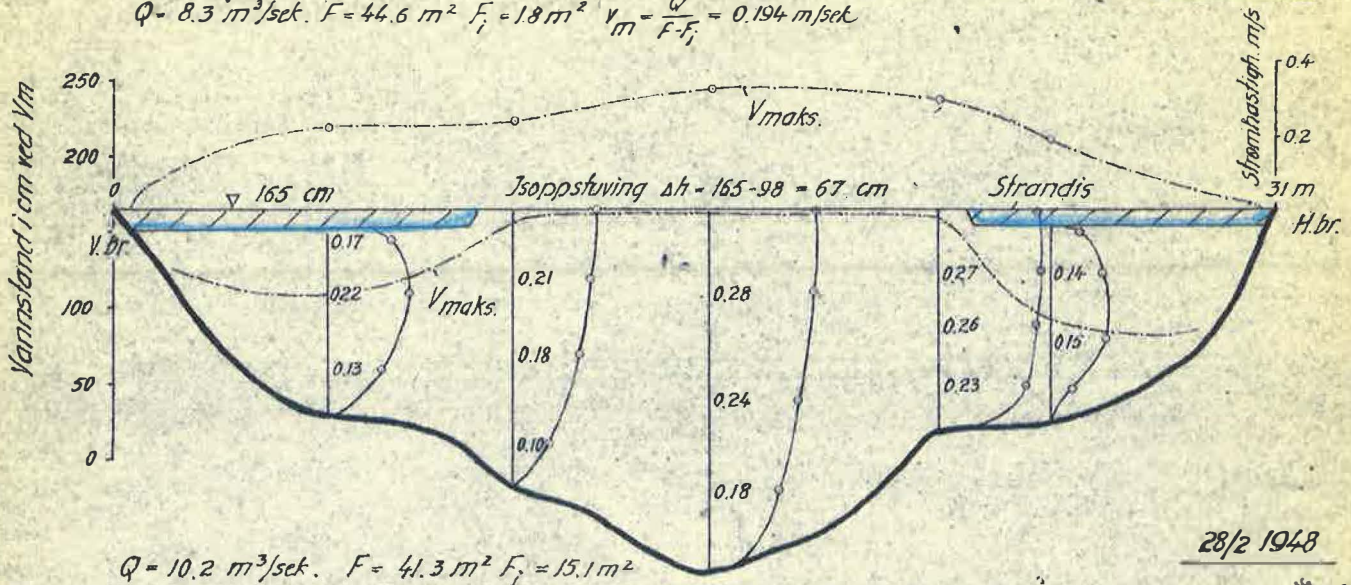
Fig. 22

NAMSEN ved BJØRNSTAD Vm — STRØMHASTIGHETSMÅLINGER

Måleresultater:

15/2 1944

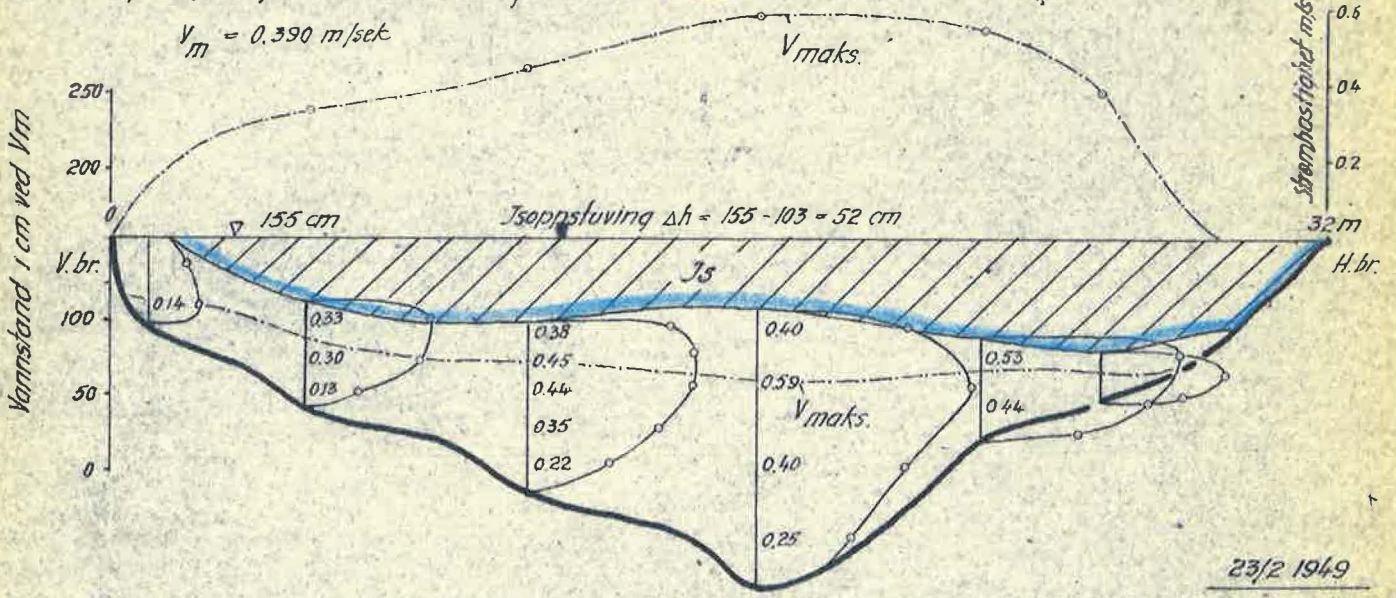
$Q = 8.3\ m^3/sek.\ \ F = 44.6\ m^2\ \ F_i = 1.8\ m^2\ \ V_m = \frac{Q}{F - F_i} = 0.194\ m/sek$



28/2 1948

$Q = 10.2\ m^3/sek.\ \ F = 41.3\ m^2\ \ F_i = 15.1\ m^2$

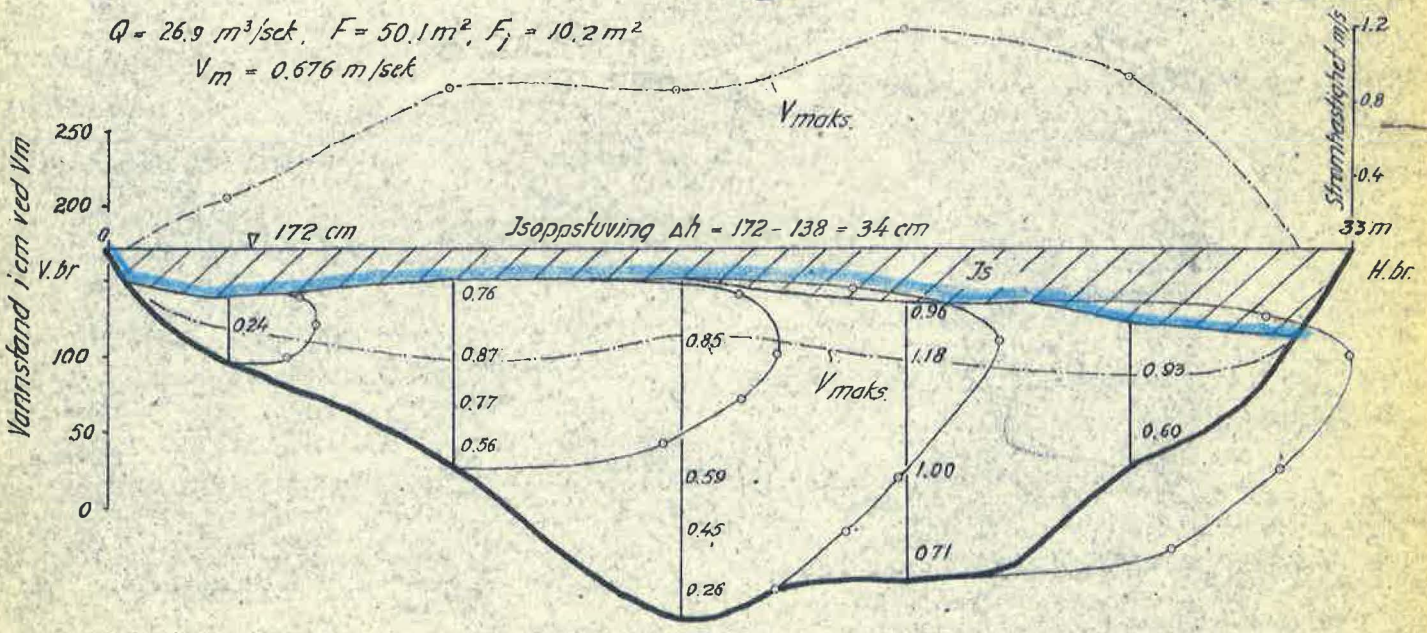
$V_m = 0.390\ m/sek$



23/2 1949

$Q = 26.9\ m^3/sek.\ \ F = 50.1\ m^2\ \ F_i = 10.2\ m^2$

$V_m = 0.676\ m/sek$



Eksempelvis kan nevnes Nea som har et fall på vel 110 m på en ca 30 km lang strekning mellom Hilmo og Moslet bru. Med en vassföring på 50 m^3/sek er isleggingen i höy grad vanskeliggjort. Elva går åpen under kuldeperioder og isproduksjon i form av sarr og bunnis er meget stor. Drivende sarr blir fört nedover og avleiret under isdekket på den nedenforliggende strekning hvor strömhastigheten er mindre. På fig. 2^3 er vist isoppstuing ved Stokkhölen Vm. og på fig. 2^4 en oversiktsplan og lengdeprofil over nedre del av Nea hvor det er inntegnet isoppstuing og de oversvömte områder vinteren 1956-57.

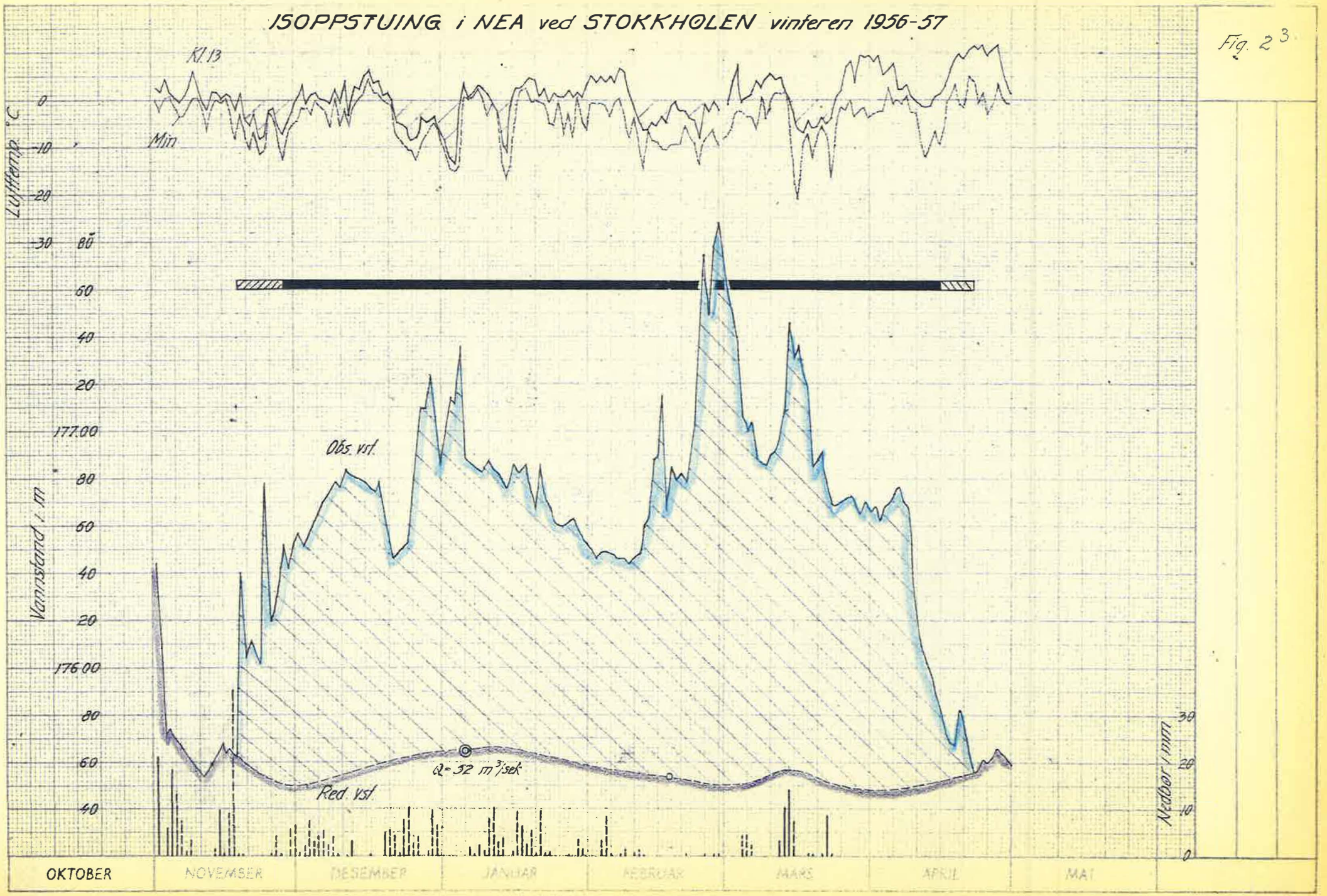
Oppsamling av sarr under isen er en prosess som likner avsetning av grus og sand i elvelöpet. Större sarransamlinger kan forandre vannets löp så meget at strömfordelingen i tverrsnittet blir helt annerledes enn i isfri elv. På fig. 2^5 er vist et eksempel på strömfordelingen i Nea ved Gjelbakken.

Sarransamlinger under isen er som regel årsak til oppvatning, råkdannelse i strömfaret og kan gi ökt erosjon i elvemæl og andre jordskader.

NVE Hydrologisk avd.

ISOPPSTUING i NEA ved STOKKHOLEN vinteren 1956-57

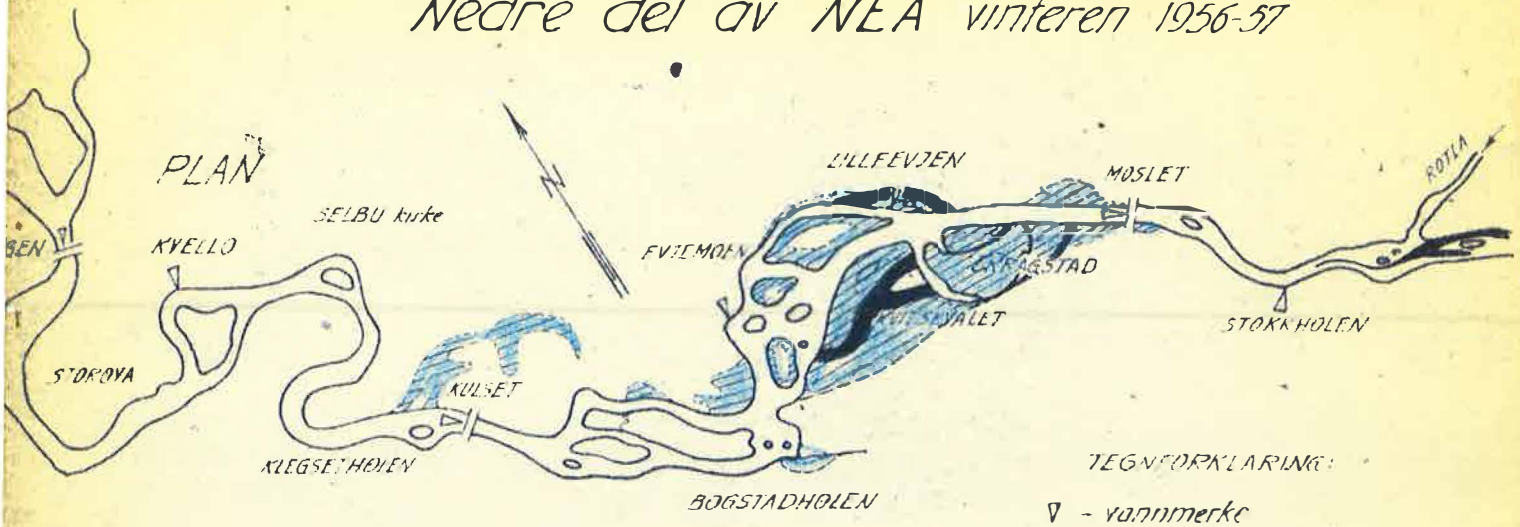
Fig. 23



Statens Reproduksjonsanstalt 1955 2000 eks
5.55.54.

Fig 24.

Nedre del av NEA vinteren 1956-57



LENGDEPROFIL

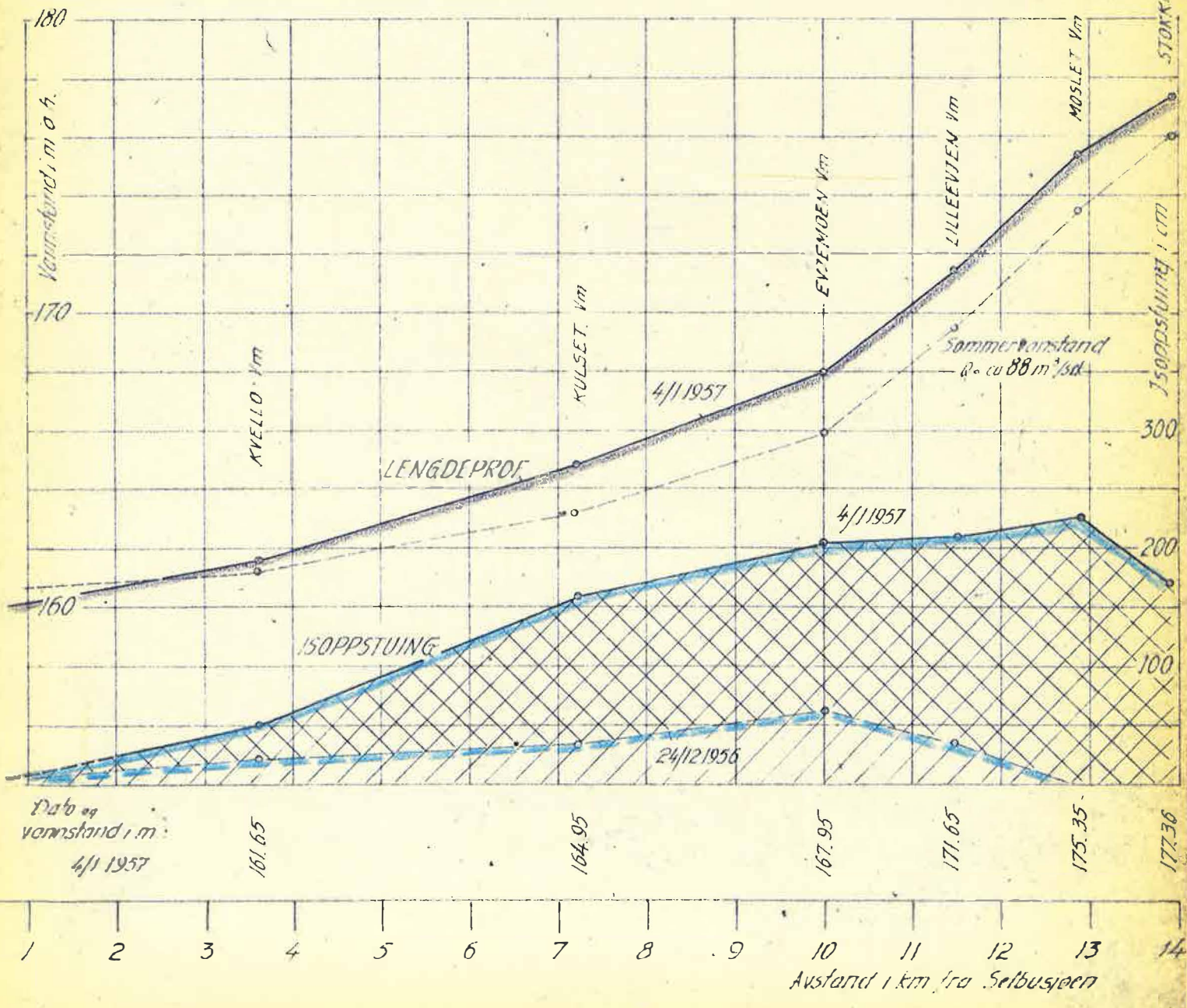
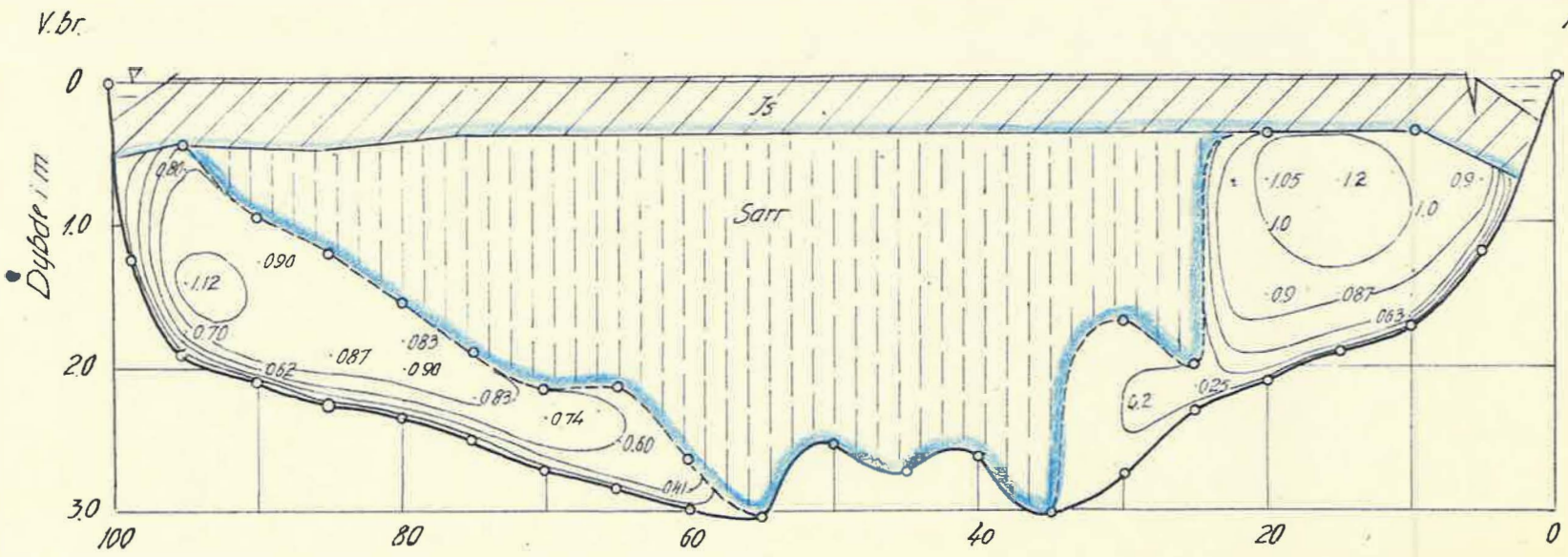


Fig. 25.

ISMÅLINGER i NEA ved GJELBAKKEN 9/1 1957



Måleresultater $F = 230\ m^2$ $Q = 58.1\ m^3/sek$

F_{i+s} i vann = $160\ m^2$

3. I s r e d u k s j o n e r .

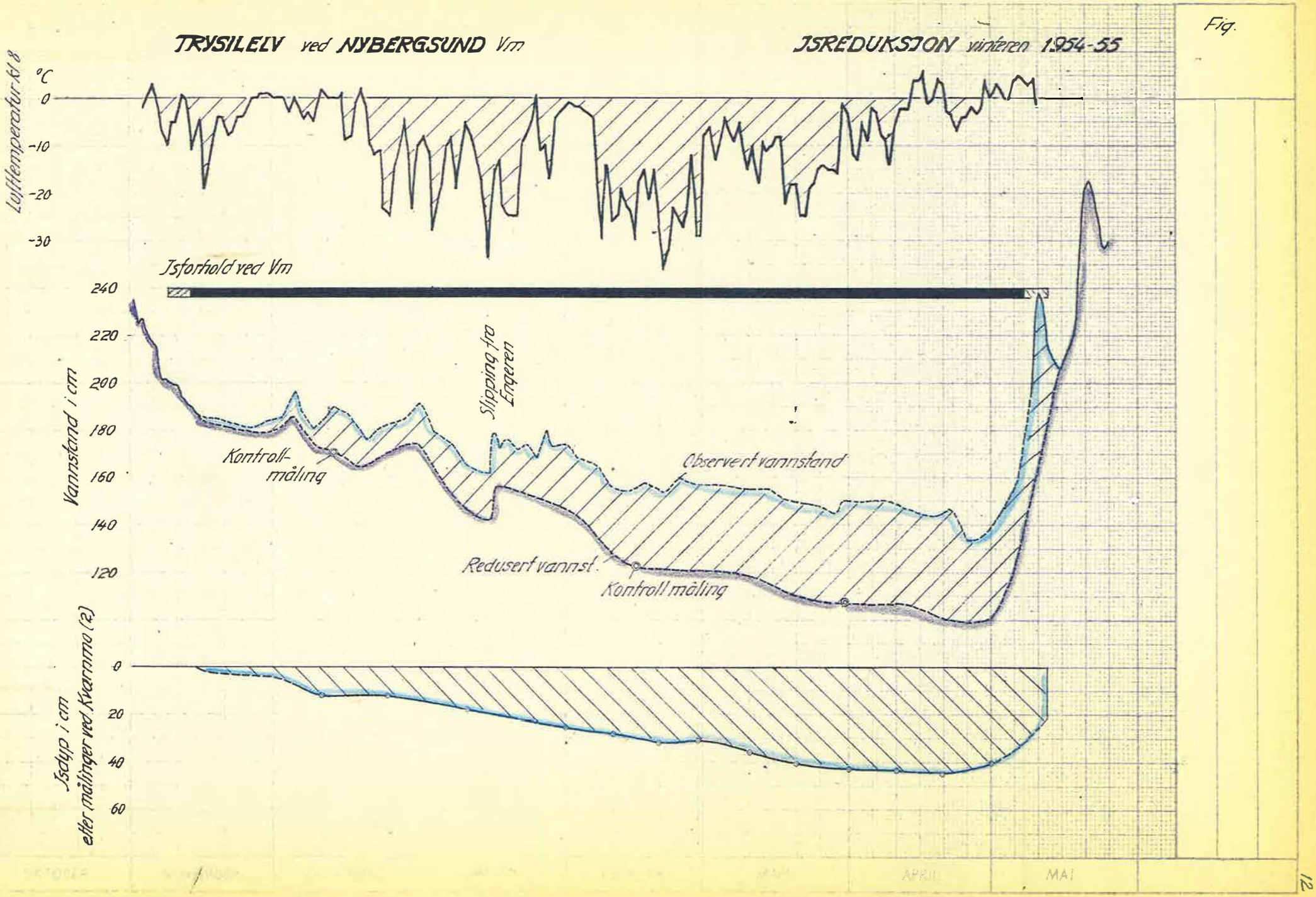
Isen forårsaker store ulemper også for de hydrologiske observasjoner i vassdragene våre, og medförer omstendelige og kostbare vintermålinger ute i distriktene, likesom kontorbehandlingen av det innsamlede observasjonsmaterialet blir vanskeliggjort i höy grad. For avlöpsberegninger om vinteren må en söke å få vannstanden redusert til sitt rette nivå ved hjelp av spesielle isreduksjoner.

Vassdragene våre er satt sammen av större eller mindre sjöer, rolige elvepartier og strykpartier. Om vinteren fungerer sjöene og de dype elvepartiene ikke bare som vannmagasiner, men også som varme-magasiner, mens de grunne sjöene og elvepartiene gir en tildels sterk avkjöling av vannmassene. Vannet forlater en innsjö vanligvis med en temperatur til dels betydelig over $0^{\circ}C$. Ved vannmerker som er plassert i nærheten av utlöpet av slike sjöer faller da isreduksjonen bort, siden isproduksjonen i elva og derpå följende oppstuing, ikke begynner för nedenfor vannmerkenes bestemmende profil.

Er vannmerket plassert i selve sjöen eller umiddelbart nedenfor utlöpet vil $\frac{\Delta H}{\Delta Q}$ være forholdsvis liten, dvs. vassföringskurven vil ha et nokså "slakt forlöp". Dette er ikke så heldig for behandlingen av de hydrologiske data. For å få en steilere kurve, altså økt $\frac{\Delta H}{\Delta Q}$, kunne vannmerket bedre plasseres i en betydelig mindre kulp nedenfor utlöpet av sjöen. I en slik vil nemlig vannstandsvariasjonene være störrè ved en endring i vassföringen enn i sjöen ovenfor.

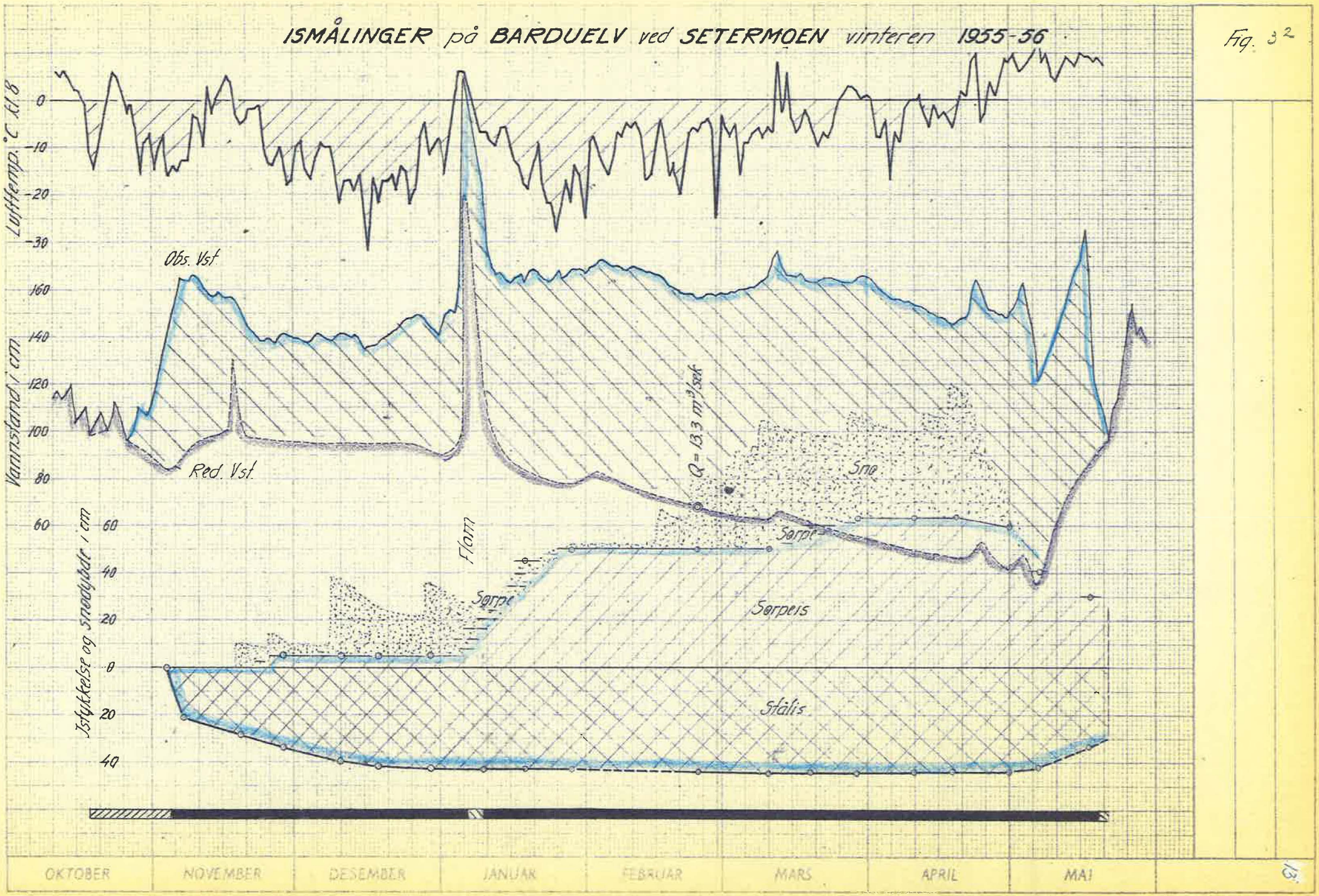
Forutsetningen er da imidlertid at denne kulpen ikke ligger lenger nedenfor selve sjöen enn at vannet herfra enda har en temperatur noe over $0^{\circ}C$.

Fig.


TRYSILELV ved NYBERGSUND Vm
ISREDUKSJON vinteren 1954-55
Lufttemperatur °C
0
-10
-20
-30
Isforhold ved Vm
Vannstand i cm
240
220
200
180
160
140
120
Kontroll-
måling
Sliping av
isdekket
Observert vannstand
Redusert vannst.
Kontroll måling
Isdyp i cm
etter målinger ved Kvarnmo (2)
0
20
40
60
APRIL
MAI

ISMÅLINGER på BARDUELV ved SETERMOEN vinteren 1955-56

Fig. 32



På elvepartier med svakt fall, hvor det tidlig på vinteren blir dannet jevnt isdekke, er oppstuing av vannstanden tilnærmet lik istykkelsen, dvs. at dybden målt fra isens underkant er omtrent lik vannstanden om sommeren ved samme vassföring. Et eksempel på en slik isreduksjon i Trysilelv ved Nybergsund er vist på fig. 3^1.

På elvestrekninger som islegges ved sammenpakning av drivis og sarr, men hvor isdekket utover vinteren stabiliseres til et fast isdekke uten sarr under, kan en etter at stabiliseringen er inntrått, bruke samme reduksjon som ovenfor (Se fig. 3^2 og 2^2de siste to tegninger.)

På strekningen hvor fallet er såpass stort at elva islegges under sammenpakning av drivis, dannelse av isdammer, oversvömmelse av strandisen og påfölgende frysing m.v. er isoppstuingen svært variabel. For å redusere vannstanden i slike tilfeller er det nödvendig å foreta flere direkte vassföringsmålinger vinteren igjennom. Har en tilstrekkelig med målinger kan en foreta reduksjonen etter $H = H_v - \Delta h$ (etter Stouts metode) eller etter Kolupailas forslag med hjelp av en k-kurve = $\frac{Q_v}{Q_s}$, hvor Q_v er målt vassföring og Q_s er vassföring etter avlest vannstand. En sammenlikning med vannstanden ved et annet, nærliggende vannmerke i samme eller et nabo-vassdrag, hvor det ikke er isoppstuing, kan være til god hjelp. Likeledes kan oppgaver over slippingen fra ovenforliggende magasin være til stötte. Oppgaver over lufttemperatur og nedbör må også utnyttes. En slik kombinert målings- og sammenlikningsmetode viser seg å være det beste for isreduksjoner i sarrförende elver.

I flere elver, særlig på Vestlandet og kystströkene i Trönde-lag og Nordland eller på andre steder hvor vannmerket er plassert direkte på en fossekam, forekommer isoppstuing bare i kortere eller lengre kulde-perioder. Ved omslag til mildvær synker vannstanden som regel til sitt

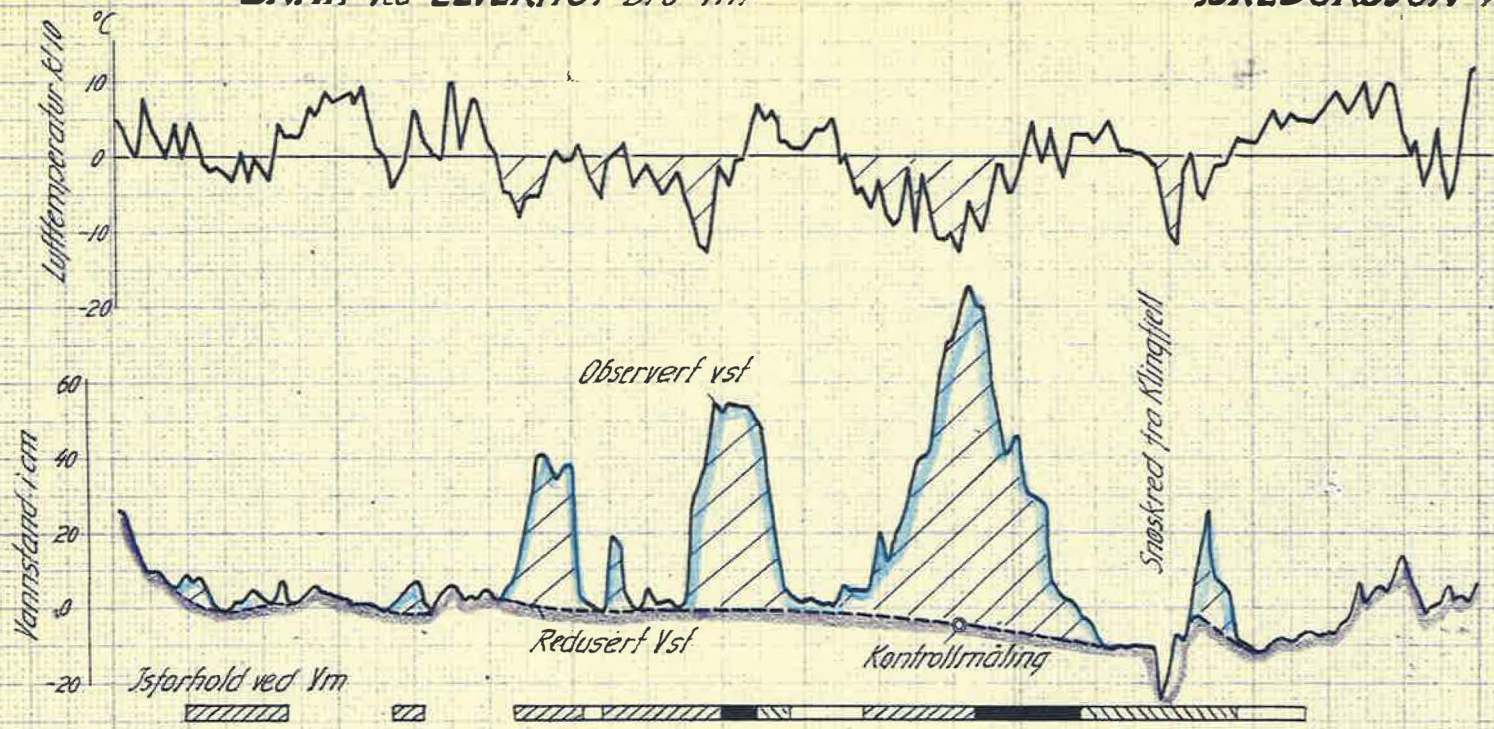
rette nivå. I slike tilfeller foretas isreduksjoner hovedsakelig etter m oppgaver over lufttemperatur og nedbör. Et eksempel på en slik isreduksjon i Driva ved Elverhöy Vm er vist på fig. 3[3].

Sammenfattende kan en si at isoppstuingen i våre elver er en såpass uregelmessig prosess at vi enda ikke er kommet fram til en måte som tilfredsstiller våre krav. En mer omfattende vurdering av foretatte vintermålinger kan ofte gi gode holdepunkter når det gjelder valg av reduksjonsmetoder.

Fig.

DRIVA ved **ELVERHOI** bru Vm

ISREDUKSJON vinteren 1954-55



OKTOBER	NOVEMBER	DESEMBER	JANUAR	FEBRUAR	MARS	APRIL	MAI

91

Statens Reproduktjonsanstalt 1955 5000 ark 5249/55

4. Vanntap på grunn av isproduksjon.

Selve vassföringsmålingene kan om vinteren by på visse vanskeligheter, særlig kan sarr og drivis virke forstyrrende. Likevel er det ting som tyder på at uoverensstemmelser i vassföringer målt på forskjellige steder ikke alltid kommer av unöyaktige og feilaktige målinger. Et eksempel som tyder på dette er bl.a. målinger i Namsen i midten av februar 1954.

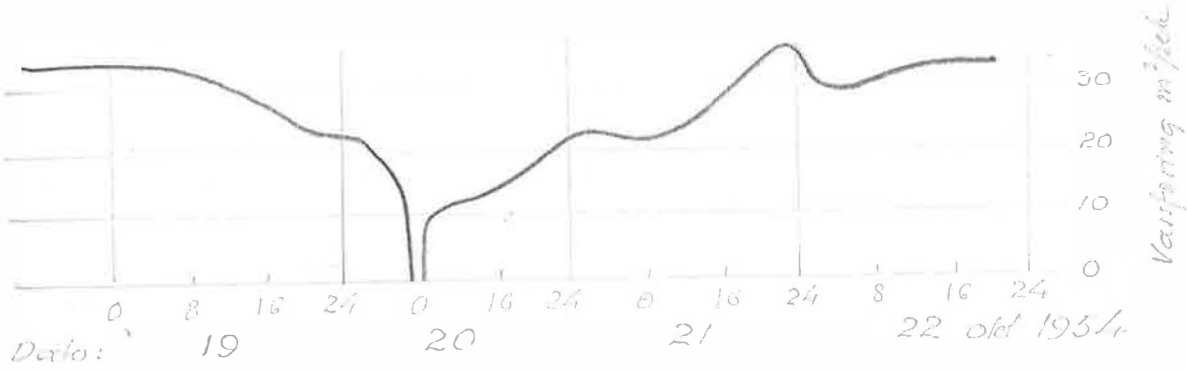
Björnstad avlöpsmerke ligger ca 22 km ndf. Namsvatn. Etter opplysninger fra damvokteren ble det fra magasinet sluppet ca 50 m^3/sek. Måling like ndf. dammen noen dager tidligere hadde vist god overensstemmelse med damvokterens opplysninger. Målingene ved Björnstad, som ble utfört med samme strömmåler, viste en vassföring på bare 42 m^3/sek. Elva ved målestedet var delvis islagt og under målingen flöt det fullt med sarr forbi. (Lufttemp. ca. -15°C.) Også elvebunnen var for det meste dekket av et bunnislag, og store klumper av dette lösnet stadig.

Undersökelser i flere andre regulerte vassdrag viser at under sterke kuldeperioder vil en god del av vannet lagres opp som is. Fölgen herav er at vassföringen hurtig avtar i betraktelig grad. T.eks. i nedre del av Glomma-vassdraget, hvor den regulerte vintervassföring er ca 300 m^3/sek kan den disponible vassföringen synke ned til 200 m^3/sek p.g.a. sterk isproduksjon i vassdraget ovenfor. I Numedalslågen hvor den regulerte vintervassföring er ca 40-50 m^3/sek, kan tilsiget til Labro og Vittingfoss kraftstasjon synke ned til 30 m^3/sek i isleggingstiden.

Dette fenomen forårsaker selvsagt visse vanskeligheter for kraftproduksjonen.

Under sterk kjöving kan tillöpet til nedenforliggende kraftverk eller vannverk avta katastrofalt.

Fölgende diagram viser tillöpet ved Bardufoss kraftverk under sterk isproduksjon 19 - 22. oktober 1954.



I et slikt tilfelle har det heller ingen hensikt å pröve å redde driften ved tapping fra ovenforliggende magasiner, da vannmassene allikevel ikke kommer fram.