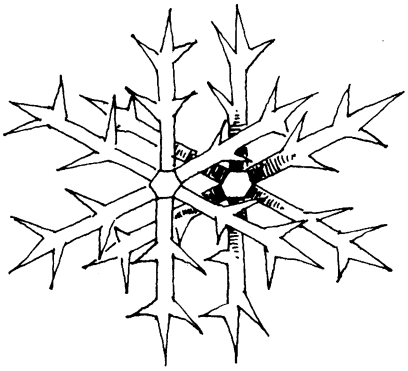
Endringer i temperatur- og isforhold i Byglandsfjord

En vurdering av reguleringers innvirkning

utarbeidet av Edvigs V. Kanavin



Oslo, okt. 1975

Edvigs V. Kanavin

Endringer i temperatur- og isforhold i Byglandsfjord som følge av de foretatte og ytterligere planlagte reguleringer og utbygninger i Øvre Otra

Innhold Side

FORORD 1

1. LITT GENERELT OM REGULERINGENS INNVIRKNING OM VINTEREN 2

   a. På meteorologiske forhold
   b. På hydrologiske forhold

2. EN VURDERING AV DE SENERE REGULERINGERS INNVIRKNING PÅ VINTERFORHOLDENE I BYGLANDSFJORD 4

   a. Forholdene før Brokke kraftverk ble tatt i bruk 4
   b. Nåværende forhold 6
   c. Mulige forandringer i temperatur- og isforhold etter ytterligere regulering av vassdraget ovenfor 9

3. MULIGHETER FOR ØKET VINTERTÅKE OG RIMDANNELSE p.g.a. MER ÅPENT VANN 12

SAMMENFATNING OG KONKLUSJON 13

Oslo, okt. 1975

FORORD

Denne betenkning omfatter en vurdering av meteorologiske og hydrologiske forhold i Byglandsfjord med og uten de foretatte og planlagte reguleringer.

Uttalelsen er basert på en analysering og vurdering av observasjonsmaterialet som foreligger i Vassdragsvesenets arkiv og egne undersøkelser. Utdrag av dette materialet er utarbeidet av Iskontoret ved NVE, Hydrologiske avdeling og er tidligere lagt fram for skjønnet i tre rapporter, nemlig:

1. Hydrologiske forhold om vinteren i Byglandsfjord med vedlegg: Rapporter fra befaringer foretatt i 1965, Oslo, mars 1973 (i denne rapporten kalt VHI, 1)
2. Hydrologiske forhold i Byglandsfjord de 3 siste vintre. Kort oversikt over innsamlet observasjonsmateriale, Oslo mai 1974 og mai 1975 (i denne rapporten kalt VHI, 2).
3. Kort utredning om de endringer i temperatur- og isforhold i Otravassdraget som må ventes å oppstå som følge av de ytterlige planlagte reguleringene, særlig i Byglandsfjord og i hovedelva, utarbeidet etter anmodning fra NVE, Vassdragsavdelingen i januar 1973 (i denne rapporten kalt VHI, 3).

Oversiktene er supplert med korte orienteringer om fysikalske forutsetninger for varmeutveksling mellom vann og luft, om isdannelse, utvikling av isdekke, isens bæreevne og betingelser for tåke- og rimdannelse hvis vassdraget holder seg åpent.

Erfaringer fra reguleringens innvirkning under lignende forhold i andre vassdrag er tatt med.

1. LITT GENERELT OM REGULERINGERS INNVIRKNING

Temperatur- og isforhold i et vassdrag er, på den ene side, avhengig av rent klimatiske forhold, hovedsakelig av lufttemperatur, vindforhold, nedbør og andre meteorologiske faktorer, og på den annen side av rent hydrologiske forhold som vannstandsvariasjoner, gjennomstrømning, sjøers dybdeforhold o.a.

A. Meteorologiske vinterforhold

Værforhold og nedbør er avhengig av storstillte sirkulasjoner i atmosfæren. Disse kan ikke påvirkes merkbart av det forholdsvis begrensete inngrep i naturen som en vassdragsregulering vanligvis utgjør. Derimot kan lokalklimaet i umiddelbar nærhet av en innsjø eller en større elv bli påvirket i en begrenset utstrekning p.g.a. endret varmeutveksling mellom vann og luft f.eks. fra de elvepartier og delvis også deler av gjennomstrømte sjøer, som før reguleringen var årvisst islagt men som etter reguleringen holder seg for det meste åpne hele vinteren igjennom. Fra de isfrie strekninger er det noe lettere tilgang på fuktighet og dette kan muligens enkelte steder føre til øket tåke- og rimplager i nærheten.

Mer om de fysikalske forutsetninger for tåke- og rimdannelse, se VHI, 1, side 53-56.

En oversikt over meteorologiske forhold er gitt i samme hefte, side 5-16 og for de tre senere vintre innledningsvis i VHI, 2.

2. HYDROLOGISKE FORHOLD

De største forandringer som en regulering medfører er på de hydrologiske forhold, hovedsakelig p.g.a. vannstandsvariasjoner, øket vintervassføring og forandringer i is- og vanntemperaturforhold.

Vekslingen i vannstanden virker mest på isforholdene langs land. Disse kan skape visse ulemper for vintertrafikken: sprekkdannelse, oppvatning o.a., særlig langs brate skråninger. Risikoen er størst ved regulering som gir raskt vekslende vannstand og særlig når vannstanden stiger.

Vannmassene i en innsjø er stadig i bevegelse, selv om dette ikke alltid er

så lett å iaktta slik som bevegelser i luftmassene i atmosfæren er. Variasjoner i gjennomstrømningen i en innsjø virker på to måter: De lokale strømforhold blir påvirket, særlig der hvor det er ujevn bunn og strandlinje. For det annet vil det bli en forsterket hvirvling med øket vassføring som kan øke varmetilskuddet fra dypere vannlag om vinteren. Begge deler kan føre til usikre isområder og råkdannelser. Erfaringer viser at dype sjøer med jevne bunnforhold kan føre gjennom store vannmasser med forholdsvis høy temperatur (men lavere enn 4 ^{o}C) uten at isforholdene blir vesentlig påvirket. På de partiene av sjøen hvor tverrsnittet er vesentlig innsnevret vil en merkbar omrøring av vannlagene under isen finne sted, noe som bringer varme opp til overflaten og kan redusere isveksten eller tine allerede dannet is. Innløpsoset med sterk hvirvelbevegelse, er som regel åpent. I utløpet renner vannet mer strømlinjeformet og derfor er råken der vanligvis mindre.

Når sjøer om vinteren gjennomstrømmes av mer vann med temperatur nær 0 ^{o}C, kan det bli tidligere islegging og mektigere isdekke enn før reguleringen p.g.a. større stabilitet i vannlagene.

Værforholdene, særlig temperatur og nedbør, er avgjørende for isveksten, isens kvalitet og derved bæreevnen og trafikkmulighetene.

Vannmassene i våre innsjøer er homogene bare kort tid hver høst og vår, ved overgangen fra sommer- til vinterstagnasjon og videre til sommerstagnasjon. Stratifiseringen har sine sesongmessige variasjoner og er dessuten underkastet tilfeldige variasjoner p.g.a. vind og bølger. Erfaringer viser at under ellers like lufttemperaturforhold vil en innsjø kunne islegges tidligere ved stille og klart vær en ved urolig vær med mye vind.

Når isen har lagt seg på hele sjøen, vil temperaturfordelingen i vannet holde seg praktisk talt uforandret hele vinteren gjennom. Av dette går det frem at den oppmagasinerte varme i sjøen blir større etter en tidlig islegging.

En oversikt over avkjøling av vannmasser, likevekten i vannlagene, tilløps- og avløpsvannets temperatur, snøens innvirkning på istilveksten og gjennomstrømningens virkning på isforholdene i Byglandsfjord er nærmere omtalt i VHI, 1 i side 26-53.

2. EN VURDERING AV DE SENERE REGULERINGERS INNVIRKNING PÅ VINTERFORHOLDENE I BYGLANDSFJORD

Dybdemålingene viser at bunnens topografi i fjorden er høyst uregelmessig, se dybdekart av Øvre- og Nedre Byglandsfjord VHI. 1. side 3 og 4. Uregelmessig er også strandlinjen, og begge forhold får betydning for de lokale strømforhold, som ellers er avhengig av hvordan både vannstand og den totale gjennomstrømning varierer.

a. Forholdene før Brokke kraftverk ble tatt i bruk

En oversikt over månedsavløpet fra Byglandsfjord for månedene januar, februar og mars o årene 1913-60 er gitt i følgende tabell:

Månedsavløp i m^3/s etter observasjoner ved Byglandsfjord vannmerke nr. 538, nedbørfelt 2772 km^2

Obs. per.	Januar			Februar			Mars		
	ma	$\bar{m}$	mi	ma	$\bar{m}$	mi	ma	$\bar{m}$	mi
1913-20	65	45	5	153	54	26	107	44	15
21-30	115	62	39	81	57	40	111	63	36
31-40	114	57	30	81	55	35	108	63	29
41-50	71	53	42	88	58	35	101	63	33
57-60	81	66	47	88	70	48	85	68	27

ma = maksimumsverdier
mi = minimumsverdier
$\bar{m}$ = midlere

I 1960 var det regulerte felt 943 km^2, dvs. omtrent en tredjedel av nedbørfeltet ved Byglandsfjord.

Et detaljert bilde over avløpsforholdene fra Byglandsfjord etter femdøgnsmidler (pentader) i tidsrommet 1941-60 er vist VHI. 1. side 23.

En oversikt over variasjoner i årsavløp i tidsrommet 1900-70 er vist i en grafisk framstilling i VHI. 1. side 25.

En annen viktig faktor som har meget stor betydning for isforholdene og trafikkmulighetene på isen er vannstandsvariasjoner.

Oppgaver over daglig vannstand i tiden 1913-64 viser at det midtvinters i perioden januar-mars ofte forekom betydelige variasjoner som dels henger sammen med store variasjoner i tilløpet og dels kommer av døgn- eller ukeregulering i kraftverkene nedenfor.

Eksempelvis var det i perioden 1913-17, i januar en senkning på mellom

26 og 111 cm i 4 vintre. I 1916 var det en stigning på 214 cm, gjennomsnittlig 7 cm pr. døgn. I februar var det synkning i 3 vintre, mellom 38 og 81 cm, og stigning i 2 vintre, henholdsvis 8 og 11 cm. I mars var det igjen synkning i 4 vintre, mellom 22 og 130 cm og stigning i en vinter, 22 cm.

I perioden 1925-29, var det i januar synkning i alle vintre mellom 36 og 120 cm. I februar synkning i 3 vintre, mellom 35 og 68 cm, og stigning i 2 vintre, henholdsvis 7 og 96 cm. I mars synkning i to vintre, henholdsvis 75 og 154 cm, og stigning i 3 vintre mellom 75 og 154 cm.

I perioden 1960-64, var det i januar synkning i tre vintre, mellom 85 og 124 cm, og stigning i to vintre, henholdsvis 34 og 161 cm. I februar synkning i 4 vintre mellom 33 og 84 sm, og stigning i en vinter, med 108 cm. I mars synkning i alle vintre mellom 67 og 223 cm.

Den største stigning eller synkning pr. døgn dreier seg om 10 cm hvilket tilsvarer at Byglandsfjord-magasinet da får eller avgir ca. 54 m^3/s.

I VHI. 1. side 18-22 er det vist vannstandsvariasjoner og avløp om vinteren etter daglige observasjoner ved Byglandsfjord vannmerke i tidsrommet 1953-58.

En oversikt over temperaturforhold i Byglandsfjord er gitt i VHI. 1. side 26-30. Tilløpsvannets temperatur er målt ved Ose bru og avløpsvannets temperatur i utløpet av Byglandsfjord.

I årenes løp er det samlet inn en mengde observasjoner om isforholdene i Otravassdraget og da særlig fra Byglandsfjord.

Om isforholdene i eldre tid foreligger det en del opplysninger i Andreas Holmsens bok, se VHI. 1. side 31. I tidsrommet 1900-20 foreligger det opplysninger om islegging og isløsning i fjorden ovf. og ndf. Storstraumen. I tiden fra 1912 er slike observasjoner foretatt ved Byglandsfjord Vm og omfatter forholdene i den nederste del av fjorden, se VHI, 1. side 33-35. I tiden fra 1954 er det foretatt mer omfattende undersøkelser av isforholdene både i Øvre og Nedre fjorden. Resultatene av disse er samlet i VHI. 1. side 36-52. Dataene omfatter utvikling av isdekke sett i relasjon til lufttemperatur, snøens innvirkning på istilveksten, dessuten en oversikt over isdekkets utbreddelse i de forskjellige deler av fjorden.

I følgende tabell er gitt en instruktiv oversikt over islegging og isløsning på Øvre og Nedre Byglandsfjord i perioden 1874-64.

Karakteristiske data over islegging og isløsning på Byglandsfjord

Obs. per.	Øvre Byglandsfj.				Nedre Byglandsfj.			
	Isdan.	Islagt	Isløsn.	Isfritt	Isdann.	Islagt	Isløsn.	Isfritt
1874-1900								
		På Åraksfjord				Ved Bygland		
Tidl.		21/11	7/4			20/12	16/4	
Med.		2/12	22/4			28/12	28/4	
Sen.		14/12	9/5			6/2	21/5	
1900-20								
Tidl.		10/11	24/3			2/11	24/3	
Med.	28/11	13/12	24/4			27/12	16/4	
Sen		5/1	4/5				4/5	
1912-28								
						På nedre del av fjorden		
Tidl.						17/12		
Med.						14/1	16/4	
Sen.							17/5	
	Mangler observasjoner							
1933-55								
Tidl.					18/11	21/12		
Med					21/12	15/1	13/4	
Sen.					10/1		10/5	
1956-64								
Tidl.	1/12	3/12		22/4	12/12	21/12	2/4	20/4
Med.	13/12	16/12	24/4	5/5	21/12	3/1	15/4	25/4
Sen.	21/12	1/1		17/5	30/12	24/1	30/4	6/5

b. Nåværende forhold

Med henblikk på å skaffe bedre grunnlag for vurdering av hvilke forandringer utbyggingen av Brokke og Hovatn kraftverker medfører på de hydrologiske forhold i Byglandsfjord, ble det fra 1964 satt igang spesielle undersøkelser av Iskontoret. Disse omfatter: Tilløps- og avløpsvannets temperatur, likevekten i vannlagene, islegging og utvikling av isdekke, undersøkelser av råker og svakere isområder og isløsningens forløp.

Måleresultatene inntil 1973 er samlet i vedlegg til hefte VHI. 1 og fra de siste 3 vintre i tilleggheftet VHI. 2.

Det er lagt spesielt vekt på undersøkelser som kan belyse hvilke endringer øket gjennomstrømning vinterstid fører til i lagdelingen innen vannmassene i Øvre og Nedre Byglandsfjord. Spesielle måleserier av temperaturfordelingen gir svar på dette.

I følge oppgaver over vanntemperaturen målt ved Ose, er driftsvannet fra Brokke og Hovatn kraftstasjoner sammen med restvannet i elva, i vintermånedene januar-mars avkjølt til nær 0 ^{o}C, når det er kommet så langt nedover. Dette fører til at Øvre Byglandsfjord fylles med kaldt vann inntil ca 10-20 m dybde, noe skiftende fra vinter til vinter. Derfra er det så en rask temperaturstigning til omkring 3 ^{o}C dvs. at forholdene i de dypere lag er nær uendret i forhold til tiden før reguleringen.

Temperaturforholdene i Storstraumen er i stor grad bestemt av dybdeforholdene i Bjåfjorden. Denne fjorden er grunn, bunnen er meget ujevn, og dette hindrer vann fra dypere lag av Åraksfjord og Sandnesfjord å komme ut i vesentlig grad.

Turbulensen i Storstraumen sørger for at vannet her får en nokså ens temperatur, ca 0,3-0,8 ^{o}C, i hele profilet.

Lagdelingen i vannmassene i Nedre Byglandsfjord er noe annerledes enn i Øvre-fjorden. Målingene viser at det øverste, kalde laget er 18-40 m tykt. Dette kommer av at Storstraumen med sin sterke hvirvelbevegelse setter dypere vannlag i omrøring.

Sammenfattende er det konstatert at økt gjennomstrømning virker på følgende måte: For det første fører den til økt varmetilskudd fra sjøens dypere lag, og for det annet er de lokale strømforhold noe påvirket, særlig der hvor bunnen og strandlinjen er ujevne.

Oppgaver over avløpsforholdene fra Byglandsfjord viser at etter utbygning av Brokke og Hovatn kraftverk har den totale gjennomstrømningen i vintermånedene januar-mars øket med inntil 50%.

Nedtappingen av magasinet skaper ekstra strømninger. Hvis vannstanden f.eks. ved kote 203 senkes 10 cm i løpet av et døgn, så tappes det ut ca. 4,7 mill m^3 vann ekstra. Ved utløpet betyr dette en økning i vassføringen på ca 54 m^3/s.

Målinger av vanntamperatur i utløpet av Byglandsfjord viser at etter utbygningen av Brokke og Hovatn kraftverk er avløpsvannet blitt merkbart kaldere, se tabell i VHI. 1. side 30.

Variasjoner i vannstanden hadde vesentlig betydning for isforholdene i Byglandsfjord før utbygging av Brokke kraftverk. Etter denne utbyggingen er vannstandsvariasjonene i fjorden noe dempet. Dette er blitt mulig ved at kraftproduksjonen i Brokke og Hovatn kraftverk og i kraftverkene i nedre del av Otra varierer noenlunde på samme måte. Se tabell: Vannstandsvariasjoner

i Byglandsfjord i månedene des.-apr. VHI. 1. side 17.

Isforholdene i Øvre og Nedre Byglandsfjord i tidsrommet etter at Brokke og Hovatn kraftverk ble tatt i bruk, er nærmere omtalt i det følgende.

Karakteristiske data over islegging og isløsning på Byglandsfjord i tidsrommet 1964-75.

Karakt. data	Øvre Byglandsfjord			Nedre Byglandsfjord		
	Isdannelse	Islagt	Isløsning	Isdannelse	Islagt	Isløsning
Tidligst	21/11	25/11	18/4	25/11	28/12	1/3
Median	11/12	15/12	25/4		4/1	13/4
Senest	29/12	1/1	5/5		23/1	29/4

Oversikt over isforhold på Byglandsfjord
(observatørens merknader)

Vinteren 1964-65:

1/12 litt is på Åraksfjorden ved Ose. 11/12 Øvre Byglandsfjord islagt. Isen ufarbar. 21/12 gangbar is over hele Øvre Byglandsfjord. 11/1 Nedre Byglandsfjord delvis islagt. Åpent ved Fånefjell og nedenfor Langevak. 1/2 hele Byglandsfjord islagt, dårlig is. 21/2 kjørbar is på Øvre fjorden, gangbar- på Nedre fjorden.

21/4 isløsning på nedre fjorden, 3/5 isløsning på øvre fjorden.

Vinteren 1965-66:

11/11 litt is på Åraksfjord og 21/11 Øvrefjorden delvis islagt. 11/12 islegging på Nedrefjorden omtrent til Bygland. 21/12 hele øvre fjorden islagt, gangbar is, nedre fjorden islagt til Nanes. 30/12 hele Byglandsfjord islagt. 21/1 gangbar is på Nedrefjorden. 11/2 kjørbar is på fjordene. I mars måned gode isforhold, men isen ble lite brukt. Isløsningen foregikk i første halvdel av mai.

Vinteren 1966-67:

11/12 Åraksfjord islagt og 21/12 isen gangbar. 1/1 også Byglandsfjord islagt. Utviklingen av isdekket var gunstig. 21/3 dårlig is på strekningen fra Straumen til Revsnes.

24/4 isløsning på Byglandsfjorden 28/4 Åraksfjord isfri.

Vinteren 1967-68

1/12 Øvrefjorden delvis islagt. 2/1 Nedrefjord islagt til Nånessundet. 11/1 fjordene islagt - 21/4 isløsning på Nedrefjorden.

Vinteren 1967-68:

11/12 Øvrefjorden islagt og 21/12 isen ble brukt av gående. 7/1 Nedrefjorden islagt. Målt istykkelse: 19/1 - 21 cm, 27/1 - 23 cm, 5/2, 24-31 cm. Vann på isen langs land (vannstandsstigning) 21/2, 32-40 cm, 26/3, 35-40 cm. Isløsning på nedrefjorden 19/4.

Vinteren 1968-69:

Isleggingen begynte i slutten av desember og 1/1 var fjorden for det meste islagt. Målt istykkelse: 19/1, 13 cm (dårlig is, svakere isområder og råker.) I februar 2 islag med sørpe i mellom. Isløsningen begynte 13/4 og 27/4 fjorden isfri.

Vinteren 1969-70:

Fjorden islagt 31/12, og 9/1 ble isen dekket av snø. I februar måned to islag med sørpe i mellom. I mars måned flere islag. Isen ble ikke brukt for å ferdes over. 19/4 isløsning og 7/5 fjorden isfri.

Vinteren 1970-71:

Fjorden for det meste islagt 31/12. Målt istykkelse 15/1, 15 cm. I slutten av januar litt sørpe på isen. Få som bruker isen. 1/2, 19-23 cm. Fra 19/2 snø på isen. På flere steder svakere isområder og råker. 20/3, 29-35 cm. 1/4 to islag med 4-6 cm vann i mellom. 19/4 isløsning og 24/4 fjorden isfri.

Vinteren 1971-72:

Isleggingen begynte 29/12 og 16/1 var fjorden for det meste islagt. Utviklingen av isdekke var mindre gunstig. 7/2 målte istykkelsen 16-20 cm. I slutten av måneden flere islag. Isløsningen begynte 1/4 og 18/4 var fjorden isfri.

Nærmer opplysninger om isforholdene i Øvre og Nedre Byglandsfjord de 3 siste vintrene finns i VHI. 2.

Observasjonene viser at lufttemperatur og snøforhold i januar og februar måned har avgjørende betydning for isforholdene på Byglandsfjord.

De siste 3 vintre var usedvanlig milde. En må tilbake til tredveårene for å finne liknende temperaturforhold. I 1932 og 1934 var det nemlig liknende temperaturforhold i januar og februar. Disse to vintrene hadde Nedre Byglandsfjord holdt seg åpen hele vinteren. Undersøkelsene tyder på at under nåværende forhold vil isen på Byglandsfjord legges hver vinter, selv i de mildeste. Isleggingen og utviklingen av isdekke er gjort gunstigere p.g.a. større stabilitet i vannlagene.

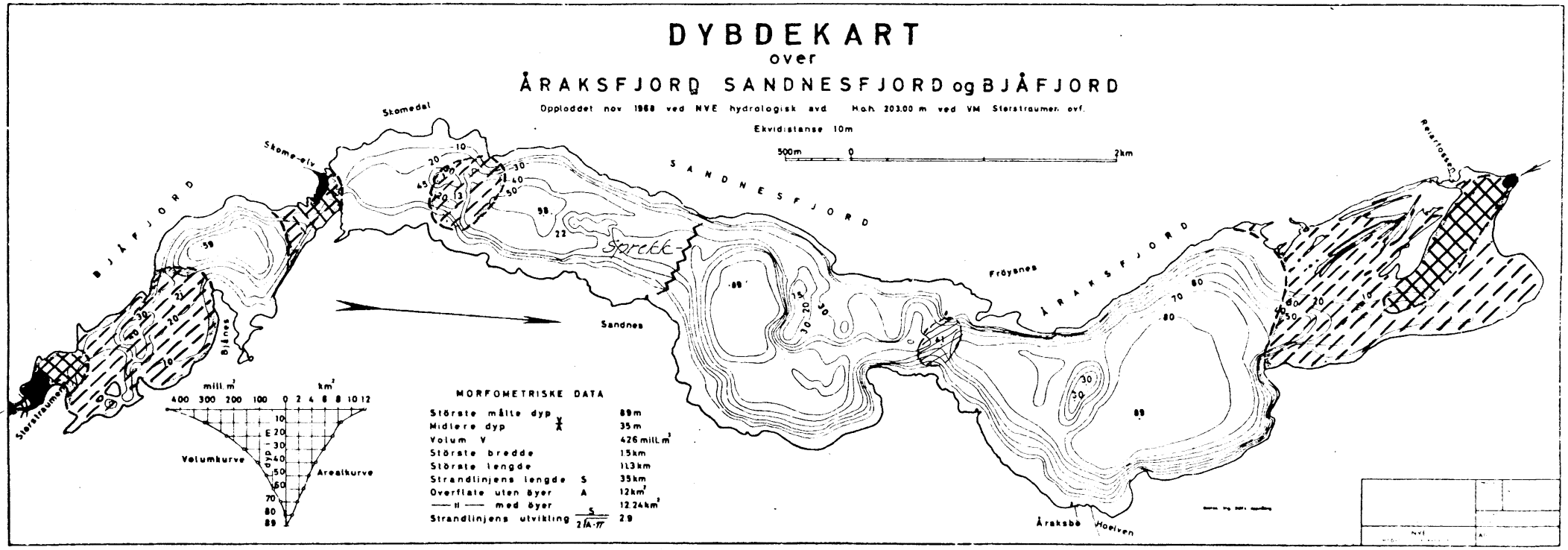
På følgende kartskisse er områdene med svakere is på Øvre og Nedre Byglandsfjord under nåværende forhold inntegnet: Ved fulle magasiner midtvinters (dobbelt skravering) og under nedtappingen på vårparten (de utvidete områdene med enkel skravering).

c. Mulige forandringer i temperatur- og isforhold etter ytterligere regulering av vassdraget ovenfor

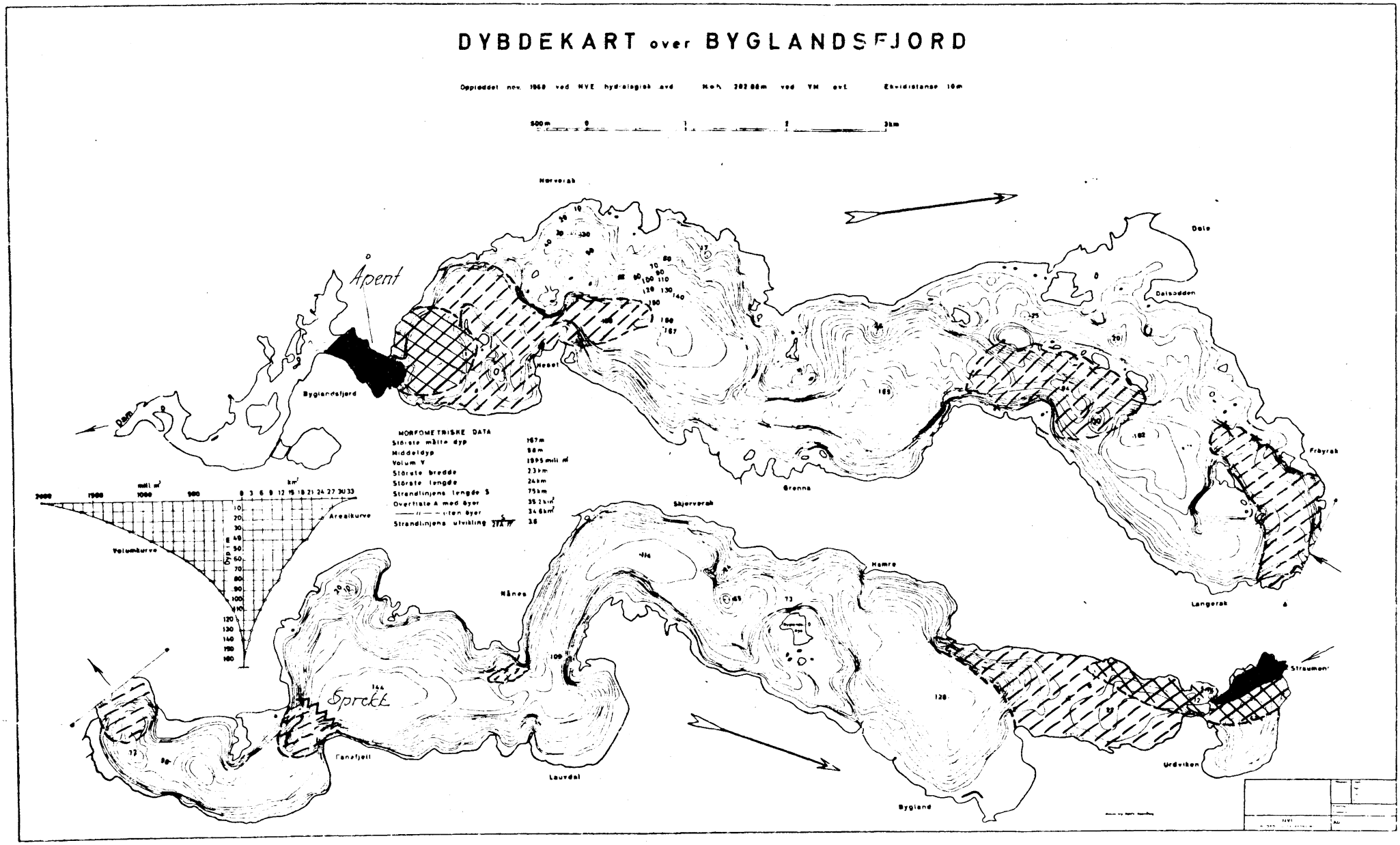
Hovedtrekket i den planlagte regulering av Øvre Otra er at vannet fra hovedelva blir tatt bort og istedet ført i tunnel fra magasin til magasin. Avløpet fra Brokke kraftstasjon vil øke fra maks. ca. 85 m^3/s i dag til maks. ca. 135 m^3/s etter full regulering. Hertil kommer driftsvannet fra Hovatn kraftstasjon. Dette vil gi en vesentlig øking av gjennomstrømning i Byglandsfjord i forhold i dag.

Avløpsvannets temperatur vil antakelig bli litt høyere enn under nåværende forhold. Elva nedover vil gå mer åpen om vinteren p.g.a. høyere vanntemp-

Områder med svakere is



Områder med svakere is



eratur og øket strømhastighet, men ved innløpet i Åraksfjorden vil vannet være avkjølet til nær null som under nåværende forhold. På samme måte som under nåværende regulering vil fjorden fylles med kaldt vann. Stabiliteten av vannlagene blir enda mer stabil og dette vil kunne resultere i en tendens til tidligere islegging. Heller ikke vil utviklingen av isdekke bli vesentlig annerledes. Det vil fremdeles være værforholdene, særlig temperatur- og snøforholdene, som blir avgjørende for isforholdene og trafikkmuligheten på isen.

Gjennomstrømningen gjennom Storstraumen vil forsterkes og dette vil føre til en sterkere omrøring av vannmassene i Nedre Byglandsfjord enn under nåværende forhold. Resultatet blir at den økende og muligens også mer varierende gjennomstrømning vil gjøre isforholdene mer usikre særlig i innløpsoset og i nedre halvparten av fjorden hvor bunnforholdene er mer ujevne. Det blir bare på de større, dype bassengene at utviklingen av isdekket vil foregå uforstyrret. En kan regne med at på disse vil det stort sett bli samme veksling mellom dårlige og gode isvintre som under nåværende forhold.

Mer om forholdene i vassdraget etter den planlagte utbygging se VHI 3.

3. MULIGHETER FOR ØKET VINTERTÅKE OG RIMDANNELSE p. g. a. MER ÅPENT VANN

Øket vassføring vil føre til øket strømhastighet og denne sammen med høyere vanntemperatur vil føre til mer åpent vann. Allerede under nåværende forhold forekommer det i kuldeperioder en del frostrøyk over Otra på strekningen Brokke kraftverk-Langeid. En større regulering vil antakelig øke fuktigheten der noe og tåken vil sannsynligvis kunne strekke seg noe lenger nedover vassdraget enn før. Erfaringsmessig er det imidlertid mye mindre frostrøyk over langsomtstrømmende vann enn der strømmen er større. Dette fører til lite frostrøyk på strekninger som er eller blir berørt av oppdemninger.

På de åpne partiene over Øvre og Nedre Byglandsfjord og over Storstraumen er det ikke observert frostrøyk av betydning.

Over Otra, på strekningen Byglandsfjord-Hornes opptrer det enkelte dager med frostrøyk. Noe problem av betydning har dette ikke vært.

SAMMENFATNING OG KONKLUSJON

Analysering og vurdering av observasjonsmaterialet og erfaringer fra reguleringers innvirkning under lignende forhold i andre vassdrag danner grunnlaget for følgende konklusjon:

For en innsjø som Byglandsfjord, som gjennomstrømmes av betydelige mengder vann fra Øvre Otra, fra Brokke- og Hovatn kraftverk og selv brukes som magasin for kraftverker nedenfor, er temperatur- og isforholdene bestemt av følgende hovedfaktorer:

1. Dybdeforhold, bunntopografi og temperaturforhold og derav akkumulerte varmeforråd
2. Værforhold, særlig vind i isleggingstiden, deretter lufttemperatur- og snøforhold etter at isen har lagt seg
3. Variasjoner i vannstanden
4. Gjennomstrømningens intensitet og vannets temperatur

Av betydning spesielt for trafikkforholdene på isen er videre:

5. Topografien i strandsonen.

Is kan først dannes når vannets overflate er blitt avkjølt til frysepunktet, 0 °C. I ideelle tilfelle kan et tynt overflateskikt bli avkjølt om høsten på forholdsvis kort tid og dannelse av is kan begynne.

Det forekommer imidlertid aldri under naturlige forhold at avkjølingen av vannmassene og isleggingen på en så stor innsjø som Byglandsfjord foregår uforstyrret. Vind og bølger skaper omrøring av vannmassene, utjevning av temperaturen m. m. og dette vil sinke isleggingen.

Etter reguleringen er fjorden imidlertid fylt med kaldere vann til større dybde og likevekten av vannlagene er blitt mer stabile enn før. Dette resulterer i at islegging kan inntre tidligere og utviklingen av isdekke foregå gunstigere under samme værforhold.

Vekslinger i vannstanden forårsaker sprekkdannelse i isen hovedsakelig langs land. I tiden før utbygging av Brokke kraftverk forårsaket reguleringen både større og hyppigere vannstandsvariasjoner. Ved noenlunne jevnt vannforbruk i Brokke og Hovatn kraftverk, er forholdet kommet under bedre kontroll. Iskontorets undersøkelser viser at Brokke-utbyggingen til en viss grad har stabilisert isforholdene, hovedsakelig på de dypeste partier både i Øvre og Nedre Byglandsfjord. Det er og blir hovedsakelig værforholdene, særlig temperatur

og snøforholdene som er avgjørende for isveksten og trafikkmuligheten på isen på disse sjøene.

Driftsvannet fra Brokke og Hovatn kraftstasjoner føres gjennom Øvre-fjorden hovedsakelig i det øverste laget, men river imidlertid noe av det varmere vann fra de dypeste lag med seg. Vannets temperatur er noe høyere i Storstraumen enn ved innløpsoset.

I Storstraumen avkjøles vannet noe, og ved sin sterke hvirvelbevegelse settes dypere vannlag i bevegelse gjennom Nedre Byglandsfjord. På de dypeste partiene medfører dette ingen merkbar innvirkning på isforholdene. Derimot er gjennomstrømningen på de grunnere partier i nedre del av fjorden merkbar på isforholdene. På strekningen Fonefjell-Neset og særlig på det nederste parti av fjorden, er det større områder med svakere is enn før utbyggingen av Brokke kraftverk.

Nedtappingen av magasinet skaper ekstra strømninger og dette fører til at råker og svakere isområder utvides i vesentlig grad.

Regulering og utbygging av Øvre Otra har ikke forandret merktbart tidspunktet for islegging og isløsning. Heller er ikke isveksten og utviklingen av isdekket på de dypeste partier på Byglandsfjord blitt vesentlig forandret. Både Øvre og Nedre Byglandsfjord vil fryse til hver vinter kortere eller lengere tid avhengig av værforholdene.

En ytterligere regulering vil heller ikke forandre merkbart tidspunktet for islegging og utviklingen av isdekket på fjordens dypeste partier. Det vil fremdeles være værforholdene, særlig temperatur- og snøforholdene som blir avgjørende for isforholdene og trafikkmuligheten på isen. En må regne med at det vil bli samme veksling mellom dårlige og gode isvintre som under nåværende forhold.

Noen merkbare klimaforandringer i dalen på grunn av reguleringen er ikke konstatert og vil neppe forekomme etter de planlagte nye reguleringer av vassdraget heller.

Edvigs V. Kanavin

Edvigs V. Kanavin

pa

Drifteva
hovedakse
vann fra de a
Storstraumen e

I Storstraumen av
dypere vannlag i bev
liene medfører dette
er gjennomstrømmingen
bar på isforholdene. Pa
erste parti av fjorden er de
ingen av Brokke kraftverk.

Nedtappingen av magasinet skaper e
rå ker og svakere isområdet utvides i ve

Regulering og utbygging av Øvre Otra har ikke
for islegging og isløsning. Heller er ikke isvekste
på de dypeste partier på Byglandsfjord blitt vesentlig re
og Nedre Byglandsfjord vil trøse til over vinter forlore eller
avhengig av værforholdene.

En yttergligere regulering vil heller ikke forandre merkbart tidspunktet for
islegging og utvikingen av isdekket på fjordens dypeste partier. Det vil
fremdeles være værforholdene, særlig temperatur- og nedbørforholdene som
blir avgjørende for isforholdene og trafikksikkerheten på isen. Jeg må legge
med at det vil bli samme veksling mellom dårlige og gode isvinter som under
nåværende forhold.

Men merkbare klimaforandringer i dalen på grunn av reguleringer er ikke
konstatert og vil neppe forekomme etter de planlagte nye reguleringer av
vassdraget heller.

Ærbødigst

Edvige V. Kanavin