

Om isforholdene på Kilefjorden i årene 1947-1963, og innflydelsen
av de reguleringer som i denne tid er gjennomført i Otravassdraget.

1. Materiale.

- a. Skjønnsbegjæring av 31.3. 1966 med bilag, fra advokat Per Spieler.
- b. Forslag til skjønnsforutsetninger, fra adv. Spieler, datert 24.9. 1966.
- c. Prosesskrift av 20.9. 1966 av h.r.advokat Bjørn Dalan.
- d. Rettshøker fra Underskjønn i 1949 og Overskjønn i 1951.
Videre diverse kartmateriale og vannstandsmateriale levert av Kristiansand elektrisitetsverk.
- e. Hydrologisk utredning datert 10.2. 1967, av sivilingeniør Erik Røstad.
- f. Min utredning av 8.1. 1965 "Om isforholdene på Kilefjorden etter utbyggingen av Brokke kraftverk!"
- g. Et særskilt hefte utarbeidet av Iskontoret ved Hydrologisk avdeling i Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen:
Oversikt over avløps- og isforholdene i nedre del av Otra spesielt om forholdene på strekningen Byglandsfjord-Gåseflåfjord, Oslo, jan. 1967.

2. Meteorologiske forhold.

De meteorologiske forhold på strekningen mellom Byglandsfjord og Gåseflå blir godt karakterisert ved målingene på Byglandsfjord met.st. Iskontorets hefte gir i tabellene s. 7 og 8 de midlere månedstemperaturer for perioden 1920-66, og til sammenligning er øverst s. 7 gitt normalverdiene for 1901-30. Vi noterer oss at normaltemperaturen var

for desember	- 1,6 °C
januar	- 2,5 "
februar	- 2,6 "
mars	- 0,5 "

Januar og februar skiller seg ut som de viktigste vintermåneder, men tallene viser også at det hverken er innlandsklima eller kystklima på den nevnte strekning.

I hvilken grad lufttemperaturen kan veksle i vintermånedene fremgår klart av de temperaturkurver som er gitt på s. 9-14 ut fra 5-dagers midler (pentademedier), for de 24 vintre fra 1942-43 t.o.m. 1965-66. Det fremgår klart av disse kurver at de store kuldeperiodene - som jo betinger isvekst - oftest forekommer i januar og februar.

Skulle vi vurdere betingelsene for isvekst i årene 1920-1946 ut fra månedsmidlene (s. 7) ville det være brukbart å undersøke hvor mange vintre hadde samme eller lavere månedstemperatur enn normalt, i både januar og februar. Vi finner da av tabellen at i disse 26 vintrene var det bare 9 som fyllte dette krav, nemlig

januar-februar	1921-22	1935-36
	1923-24	1939-40
	1928-29	1940-41
	1930-31	1941-42
		1945-46

I tiden fra 1946-47 til 1965-66 finner vi på samme måte at det i disse 20 vintrene var 10 som fyllte kravet, nemlig

januar-februar	1946-47	1957-58
	1947-48	1958-59
	1953-54	1959-60
	1954-55	1962-63
	1955-56	1965-66

Vi kommer senere til å analysere pentadekurvene nøyere, og likeså ta hensyn til nedbarmengden som fallt i pentadene, og som er ført opp nederst på kurvebladene.

3. Oversikt over de utførte reguleringer. Uregulert og regulert vannføring.

Etter den nå trufne overenkomst blir det bare isforholdene etter 1947 som skjennsretten skal vurdere. Men det vil likevel ha sin interesse å ta med følgende oversikt som bl.a. bygger på "Norske kraftverker" I, s.225, Otravassdraget.

Tabell 1. Uregulert vintervannføring (1911) var 24 m³/s.

Reguleringer	Netto magasin mill. m ³	Beregnet regulert vintervannføring	Forhold reg./ureg.
Byglandsfjord 1911	127	34	1,42
Div. fjellsjør og			
Byglandsfjord 1921	242	51,5	2,14
Vatnedalsv. 1948	95	59	2,45
Uravann m.m. 1952	96	66,5	2,78
Skyvann m.m. 1961	59	71,5	2,98
Bossvann 1964	77	77	3,20

Anm. Av magasintilskuddene og de tilsvarende økningene i den regulerte vannføring fremgår det at vinterstiden regnes for 5 måneder. Den første regulering av Byglandsfjord 1911 ga 127 mill. m³ som ved javn tapning i 5 måneder ville gi et tilskudd på 10 m³/s. Da den regulerte vannføring ble 34 m³/s skulle den uregulerte vannføring være 34 - 10 = 24 m³/s. Vi regner derfor dette som den alminnelige lavvannføring om vinteren.

Av forholdet mellom regulert og uregulert vintervannføring som er notert i siste kolonne i tabell 1, ser vi at reguleringene som ble ferdig i 1921 praktisk talt fordoblet vintervannføringen, i forhold til den uregulerte.

Av tabellen får vi at målt i forhold til regulert vannføring i 1946, nemlig 51,5 m³/s, ga de etterfølgende reguleringer følgende økning:

<u>Tabell 2.</u>	1947-reg.	$59/51,5 = 1,14$, d.e. 14 %
	1952-reg.	$66,5/51,5 = 1,29$, d.e. 29 %
	1960-reg.	$71,5/51,5 = 1,38$, d.e. 38 %
	1964-reg.	$77/51,5 = 1,50$, d.e. 50 %

Denne tabell får betydning for vurderingen av de enkelte reguleringers virkning på betingelsene for isvekst.

4. Vanntemperatur i avløpet fra Byglandsfjord, og avkjælingen videre nedover vassdraget.

Iskontorets hefte inneholder tilslutt oppgave over vanntemperatur målt 1960-66, og det fremgår av tabellen at vanntemperaturen kan variere mellom næsten 0° og vel 2° i januar-februar.

På grunnlag av de representative meteorologiske data (se avsnitt 2) har jeg beregnet at varmetapet fra en åpen vannflate i januar-februar vil være av størrelsesordenen 30 000 kcal/km², sek. For å fjerne en viss overtemperatur på vannet vil da trenges en kjøleflate, målt i km²:

$$F = Q \cdot t / 30$$

For noen karakteristiske vannføringer (tabell 1) beregnes da følgende tabell 3, over den kjøleflaten som trenges for å fjerne en gitt overtemperatur fra vannet:

Tabell 3.

Kjøleflate i km² som trenges for å fjerne en viss overtemperatur når varmetapet fra vannoverflaten er 30 000 kcal/km², sek.

Vann-temp.	Vannføring = 24	51,5	66,5	71,5	77	m ³ /s
1,0°	Kjøleflate = 0,8	1,7	2,2	2,4	2,6	km ²
1,5°		1,2	2,6	3,3	3,6	
2,0°		1,6	3,4	4,4	4,8	

Elveflaten mellom Byglandsfjord og Breiflå er omløring 3 km², og tabellen viser da at når vannet i avløpet fra Byglandsfjord har en overtemperatur på mer enn 1,5° vil 3 km² ikke være tilstrekkelig til å avkjøle vannet til frysepunktet. Når varmetapet varierer etter varforholdene så vil temperaturen av vannet som kommer inn i Breiflå også variere. Virkningen av vannets overtemperatur vil, som tabell 3 viser, strekke seg desto lengre nedover fra Breiflå jo større vannføringen er.

5. Vannhastigheten i strømfaret.

Ieskontorets hefte s. 34, viser målinger ved Moisund 12.-19. febr. 1952 hvor middlere hastighet var 0,37 m³/sek ved en vannføring 130 m³/sek. Den maksimale vannhastighet kan da være $0,37/0,3 = 0,46$ m/sek.

Under den befaring som sivilingenier Røstad og jeg foretok 4.-10. 1966 viste det seg at gressveksten spillet en stor rolle for strøndraget, og vi bedømte flere steder vannhastigheten til 1/4 m/sek, ved den daværende vannføring på 52 m³/sek. Ved slike hastigheter vil en overtemperatur på vannet på 0,1° være nokk til at det selv under middels kulde vil holde seg en råk i isen.

Det behøver imidlertid ikke å være så store hastigheter som her nevnt. Iskontorets hefte s. 38 viser at det er en sammenheng mellom midlere strømhastighet og antall dager med trafikerbar is. Av kurvene kan man utlede at en økning av vannføringen med 45 % resp. 125 % ville redusere trafikkilden med ca. 12 % resp. ca. 30 %.

6. Variasjoner i Kilefjordens vannstand og i gjennomstrømningen.

Vannstandsobservasjoner ved Kilefjord Vn fra 1944-1965 viser variasjonene fra dag til dag. For månedens desember-mars viser tabell 4 største stigning (+) og største minsking (-).

Tabell 4. Største variasjon av vannstand i 1 døgn ved Kilefjord Vn (cm).

	Desember	Januar	Februar	Mars
1944-45		+ 14 - 7	+ 3 - 4	+ 39 - 60
1945-46	+ 29 - 29	+ 19 - 24	+ 19 - 12	+ 22 - 11
1946-47	+ 30 - 40	+ 7 - 14	+ 7 - 3	+ 3 - 6
1947-48	+ 3 - 2	+ 4 - 5	+ 15 - 7	+ 24 - 17
1948-49	+ 44 - 48	+ 32 - 23	+ 16 - 12	+ 11 - 8
1949-50	+ 43 - 21	+ 9 - 5	+ 21 - 27	+ 28 - 13
1950-51	+ 7 - 11	+ 6 - 3	+ 4 - 2	+ 2 - 2
1951-52	+ 115 - 48	+ 22 - 16	+ 4 - 3	+ 13 - 9
1952-53	+ 16 - 7	+ 6 - 8	+ 12 - 8	+ 9 - 15
1953-54	+ 55 - 64	+ 11 - 10	+ 5 - 7	+ 7 - 5
1954-55	+ 31 - 62	+ 13 - 11	+ 10 - 10	+ 3 - 4
1955-56	+ 23 - 18	+ 12 - 12	+ 12 - 7	+ 11 - 7
1956-57	+ 20 - 13	+ 21 - 21	+ 16 - 7	+ 30 - 17
1957-58	+ 55 - 33	+ 12 - 12	+ 6 - 8	+ 4 - 5
1958-59	+ 7 - 6	+ 10 - 6	+ 16 - 12	+ 20 - 40
1959-60	+ 32 - 41	+ 21 - 12	+ 9 - 5	+ 11 - 10
1960-61	+ 68 - 38	+ 7 - 5	+ 24 - 11	+ 104 - 65
1961-62	+ 6 - 5	+ 15 - 16	+ 20 - 16	+ 3 - 4
1962-63	+ 13 - 12	+ 6 - 6	+ 8 - 7	+ 4 - 4
1963-64	+ 10 - 17	+ 10 - 10	+ 6 - 5	+ 5 - 5
1964-65	+ 45 - 36	+ 26 - 35	+ 3 - 4	+ 16 - 7
1965-66	+ 5 - 5			

Tabellen viser at de største døgnvariasjonene forekom i desember og i mars. For januar var de største variasjonene i 1945-46, 1948-49, 1951-52, 1956-57 og 1964-65. For februar var de største variasjonene i 1949-50, 1960-61 og 1961-62.

I de allerflestes vintrene var døgnvariasjonene i januar og februar mindre enn 20 cm.

Slike variasjoner i vannstanden virker på tapningen fra Kilefjord-magnusinntak og dermed på strømforholdene.

Gjennomstrømmingen gjennom Kilefjord kan varieres ved å variere belastningen på Iveland kraftstasjon, mens vannstanden i Kilefjord holdes praktisk talt konstant ved hjelp av tapningen fra Ryglandsfjord.

Døgnregulering i kraftstasjonen kan derfor skje på to måter:

Ved å variere vannstanden i Kilefjord, og ved å variere gjennomstrømmingen.

I begge tilfeller virker det på strømforholdene i Kilefjorden.

7. Ismålinger og observasjoner av isforhold.

Iokontorets hefte gir på s. 28 og 31 en oversikt over isforhold ved Kilefjord, Vn. Hægeland, og på s. 30 ved Fåsnes bru. Etter observasjonene i 1950-53 ved Hægeland foregikk isleggingen i midten av desember, tialigst i midten av november og senest i begynnelsen av januar. I kalde vintre med lite nedbør, og som følge derav nedsatt avisp, har isforholdene på Kilefjorden vært relativ gunstige, men i milde vintre med betydelig nedbør og varierende vassføring har isen vært dårlig, særlig over strømdraget. Spesielle isundersøkelser blir referert på s. 32-36, for vintrene fra 1951-52 til og med 1961-62.

De mest karakteristiske trekk i dette omfattende materiale vil bli gjennomgått i tilknytning til kurvebladene og iskartene.

Vi legger bl.a. merke til at kilene blir islagt tidlig, men isleggingen på hovedstrømmen er variabel.

De dårligste isvintrene i dette materiale (11 vintre) har vært 1951-52, 1952-53, 1956-57, 1960-61 og 1961-62. (jfr. den oversikten vi ga i avenitt 2).

8. Gressveksten i vassdraget.

Den økende lokale gressvekst i vassdraget vil forårsake at breddestremmen på slike steder blir smalere, hvilket var typisk ved befaringen 4.10. 1966.

Slik innsnevring øker vannhastigheten og gir større risiko for råkdammelser om vinteren.

En av årsaken til den økte gressvekst kan være økt næringstilførsel til vassdraget fra kloakk, gjødsling av dyrket jord, og annen forurenning. En annen årsak kan muligens være at ellevannet kan bli litt varmere om sommeren enn før fordi sommervannføringen er blitt redusert av reguleringene.

At isoleringens forløp skulle ha enken betydning for gressveksten etter reguleringen enn før anser jeg for lite sannsynlig.

9. Om innflydelsen av reguleringene på isforholdene på Kilefjorden i tidsrommet 1947-64 (17 vintre).

Pentadekurvene for lufttemperatur og pentadesummene for nedbør gir et grunnlag til å vurdere hvordan de meteorologiske betingelsene/bruksbar isvekst har vært i hver enkelt vinter. Man må da ta hensyn til både kuldeperioder og mildværsperioder, deres varighet og variasjoner, og til nedbørens størrelse.

For det første er det da mulig å skjalte ut de vintre hvor verforholdene var slike at det var dårlige betingelser for stabil isvekst på elven, altså praktisk talt ingen brukbar trafikktid selv under uregulerte forhold. (En annen sak er det at det lokalt kunne bli brukbar is på kilene også i slike vintre).

Slike vintre var 1948-49, 1949-50, 1950-51, 1951-52, 1956-57, 1960-61, 1961-62, 1963-64 (og 1964-65), d.v.s. 8 av de 17 vintrene.

For de andre 9 vintrene har jeg skjønnsmessig vurdert hvor lang trafikktid en kunne vente når en først og fremst tok hensyn til lufttemperaturen. Resultatet ble i gjennomsnitt ca. 30 dager.

Denne "meteorologiske betingede trafikktid" blir redusert på grunn av økt vannføring, døgnregulering/og variasjoner i vanntemperaturen i tapningsvannet fra Byglandsfjord. Fra 1964 regnes det med at det ikke lenger blir trafikabel is altså en reduksjon på 100 %. Etter mitt skjønn er døgn- og ukesreguleringen

en hovedfaktor i reduksjonen av trafikktiden i de vintre hvor en kunne vente stabil islegging. Det vil da ligge nærmest å belaste denne faktor med halvparten av reduksjonen og fordele den annen halvpart i forhold til den økning av vannføringen som de respektive reguleringer har medført. Med anvendelse av tabell 2 ville en da tilnærmet kunne regne med følgende reduksjoner av trafikktiden:

Vinteren 1947-48	50 % + 14 % = 64 %
" 1952-53	50 % + 29 % = 79 %
" 1953-54	"
" 1954-55	"
" 1955-56	"
" 1957-58	"
" 1958-59	"
" 1959-60	"
" 1962-63	50 % + 38 % = 88 %

Tar en i betragtning den begrensede nøyaktighet som dette overslag nødvendigvis må ha, vil det kunne sammenfattes derhen at reguleringene i tiden 1947-63 i gjennomsnitt har redusert trafikktiden med ca. 80 prosent i de vintre hvor værforholdene kunne betinge en stabil islegging.

Det jeg her har kalt "trafikktid" gjelder tverrgående trafikk, altså over strømdraget. Når det gjelder langsgående trafikk på isen langs land, kan det også her være praktisk å behandle milde og kalde vintre i hver sin gruppe. I milde vintre med ustelige værforhold og dermed dårlige betingelser for isveksten der hovedstrømmen går, vil det også være mindre gode betingelser for veksten av isdekket langs land, men likevel noe bedre enn ute på elven hvor hovedstrømmen går. På den annen side vil brukbarheten bli nedsatt på grunn av de variasjoner i vannstanden som skyldes døgn- og ukesregulering, og variasjoner i avløpet fra Byglandsfjord. Beggedeler vil øke risikoen for sprekkar i isen langs land og derav følgende overvann. Det er mest uheldig for trafikken der overvann blir stående nede i et lag av tørrsnø på isen.

Jeg antar at de lokale erfaringer fra de dårlige isvintrene (1948-49, 1949-50, 1950-51, 1951-52, 1956-57, 1960-61, 1961-62, 1963-64) vil kunne gi opplysninger om det da har vært langsgående trafikk av noen betydning. Etter mitt skjønn var det å vente at det heller ikke ville bli brukbar is for langsgående trafikk i disse dårlige isvintrene.

For de kalde vintrene (1947-48, 1952-53, 1953-54, 1954-55, 1955-56, 1957-58, 1958-59, 1959-60, 1962-63), antar jeg at det vil være rimelig å bruke samme vurdering som for den tverrgående trafikk, i samsvar med at skjønnsretten skal legge til grunn at isveiene blir totalskadet fra og med vinteren 1964-65.

For isforholdene på Kilen viser observasjonene på kartene i Iskontorets hefte at kilen islegges tidligere enn elven og at isen på kilen varer lengre. Reguleringene fra 1947 og senere år har ført til at kilen islegges på noe høyere vannstand enn før. Videre vil vannstandens variasjoner dels kunne gi sprekkdannelse langs land -med risiko for overvann- og dessuten vil inn- og utstrømningen i kilen på grunn av disse variasjonene, også kunne svekke isen der sundet er innsnevret mellom en kile og elven. I hvilken utstrekning disse nye trekk ved isleggingen og isveksten hittil har redusert den brukbare trafikktid på kilen, vil de lokale erfaringer kunne gi opplysning om. Erfaringene fra f.eks. den siste tiårs periode før 1964 vil en da kunne legge til grunn også for vintrene etter 1964.

10. Sammenfatning.

Den analysen som er foretatt i det foregående viser følgende hovedtrekk for Kilefjordens isforhold:

1. Det er et gjennomgående trekk ved de meteorologiske forhold over en lengre periode at det praktisk talt er 50 % av vintrene som er milde, har ustadiig vær, og gir dårlige betingelser for islegging og isvekst. I perioden 1947-64 var det 9 milde vintre.

Jeg er kommet til at de reguleringer som ble gjennomført i dette tidsrom spillet en underordnet rolle i de milde vintrene, det var værforholdene som ble hovedårsaken til at det ble dårlig med isveier da. Dette gjelder både for tverrgående og langsgående isveier på elven.

2. I perioden 1947-64 var det 9 overveiende kalde vintre hvor værforholdene ga bra betingelser for isvekst på elven. Men her forårsaket både økningen av vintervannføringen gjennom reguleringene, og ennå mer døgn- og ukesreguleringen av Kilefjord, en sterk reduksjon av den brukbare trafikktid. Det måtte få betydning for alle isveier. Alt i alt er jeg kommet til at reguleringens etter 1947 i gjennomsnitt har redusert trafikktiden med anslagsvis 80 prosent i de vintre som var kalde nok til at det kunne bli en stabil islegging. Dette gjelder både for tverrgående og langsgående isveier på elven.

3. For isforholdene på kilene har reguleringene en begrenset virkning sammenliknet med den betydning vørforholdene har for isleggingen av kilene. De lokale erfaringer fra perioden 1947-64 kan brukes når en skal danne seg et skjenn over reduksjonen av den brukbare trafikktid som reguleringene kan forårsake etter 1964.
4. Etter pkt. 1 og 2 vil det være naturlig å beregne isveiskadene i de kommende vintre etter 1964 særskilt for milde vintre og for kalde vintre, idet en antar at det vil være like mange av de to slags vintre over en lengre årrekke.

Oslo, 25. februar 1967.

Olaf Devik.