

Tilleggsuttalelse om isforholdene på Tinnsjøen og vurdering  
av ansvarsfordelingen m.h.t. skader på isveiene.

1. Innledning.

Med brev av 26.8. 63 oversendte høyesterettsadvokat Georg Lous et utkast til overenkomst mellom partene, og uttalte at det for partene ville være ønskelig for det fortsatte arbeide med utformningen, å få min uttalelse om den fordeling av erstatningen på de enkelte skadeårsaker, som utkastet forutsetter. Spørsmålet gjelder i korthet fordelingen av erstatningen på regulering, fergetrafikk og varmt avløpsvann.

Utkastets pkt. 1 lyder:

- 1) Tinnsjøen har gjennom tidene vært gjenstand for en rekke inngrep som har innvirket på dens vannstander, strømningsforhold og temperaturer til forskjellige tider og på måter som grunneierne mener skader deres rettigheter og interesser i vassdraget, slik at det oppstår erstatningskrav for dem.  
Det siktes med dette til følgende forhold:
  - a) Norsk Hydro-Elektrisk Kvalstof-aktieselskabs og A/S Union Co's regulering av Tinnsjøen i 1907.
  - b) Brukseierforeningens regulering av Møsvann i 1909.
  - c) Brukseierforeningens regulering av Mårvann og Kalhovdfjorden i 1918.
  - d) Brukseierforeningens utvidede regulering av Mårvann, samt regulering av Kalhovdfjorden, Gjøystdalsvann og Strengetjønnene i 1948.
  - e) Vassdragsvesenets utbygging av Mår kraftverk.
  - f) Brukseierforeningens utvidede regulering av Møsvann i 1944.
  - g) Hydros trimvise utbygging av fallene i Måna fra Møsvann til Tinnsjøen.
  - h) Hydros utslipping av oppvarmet kjølevann fra fabrikkene på Rjukan i Månas elveleie.
  - i) Hydros fergetrafikk på Tinnsjøen.

For å kunne vurdere virkningen av de her nevnte forandringer av de uregulerte forhold har jeg lagt til grunn følgende:

- a) Erfaring fra andre gjennomstrømte sjøer, spesielt undersøkelser i Bandak (fra vintrene 1964-65 og 1965-66) og i Norefjord.
- b) Undersøkelser av varmetapet fra en isfri innsjø, Suldalsvatn, publisert i N. Geogr. Tidsskr. 1966.
- c) De opplysninger som foreligger m.h.t. Tinnsjøen, og som jeg har behandlet i min uttalelse av 12.9. 1961 med bilag. Jeg nevner også den uttalelse jeg ga 3.4. 1963 til Norsk Hydro, som svar på to spørsmål som Vassdragsvesenet hadde stillet m.h.t. vanntemperatur, for alternative tilførsler av Nær-reguleringens vannføring.

## 2. Erfaringer fra undersøkelser i Bandak og Norefjord.

Foreløpig er det strekningen Dalen-Lårdal som er nøyere undersøkt etter at Tokke I kom i full drift med maksimal vannføring 140 m<sup>3</sup>/s og med døg- og ukesregulering. Utløpsvannet hadde i 1965-66 en temperatur omkring 1 °C i januar og februar. Det ble da foretatt registrerende vannstandsmåling både ved Dalen og Lårdal, og det ble utført strømmålinger og temperaturmålinger ned til 30 m dyp. Det viste seg at selv små vannhastigheter på 1 a 2 cm/s kan sette i gang betydelige (om enn langsomme) forskyvninger av vannmasser som har liten tetthetsforskjell. Det var tydelig at hovedstrømningen foregår i de øvre vannlag, og mest på høyre side på grunn av jordrotasjonen. Det var en bred vannkile med temperatur mellom 1,3° og 1,4° som tydelig førte hovedstrømmen. Ved grenseflatene av en slik strøm skapes mindre hvirvler, turbulens, og resultatet kan være de såkalte "åthull". Det samme kan inntreffe hvor strandtopografien er slik at det dannes bakevjer av den gjennomgående strøm.

Målingene viste hvor stor rolle gjennomstrømningen spiller for den langsomme omrøring av vannlagene under isdekket og dermed for isforholdene. Her blir avløpet fra Tokke I den overveiende faktor, både på grunn av vannføringens størrelse, men også på grunn av dens variasjoner.

I Norefjord kommer utløpet fra Nore II med en vannføring på 68 m<sup>3</sup>/s og en overtemperatur i januar-februar mellom 1° og 2°C. Gjennomstrømningen fører til at det ved slutten av februar er et ca. 20 m tykt strømførende vannlag med ensartet temperatur, med et sprangskikt like oppunder isen, og med enda varmere vann i dybder under 20 m. I 1957 var det f.eks. 1,8° mellom 0,8 m og 20 m dyp. Et slikt vannlag er i labil likevekt, og strømninger kan lett føre det varmere vann i kontakt med isen og tære på den. Denne risiko er særlig stor når solstrålingen tiltar, og stor gjennomstrømning i nære måned er derfor uheldig for isforholdene.

På grunnlag av de her nevnte erfaringer er det grunn til å anta for Tinnsjøen:

I de vintre da Tinnsjøen er islagt i mars måned vil en gjennomstrømming av størrelsesorden 80 - 100 m<sup>3</sup>/s gjøre at det islagte parti ikke er brukbart for istrafikk etter begynnelsen av mars.

### 3. Erfaringer fra undersøkelser i Suldalsvatn.

Suldalsvatn blir ikke islagt på hovedfjorden i de aller fleste vintrene, og en undersøkelse over den beregnede varmeutveksling mellom vannet og luften sammenliknet med vannets aktuelle varmeinnhold hadde spesiell interesse mens vassdraget ennå var uregulert. En slik undersøkelse er utført og offentliggjort:

N. Veggeland: En undersøkelse av de termiske forhold i Suldalsvatn.

N. Geogr. tidskr. Bd. XX, 1965-66, s. 150-166.

På grunnlag av målinger i tiden september 1962 - mars 1964 over vanntemperaturens fordeling i de forskjellige dybder, og på grunnlag av beregninger (utført etter Deviks formler) kunne variasjoner i varmeinnholdet i Suldalsvatn beregnes (jfr. kurve fig. 6, s. 159). Av denne kurve kan vi finne varmetapet fra vannflaten i januar og februar 1963 og 1964 uttrykt i kcal/daa, sek.:

År	Januar	Februar
1963	40	33 kcal/daa, sek.
1964	24	21 "
Middel	32	27 kcal/daa, sek.

I mars gjør solstrålingen seg så sterkt gjeldende at selv i den kalde vinter 1963 var varmetapet i mars bare 1/6 av varmetapet i februar.

I tiden januar-februar 1963 og 1964 var altså varmetapet fra Suldalsvatnets åpne vannflate i gjennomsnitt ca. 30 kcal/daa, sek.

I vintermåned med moderat kulde vil varmetapet fra Tinnsjøens vannflate være av samme størrelsesorden, og det er da av interesse å sammenlikne et slikt varmetap med den varmetilførsel som f.eks. kommer fra et kraftverk med vannføring 100 m<sup>3</sup>/sek. når vannets temperatur er f.eks. 0,9 °C. Hvis det skal avkjøles til 0 °C må vannet avgi 90 000 kcal/sek. Skal det avgis til luften over den åpne vannflate, når varmetapet her er f.eks. 30 kcal/daa, sek vil det trenge en kjøleflate på  $90\ 000/30 = 3\ 000$  daa = 3 km<sup>2</sup> for å fjerne avløpsvannets overtemperatur i dette eksempel.

I vanlige vintre er alltid en større del av Tinnsjøen åpen og da hele Tinnsjøen har en flate på 51 km<sup>2</sup>, blir konklusjonen at den overtemperatur som avløpsvannet fra Mæl kraftverk har, spiller en underordnet rolle sammenliknet med varmetapet fra det åpne parti som Tinnsjøen vanligvis har i vintertiden. Samme resonnement gjelder også for avløpet fra Mår-vassdraget i tiden før Mår kraftverk ble bygget.

I denne forbindelse kan jeg også vise til min uttalelse av 3.4. 1963 på en forespørsel fra Norsk Hydro av 12.12. 1962. Denne utredning viste at det vil ha lite å si for Tinnsjøens varmeregnskap, om tapningsvannet fra Kalhovd- og Mår-magasinerne går i Nårelven med utløp ved Atrå (alternativ 1), eller om det går gjennom Mår kraftverk og videre med utløp ved Mæl (alternativ 2).

I alle tilfeller er det dessuten, sammenliknet med Tinnsjøens eget varmeinnhold, små varmemengder som føres til Tinnsjøen med avløpsvannet fra kraftverkene og fabrikkene. Det er gjennomstrømningen som skaffer omrøring, og varme blir der ved ført fra de dypere lag opp mot isdekket, så isen blir svekket av varmetilførselen nedenfra.

Til veiledning for den senere diskusjon vil jeg på grunnlag av disse overveielser formulere følgende resultat:

For isforholdene på Tinnsjøen mellom Halden og Tinnoet er det av underordnet betydning hvilken temperatur avløpsvannet fra magasiner, kraftverk og fabrikker har.

#### 4. Analyse av isobservasjonene ved Tinnoet 1924-58. Virkningen av gjennomstrømningen.

I bilaget til min uttalelse av 12.9. 1961 er gjengitt en tabell som gir tidspunktene når isen har lagt seg og når den er gått ved Tinnoet. Slik Tinnoet ligger, i den søndre enden av Tinnsjøen hvor isen legger seg tidligst og går opp senest, kan vi regne med at disse tidspunkter er tilnærmet representative for vinterens værforhold og lite påvirket av reguleringene. Tidsrommet mellom islegging og isløsning ved Tinnoet ville da være tilnærmet representativ for den mellomliggende isleggingstid, hvis det ikke hadde vært noen reguleringer, og det gir oss en mulighet til å finne den "brukbare uregulerte isleggingstid". Denne ville være noe kortere enn den isleggingstid vi tar ut av tabellen, og

skjennsmessig antar jeg at det ville gå 1 uke etter at isen la seg ved Tinnset før den ville blitt brukbar, og videre at isen ikke lenger ville være brukbar i de siste 2 uker før isen gikk opp. (I det følgende tar vi ikke med vintrene 1957 og 58 i tabellen, for "Storegut" var da tatt i bruk).

Med disse korreksjoner vil det bli flere vintre som faller bort, og de resterende 20 vintre ville gjennomsnittlig hatt 65 dager brukbar uregulert isleggingstid, beregnet på denne måten.

Hvor stor reduksjon i denne "brukbare uregulerte isleggingstid" vil da gjennomstrømningen på grunn av reguleringene og tapningen av Tinnsjøens magasin forårsake?

Det er gjennomstrømningens størrelse som da er avgjørende. I tiderommet 1924-56 leverte Møsvanns-reguleringen til Tinnsjøen i januar-mars 50-60 m<sup>3</sup>/s og Mår-reguleringene 20-27 m<sup>3</sup>/s, tilsammen 70-87 m<sup>3</sup>/s, hvortil kommer tapningen fra Tinnsjøens eget magasin. I den søndre halvdel av Tinnsjøen hvor isproblemerne er aktuelle, vil jevn tapping gjennom 4 måneder gi ca. 15 m<sup>3</sup>/s tilskudd fra Tinnsjøens eget magasin. Det blir da i alt i januar-mars en gjennomstrømning her av størrelsesorden ca. 85-100 m<sup>3</sup>/s.

Etter de erfaringer som er omtalt i avsnittene 2 og 3 vil det da være sannsynlig at man må avskrive mars måned for istrafikk bare på grunn av gjennomstrømningen som reguleringene gir, altså før man tar i betraktning fergetrafikken eller den senkning av vannstanden som Tinnsjøens regulering medfører.

Med brukbar tilnærming kan vi da anta at den gjennomsnittlige isleggingstid korrigert for gjennomstrømning blir ca. 65 - 31 = 34 dager.

Dette vil si at gjennomstrømningen på grunn av reguleringene reduserer den brukbare isleggingstid til praktisk talt halvparten av den brukstid det ville ha vært uten denne gjennomstrømning.

Tirkingen på gjennomstrømningen av de forskjellige reguleringer er det naturlig å sette i forhold til den effektive andel i vintervannføringen. Etter 1918 da både Møsvann- og Mår-reguleringene har vært i bruk, kan vi regne med følgende bidrag:

Fra Møsvann	55 m <sup>3</sup> /sek
" Mår	25 "

Fra Tinnsjøens eget magasin på 204 mill. m<sup>3</sup> leveres ved jevn tapning i 4 måneder ca. 20 m<sup>3</sup>/sek ved Tinnoaset og ca. 15 m<sup>3</sup>/sek i området ved Rudegrend. I alt blir det å regne med en gjennomstrømming på ca. 55+25+15=95 m<sup>3</sup>/sek. Ved forholdsmessig fordeling av en reduksjon på 50 % får vi:

For Møsvanns-reguleringen	$\frac{55}{95}$	. 0,50 = 0,29 d.e.	29 %
" Mår-reguleringen	$\frac{25}{95}$	. 0,50 = 0,13 "	13 %
" Tinnsjø-reguleringen	$\frac{15}{95}$	. 0,50 = 0,08 "	8 %
			<hr/>
			50 %

#### 5. Virkningen av Tinnsjøens egen tapning på grunn av vannstandsforandringene.

Den direkte følge av tapningen er at det blir sprekker i isdekket som blir liggende på den tørrlagte strandsonen, og jo brattere og jo mer ujevn stranden er, desto mer oppsprukket og ujevnt blir isflakterrenget. Dertil kommer det overvann som kommer inn i sprekkene særlig der hvor isflak trykkes ned på skrå under vann. I den søndre delen av Tinnsjøen er det mangesteds langt mellom de steder som er jevne og har slak skråning, høvelig til opp- og nedkjørsel.

For den langsgående trafikk har selve senkningen av vannstanden hatt forholdsvis lite å si, så lenge det ikke var noen fergetrafikk. Men da fergetrafikken begynte (fra 1909 av) ble det både råk i isen og sprekker i isen på fjorden, delvis fordi isens landfeste var blitt svekket på grunn av sprekkene langs land. Denne bivirkning bør da belastes fergenes konto.

Skjønnsmessig antar jeg at senkningen av vannstanden medfører en reduksjon på ca. 5 % av den brukbare isleggingstid. Den samlede virkning av Tinnsjø-reguleringen vil da bli ca. 8 + 5 = 13 % reduksjon.

#### 6. Virkningen av fergetrafikken. Sammenfatning.

På grunnlag av min utredning av 12.9. 61 fant jeg at istrafikk på Tinnsjøen må avskrives fra 1956, da fergen "Storegut" ble satt i drift. Reduksjonen av den gjennomsnittlige brukbare uregulerte isleggingstid er da 100 %, og reduksjonen antas etter avsnitt 4 og 5 ovenfor, å fordeles på følgende måte for vintrene 1956/57 t.o.m. 1966/67:

1956/57 - 1966/67.

Reduksjon på grunn av Nøsvannsreguleringen	29 %
" " " " Mår-reguleringen	13 "
" " " " Tinnsjøreguleringen	13 "
" " " " Fergetrafikken	45 "
Total reduksjon	<u>100 %</u>

I vintrene 1918/19 t.o.m. 1965/66 kunne fergen "Rjukanfoss" disponeres fra 1909, "Hydro" fra 1909 til 1944 (da den ble senket) og "Ammonia" fra 1929. Det er bare grunnlag for et summarisk skjønn over den virkning fergetrafikken hadde i dette tidsrom, og jeg setter reduksjonen til anslagsvis 20 %, altså en total reduksjon på 75 % fordelt således:

1918/19 - 1966/67.

Reduksjon på grunn av Nøsvannsreguleringen	29 %
" " " " Mår-reguleringen	13 "
" " " " Tinnsjøreguleringen	13 "
" " " " Fergetrafikken	20 "
Total reduksjon	<u>75 %</u>

av den gjennomsnittlige brukbare uregulerte isleggingstid.

.....

Som omtalt i avsnitt<sup>3</sup>/har jeg funnet at det for isforholdene på Tinnsjøen er av underordnet betydning om avløpsvannet fra magasiner, kraftverk eller fabrikker har noen overtemperatur. Det blir derfor ikke å regne med noen reduksjon på grunn av utslipping av oppvarmet kjølevann fra fabrikkene på Rjukan i Månas elveleie.

.....

Ansvarsfordelingen for inntrufne skader på isveier vil kunne beregnes tilnærmet på grunnlag av de beregnede reduksjoner av den gjennomsnittlige brukbare uregulerte isleggingstid, således som spesifisert i de to siste tabeller.

Oslo, 13. mars 1967.

Olaf Devik.