

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Blindern,

0 - 309

Prøvetagning og undersøkelse av vannet  
i Tønnebekktjern og i tilhørende  
vannledningsnett.

Saksbehandler: cand.real J.E. Samdal

16. august 1961

## INNHOOLD:

	side
1. INNLEDNING	1
2. RESULTATER	2
2.1. Vannets lukt og smak	2
2.2. Forholdene ved st. 1	3
2.21. Temperatur og oksygeninnhold	3
2.22. Farge, turbiditet og perman- ganat-tall	4
2.23. pH, elektrisk ledningsevne, jerninnhold og innhold av sedimenter	4
2.3. Forholdene ved st. 2	4
2.4. Vannprøver fra bekkene som fører til Tennebekktjern	5
2.5. Vannprøver fra ledningsnettet	5
3. SAMMENDRAG OG KONKLUSJON	6

Prøvetagning og kjemisk undersøkelse av vannet i Tennebekktjern  
og i tilhørende vannledningsnett.

1. INNLEDNING.

Tennebekktjern er vinteren og våren 1961 påbygget demning for å forsyne deler av Laksevåg kommune med drikkevann. Oppfylling av det nye magasinet har pågått siden våren 1961, og adskillig av Tennebekktjernets omliggende strender med vegetasjon er derfor kommet under vann.

Våren 1961 er de første konsumenter tilknyttet ledningsnett. Klorapparatet for vannverket er montert og prøvekjørt.

Reguleringshøyden på den nye demning er fra kote 89 til 96,5 eller 7,5 m. Fullt magasin<sup>regulert</sup> er beregnet til 540.000 m<sup>3</sup>. Total overflate på kote 96,5 er 100.000 m<sup>2</sup>, og på kote 89 er den 50.000 m<sup>2</sup>. Nedslagsfeltet er 820.000 m<sup>2</sup>. Tilsiget er 3.300 m<sup>3</sup>/døgn, og avrenningsfaktoren er 0,84.

Når innsjøer av samme type som Tennebekktjern oppdemmes slik at vegetasjon settes under vann, skjer det vanligvis en kvalitetsforverring av vannet. Ifølge undersøkelser som er utført av dr. ing. Ths. Swanøe i tiden januar til mai 1961, er vannet i Tennebekktjern tildels betydelig farget. Vannet lukter og smaker av myr og mose. Utførlige undersøkelser av vannkvaliteten i Tennebekktjern før oppdemningen er såvidt vi vet ikke foretatt. Tennebekktjern ligger imidlertid i myrlendt terreng, og det foreligger mulighet for at vannet før oppdemningen ikke var av god drikkevannskvalitet.

idag 660.000 m<sup>2</sup>

Liavann 1,7 km<sup>2</sup> nedslagsfelt  
(delvis Tennebekktj.)

Våre undersøkelser av Tennebekktjern og det tilhørende vannledningsnett har til hensikt å klarlegge kvaliteten av vannet i kjemisk henseende.

Befaring av Tennebekktjernet ble foretatt den 29/6 1961.

Tilstede på befaringen var:

Ingeniør Klubnes, Laksevåg kommune.

Tekniker Johnsen, Laksevåg kommune.

Sunnhetsinspektør Davidsen, Laksevåg kommune.

Cand.real.Samdal, NIVA.

Under befaringen ble det klart at prøvetagning og kjemisk undersøkelse av vannet var nødvendig. Prøvetagningen ble gjennomført 30/6 1961 i delvis skyet oppholdsvær med tildels kraftig vind.

## 2. RESULTATER:

Resultatene av prøvetagningen og våre kjemiske undersøkelser er dels fremstilt i den følgende teksten, dels i vedlagte kurve og tabell.

### 2.1. Vannets lukt og smak.

På stedet ble det den 30/6 tatt en rekke lukt og smaksprøver:

Søndre silkekammer kl. 9.10. Temperatur: 11,4°C. Lukt: av fisk. Smak: av myr.

Inntaksledning kl. 9.20. Temperatur: 11,4°C. Lukt: av fisk. Smak: av myr.

Inntakskammer (nær overflaten) kl. 9.30. Temperatur: 11,4°C. Lukt: av klor. Smak: medisinelignende. Total rest-klormengde 0,2 mg Cl<sub>2</sub>/l. Klordoseringen var nettop regulert.

Inntakskammer (nær bunnen) kl. 9.35. Temperatur: 11,4°C. Smak: av myr. Lukt: av fisk. Klor kunne ikke påvises. Vanligvis er klorkonsentrasjonen størst i bunnen av inntakskammeret fordi klorvannet her blir tilblandet vannet. Antagelig henger resultatet sammen med at klordoseringen nettop var regulert.

A/S Norsk Fina, Breivik. Prøve ble tatt i kjøkkenet fra en tappekran. For å være sikker på at prøvene ble utført på vann direkte fra hovedledningen, ble endel vann på forhånd tappet ut inntil vannet hadde konstant temperatur: (11,7°C ca. kl. 14.30). Lukt: av fisk. Smak: av myr. Total restklormengde lå mellom 0,02 og 0,03 mg Cl<sub>2</sub>/l.

Hydrant på Bjørndalsøyren. Prøver ble tatt på samme måte som ved A/S Norsk Fina. Temperatur ca. kl. 15 var 11,2°C. Lukt: av fisk. Smak: av myr.

Overflateprøve tatt ut på Tennebekktjern ved st. 1 (Se 2.2.) hadde den samme fiskelignende lukt og myraktige smak som prøvene i inntakshuset.

Prøve fra Bekk 1 (se 2.4.) hadde hverken fiskelignende lukt eller myraktig smak.

Prøvene fra Bjørndalsøyren og A/S Norsk Finas anlegg i Breivik ble også undersøkt på lukt og smak ved kontrollerte betingelser og ved værelses-temperatur av flere personer ved vårt laboratorium i Oslo. Resultatene her ble:

		Prøve fra Bjørndalsøyren	Prøve fra A/S Norsk Fina
Karakteristikk:			
Person 1			Bra
"	2		Dårlig
"	3		Bra
"	4	Meget dårlig	Dårlig
"	5		Bra
"	6		-
"	7		-

Resultatene av lukt- og smaksprøvene viser tydelig at vannet i stor utstrekning lukter og smaker dårlig. En fiskelignende lukt og en myraktig smak synes å dominere på uklorert vann. På klorert vann er lukten kloraktig, men smaken synes å slå om til medisinsmak. Svak-kloreringen fører sannsynligvis til dannelse av klorfenol-lignende produkter som er kjent for å ha en gjennomtrengende lukt og smak.

Biologisk undersøkelse av en prøve fra søndre silkammer viste ikke tilstedeværelse av organismer som kunne forklare den karakteristiske lukt og smak. Det er derfor mulig at prøven ikke var representativ.

## 2.2. Forholdene ved st. 1.

St. 1 er dypeste sted i Tennebekktjern og ligger ca. 4 - 5 m rett ut fra Hofsethnesset i vannets nordende.

2.2.1. Temperatur og oksygeninnhold. I vedlagte kurve er fremstilt vannets temperatur og oksygeninnhold. Stort sett avtar temperaturen mot dypet, men temperaturfordeling med normalt sprangsjikt fins ikke. Dette må tydeligvis henge sammen med at innsjøen er under oppfylling. I dagene før prøvetagningsdagen var det kraftig regnvær, og oppfyllingen av Tennebekktjern foregikk relativt raskt.

Oksygenmetningen i forhold til dypet har et forløp som er karakteristisk for visse typer innsjøer med en middels stor påvirkning av organiske stoffer. Fra overflaten avtar oksygeninnholdet, og det har et minimum ved 5 m dyp. I dette dypet er sannsynligvis sedimenterbare organiske komponenter anrikt som følge av tetthets- og viskositetsforhold som følger vannets temperatur.

Anrikingen av organiske komponenter har ført til en rask dekomponering som igjen resulterer i oksygenvinn. Vannstanden i Tennebekktjern 30/6 d.å. var nettop så høy at uttapningen foregikk fra området omkring ca. 5 m dyp, regnet fra overflaten.

Ved 8 - 9 m har oksygenmetningen et nytt maksimum. Fra 9 - 12 m avtar oksygenkonsentrasjonen igjen. Denne såkalte bunneffekt, som skyldes rask dekomponering nær bunnlagene, er vanlig for mange innsjøer.

2.22. Farge, turbiditet og permanganat-tall. Vannets farge og turbiditet er også inntegnet i vedlagte kurve. I vedlagte tabell står oppført vannets permanganat-tall.

Variasjonene i farge og turbiditet viser klar sammenheng med oksygenkonsentrasjonen. Ved 5 - 6 m opptrer et maksimum både i turbiditet og farge. Under 9 m viser fargen og turbiditeten en økning som henger sammen med bunneffekten.

Variasjonene av permanganat-tallet i forhold til dypet viser overensstemmelse med forholdene for oksygen, farge og turbiditet. Høyest permanganat-tall fins ved 5 m. Her er derfor konsentrasjonen av oksyderbare, organiske stoffer høyest. Mot bunnen tiltar permanganat-tallet igjen som følge av bunneffekten.

2.23. pH, elektrisk ledningsevne, jerninnhold og innhold av sedimenter.

Vannet er surt med lave pH-verdier. Elektrisk ledningsevne er størst i området fra 3 til 6 m; et forhold som igjen henger sammen med dekomponeringen og dannelsen av mineralstoffer i disse lagene.

Innhold av jern er relativt høyt og konsentrasjonen av jern tiltar mot dypet. Jerninnholdet har sikkert sammenheng med myrforholdene rundt Tennebekktjern og med at vannet nylig er oppdemmet.

Innhold av sedimenter kunne ikke påvises i en blandprøve fra 0 - 5 m. I blandprøver fra dyplagene ble det påvist spor av sedimenter. Forholdet henger sannsynligvis sammen med oppdemningen i Tennebekktjern.

2.3. Forholdene ved stasjon 2.

Prøvene fra st. 2 ble tatt ca. 4 - 5 m utenfor midtpunktet på søndre demning i Tennebekktjern. Ved st. 2 er det adskillig grunnere enn ved st. 1. Egentlig skulle det vært mulig å lodde dyp på ca. 5 - 6 m ved st. 2. Imidlertid ble det ikke funnet noe dyp dypere enn 4 m. Antagelig skyldtes dette en tilfeldighet, og vi regner med at inntaket på prøvetakingsdagen lå dypere enn 4 m, regnet fra vannets overflate.

Temperaturen av vannet ved st. 2 viser at vannmassene egentlig hører til overflatelagene i Tennebekktjern. Oksygenmetningen viser avtagende tendens fra 0 - 4 m, svarende til at den biologiske dekomponering av organiske stoffer tiltar i intensitet mot dypet.

Fargen, turbiditeten og permanganat-tallet stiger i forhold til dypet og er derfor i overensstemmelse med oksygenmetningen.

Jerninnholdet er betydelig og i overensstemmelse med det som ble funnet ved st. 1. Mangan kunne ikke påvises.

Innholdet av bundet og fri ammonium var relativt høyt. Det samme var tilfelle med innholdet av total fosfat. Nitrater kunne ikke påvises. Med hensyn til innholdet av nitrogen og fosfat må vannet karakteriseres som relativt næringsrikt. Sannsynligvis skriver nitrogen- og fosfatinnholdet seg fra organiske forbindelser som delvis kan være under dekomponering.

#### 2.4. Vannprøver fra bekkene som fører til Tennebekktjern.

I vedlagte tabell er oppført en del data fra våre undersøkelser av bekkene. I alt rant tre bekker inn i Tennebekktjern på prøvetagningsdagen. Bekkene er i tabellen betegnet med 1, 2 og 3, hvor 1 er bekk fra Canadaskogen, 2 er bekk fra Nipefjell og 3 er bekk syd for Tennebekktjern ved demning.

Av disse tre bekkene er den fra Nipefjell mest dominerende med langt større vannføring enn de to andre. Vannføringen i bekken som kommer inn syd for vannet ved demningen er meget liten.

Temperaturen av vannet i bekkene er lavere enn temperaturen i overflaten av Tennebekktjern. Bekkenes surhetsgrad er betydelig lavere enn surhetsgraden i Tennebekktjern. Ledningsevnen i bekkevannet er som følge av den lave pH adskillig høyere enn i Tennebekktjern.

Fargen for bekkene fra Nipefjell og Canadaskogen er en god del mindre enn fargen i Tennebekktjernet, mens fargen av bekken fra syddelen av Tennebekktjern er høyere enn i selve vannet. For de to førstnevnte bekkene er turbiditeten lav, mens for sistnevnte bekk er turbiditeten høy. På samme måte ligger permanganat-tallet høyest for bekken fra syddelen av Tennebekktjern.

Bekkevannets hårdhet er av samme størrelsesorden som hårdheten i Tennebekktjern. Alkaliniteten er en del lavere i overensstemmelse med den lave pH.

Bekkene fra Nipefjell og Canadaskogen inneholder relativt lite jern, mens jerninnholdet i bekken fra syddelen av vannet er betydelig.

#### 2.5. Vannprøver fra ledningsnett.

Prøvene fra ledningsnett ble tatt fra A/S Norsk Fina's anlegg i Breivik og fra hydrant på Bjørndalsøyren. Resultatene står oppført i vedlagte tabell.

Vannets temperatur på ledningsnett ble målt til 11,2 og 11,3 °C. Sammenliknet med temperaturkurven for st. 1 tyder dette på at uttapningen foregår et sted mellom 5 og 6 m. I overensstemmelse med dette var oksygenmetningen

lav for prøvene fra Breivik og Bjørndalsøyren. Etter det vi har fått opplyst ligger det nåværende vannforbruk for Tennebekktjern på ca. 100 - 200 m<sup>3</sup> pr. døgn. Vannets oppholdstid i rørene er derfor kort, og av størrelsesorden 1 - 4 døgn, slik at oksygenforbruket i det klorerte vann i selve rørsystemet sannsynligvis er lite.

Fargen, turbiditeten og permanganat-tallet for vannet fra Breivik og Bjørndalsøyren ligger relativt høyt og er av samme størrelsesorden som på 4 - 5 m ved st. 1 og 2 i Tennebekktjern. Innhold av jern i vannet er særlig høyt, men dette kan kanskje henge sammen med tilstedeværende korrosjonsprodukter fra rørene m.v.

### 3. SAMMENDRAG OG KONKLUSJON:

Vannet i Tennebekktjern er surt, bløtt og humusholdig. Det virker korroderende på visse sementprodukter, samt på metaller som f.eks. jern og kopper.

Tennebekktjern er blitt sterkt oppdemmet i løpet av våren 1961. På denne måten er strandområder og vegetasjon oversvømmet og organiske stoffer er gått i oppløsning i vannet. Dette har, sammen med biologisk aktivitet, sannsynligvis ført til at vannet får en fiskelignende lukt og en myraktig smak. Ved klorering går lukten over til klorlignende, mens smaken minner om medisinsmak. Antagelig dannes det klorfenoler som har karakteristisk lukt og smak.

De organiske stoffene i Tennebekktjern er under dekomponering i dypere vannlag. I inntakshøyden er dekomponeringen særlig merkbar. Dekomponeringen kan føre til oksygensvikt i drikkevannet med ulemper som uklart vann, råtten lukt og smak m.v. Fargen og permanganat-tallet er relativt høyt. Dette skyldes tilstedeværende organiske stoffer (humuskomponenter m.v.). Vannets turbiditet (uklarhet), som skyldes innhold av svevende partikler, er høyere enn det som regnes som ønskelig for god kvalitet drikkevann. Innholdet av jern er såpass høyt at det kan medføre ulemper ved dannelse av rustflekker under vask.

Kvaliteten av vannet i de to største bekkene som fører inn i Tennebekktjern er bedre enn i selve innsjøen, og det skjer derfor en kvalitetsforverring av vannet i Tennebekktjern, sannsynligvis som direkte følge av oppdemningen og oversvømming av vegetasjon. Riktignok har den minste bekken fargetall av størrelsesorden som i Tennebekktjern, men vannføringen er her så liten at de to andre bekkene kvalitetsmessig har størst innflytelse på vannet i Tennebekktjern.

Vannet i rørledningsnettets fra Tennebekktjern har en sammensetning som tyder på at uttapning foregår fra 5 - 6 m dyp. Jerninnholdet er høyere enn i Tennebekktjern; et forhold som kan skyldes tilstedeværende korrosjonsprodukter fra rørledningsnettets.

Tiltak som kan forbedre forholdet med hensyn til vannets kvalitet er:



1. Fjerning og rydding av trær og busker som er blitt satt under vann som følge av oppdemningen. Det er en fordel om røttene tas bort. Trevirke m.v. må ikke brennes slik at asken blir liggende i nedslagsfeltet eller under vann.
2. Kunstig lufting av vannmassene i kritiske tider på året. Ved eventuell dekomponering vil lufting bl.a. føre til at ulempene blir mindre.
3. Sterkere klorering av vannet. Muligens kan en brekkpunktklorering gi betydelig kvalitetsforbedring. Dette kan best utprøves ved forsøksdrift i selve vannverket. Ved sterk-klorering blir vannet surere.
4. Kalking av hele vannmassen i Tennebekktjern vil føre til hårdere vann, men pH vil stige og korrosjonseffekten på kopperrør og på rør laget på sementbasis vil avta. Ved kalking av hele massen i Tennebekktjern vil man videre aktivisere visse selvrensingsprosesser, som sammen med en ventet utfelling av humuskomponenter kan føre til bl.a. lavere fargetall og lavere innhold av jern.
5. Bekk fra sydenden av vannet (Bekk 3) ledes utenom Tennebekktjern.

Tiltakene 1 - 5 er relativt enkle å gjennomføre, men det kan være vanskelig å vurdere resultatene på forhånd. Antagelig vil det i alle tilfelle gå adskil-  
lig tid innen virkningen av oppdemningen ikke lengre gjør seg gjeldende for  
vannets kvalitet, særlig med hensyn til fargen.

For å fremstille førsteklases drikkevann av vannet fra Tennebekktjern bør det trolig renses. Tiltakene 1 - 5 kan gjennomføres og virkningen eventuelt undersøkes før man bestemmer seg for omfang og type av renseprosess. Videre bør omfang og type av renseprosess bestemmes på grunnlag av en nærmere under-  
søkelse av forholdet i Tennebekktjern, særlig med henblikk på årsvariasjon i  
innsjøen.

Prinsipielle retningslinjer når det gjelder renseprosesser for vann av samme type som vannet i Tennebekktjernet er:

1. Koagulering, flokkulering, sedimentering og filtrering samt klorering. Prosessen kalles ofte fullrensning. Ved tilsetning av koagulanter, oftest aluminium- eller jernsalter samt kalk, utfelles humusstoffene og suspenderte partikler, idet det foregår en fnokkdannelse. Fnokkene kan fjernes fra vannet ved sedimentering og filtrering.
2. Blekeprosesser, eventuelt kombinert med filtreringsprosess. Mest anvendes blekemidler som ozon eller klor. I dette tilfelle fjernes suspenderte partikler fra vannet, mens humusstoffene overføres til ufargede forbindelser som forblir i vannet.

En renseprosess bør kombineres med en justering av det rensede vanns egenskaper slik at det virker minst mulig korroderende på materialer som det måtte komme i kontakt med, rørledninger m.v.

Laksevåg kommune.

Prøvetagning 30/6-61 i Tennebekktjern.

	Stasjon 1:												Stasjon 2:			Bekker:			Ledningsnett		
	0 m	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m	6 m	7 m	8 m	9 m	10 m	11 m	12 m	0 m	2 m	4 m	nr.1	nr.2	nr.3	1	2
Temperatur °C														14,2	13,7	13,0	9,8	10,7	11,8	11,7	11,2
Oksygen, % metn.														90,0	82,8	67,5				26,2	20,0
Oksygen, mg O/l	8,9	9,0	9,0	7,7	5,8	0,7	2,8	7,1	7,8	8,1	7,0	4,8	2,8	9,0	8,3	6,9				2,8	2,1
Surhetsgrad, pH	5,4	5,5	5,5	5,4	5,0	5,2	5,5	5,2	5,2	5,1	5,1	5,1	5,1	5,5	5,5	5,3	4,5	4,5	4,4	4,0	5,6
El. ledn. evne, 20°C, ohm <sup>-1</sup> . cm <sup>-1</sup> . 10 <sup>-5</sup>	4,26	4,19	4,16	4,36	4,46	4,36	4,26	4,14	4,16	4,16	4,19	4,26	4,21	4,19	4,31	4,33	5,66	6,06	5,34	9,93	5,45
Farge, mg Pt/l														35	37	14	22	25	58	44	69
Turbiditet, mg SiO <sub>2</sub> /l														1,1	1,2	1,2	0,3	0,3	0,8	1,5	1,9
Perm. tall, mg O/l	4,0	3,9	4,2	4,1	5,2	5,6	5,1	3,4	3,7	3,7	3,7	4,0	5,2	3,8	4,0	4,8	4,4	5,2	10,3	5,3	5,4
Hårdhet, mg CaO/l															3,4 <sup>x)</sup>		3,4	3,6	3,0		
Alkalinitet, ml N/10 HCl/l															0,4 <sup>x)</sup>		0,1	0,1	u.p.		
Klorid, mg Cl/l															8,5 <sup>x)</sup>						
Sulfat, mg SO <sub>4</sub> /l															6,9 <sup>x)</sup>						
Nitrat, mg NO <sub>3</sub> /l															u.p. <sup>x)</sup>	u.p.					
Jern, mg Fe/l				0,36 <sup>x)</sup>				0,47 <sup>x)</sup>				0,51 <sup>x)</sup>			0,18 <sup>x)</sup>	0,24	0,09	0,08	0,20	2,0	0,83
Mangan, mg Mn/l															u.p. <sup>x)</sup>	u.p.					
B.F.A., mg N/l <sup>1)</sup>															0,2 <sup>x)</sup>	0,6					
Fosfat, mg PO <sub>4</sub> /l <sup>2)</sup>				0,03 <sup>x)</sup>											0,10 <sup>x)</sup>	0,16					
Sedimenter				Ingen <sup>x)</sup>				Spor av sedimenter					Spor av sedimenter								

- x) Blandprøver  
 1) B.F.A. - Bundet og fri ammonium.  
 2) Totalfosfat.

- Bekk nr. 1 - Fra Canadaskogen.  
 2 - Fra Nipefjell.  
 3 - Syd for Tennebekktjern  
 ved demning.

Ledningsnett 1 - Breivik.  
 2 - Bjørndalsøyren.

u.p. - upåviselig.

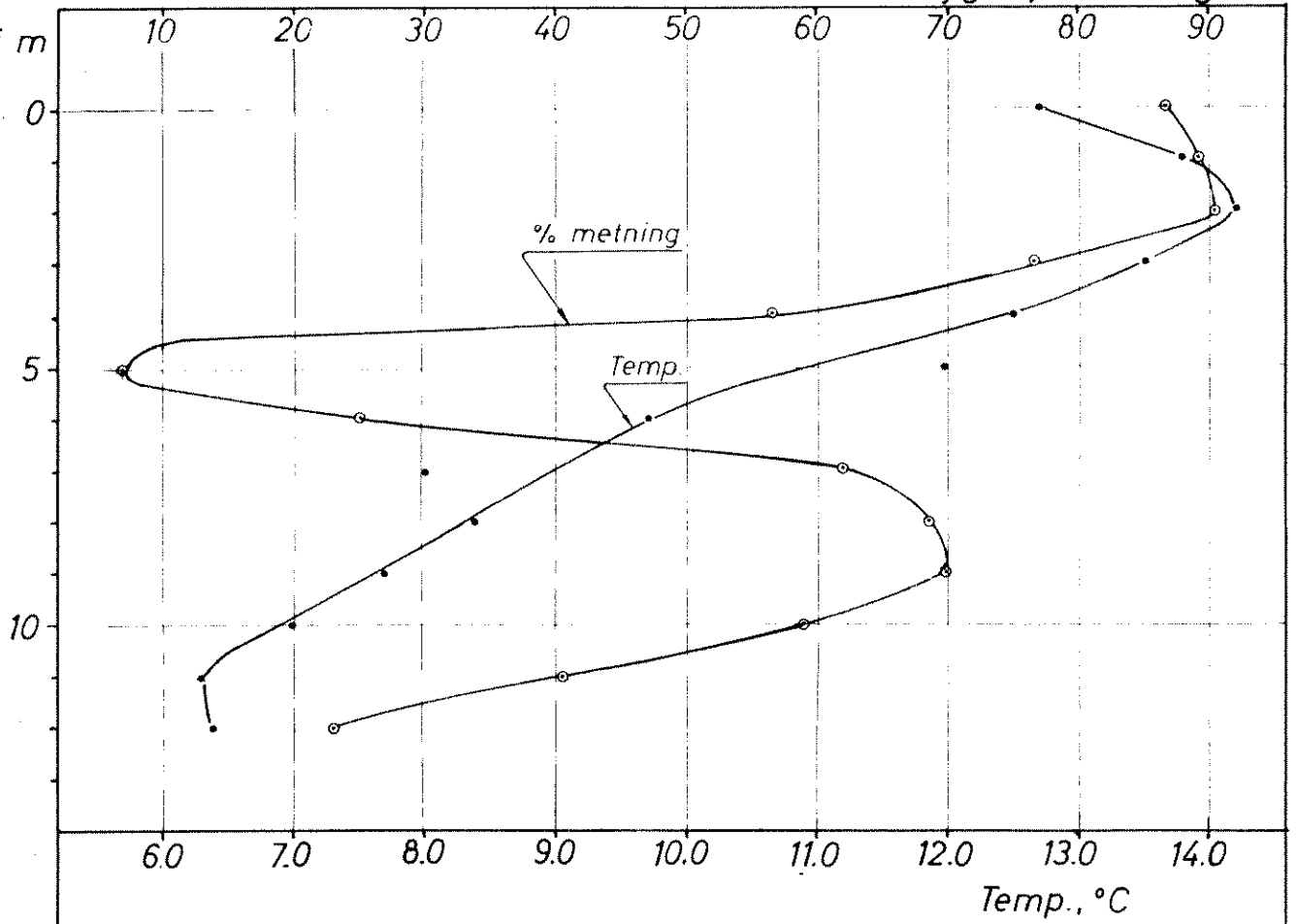
JES/krs.16/8-61.

## Tennebekktjern 30/6-61

Oksygen, % metning.

Dyp i m

c. 93.0



Dyp i m

Turbiditet, mg SiO<sub>2</sub> / l