

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
BLINDERN.

0 - 195.

Undersøkelse av Leksdalsvatnet
som drikkevannskilde.

Utført i tidsrommet
februar - november 1960.

INNHOLD.

Innledning	side	2
Hydrografi	"	2
Kjemi	"	6
Bakteriologi	"	8
Konklusjon	"	9
Tabeller ... fra	"	10.

Saksbehandler : cand.real. Hans Holtan
Rapporten avsluttet nov. 1961.

INNLEDNING.

Leksdalsvatnet ligger mellom Verdal og Steinkjer i Nord-Trøndelag fylke. Innsjøen ligger i et område som i det vesentligste er bygd opp av gneisbergarter (burn-gneis). I de sydligste områder er det imidlertid noe sterkt omvandlet kambro-siluriske sedimentar-bergarter (amfibolittisk). Nedslagsfeltet som er ca. 166 km² stort består av skog og fjellområder med enkelte myrstrekninger innimellom. Langs innsjøen, særlig på østsiden, er det en del dyrket mark. På grunn av terrengformasjonene ligger innsjøen utsatt til for vind. Innsjøens viktigste tilsigselv er Lundselva. Nedslagsfeltet til denne elven er 87 km² eller ca. 53% av innsjøens totale nedslagsfelt.

Leksdalsvatnet er ikke nøye loddet opp, og dybdekart finnes således ikke. Norsk institutt for vannforskning har imidlertid tatt noen få loddskudd på forskjellige steder (fig.1), og det ble registrert dyp ned til 25 m i det sydligste området.

Innsjøens overflate er ca. 21,5 km², og nedslagsfeltets areal er ca. 166 km². Settes den midlere dybde til 12 - 15 m, blir innsjøens volum ca. 300 mill m³. I dette området er tilsiget beregnet til ca. 40 l/sek pr. km² (Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen). Det årlige tilsig skulle derfor bli ca. 200 mill.m³. På grunnlag av disse overslag og antakelser, blir vannmassenes teoretiske oppholdstid i Leksdalsvatnet ca. 1,5 år.

HYDROGRAFI.

Den 21/2 og 7/9 1960 ble de fysisk-kjemiske forhold i Leksdalsvatnet undersøkt. Prøvestedet var lagt til innsjøens dypeste område, og det ble tatt observasjoner fra en rekke dyp. Resultatene er gjengitt i tabellene 1 og 2. Sommeren og høsten 1960 ble de kjemiske forhold i Lundselva undersøkt en rekke ganger (tabell 3), og i omtrentlig samme tidsrom, mai-november 1960, ble det foretatt temperaturmålinger i overflatevannet (tabell 5 og fig. 2).

Leksdalsvatnet er som de fleste innsjøer i Norge en holomiktisk innsjø, og har således to stagnasjonsperioder for året. Etabler-

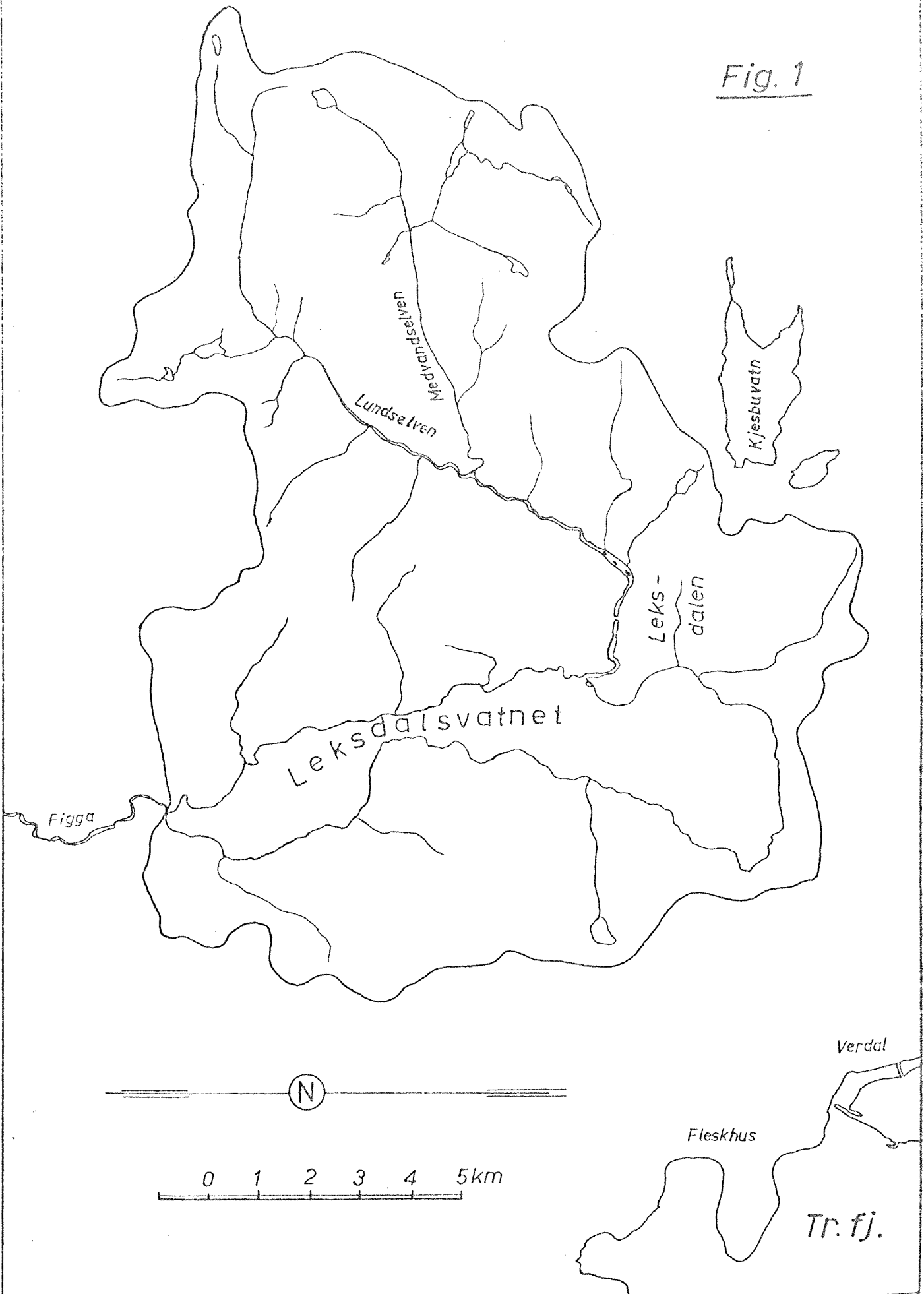
ingen og varigheten av de forskjellige termiske perioder er i første rekke avhengig av de klimatiske forhold, men bassengets form og dybde har også stor betydning. En annen faktor som i dette tilfelle sannsynligvis gjør seg sterkt gjeldende, er vindpåvirkningen, som i betydelig grad kan forlenge sirkulasjonsperiodene og dermed effektivisere ventilasjonsprosessene.

Temperaturene i overflatelagene gir til en viss grad beskjed om varigheten av de forskjellige termiske perioder. I sirkulasjonsperiodene ligger nemlig overflatetemperaturene i samme intervall som temperaturene i dyplagene. I Leksdalsvatnet var i følge disse observasjonene vårsirkulasjonen forbi allerede i midten av mai. Overflatetemperaturene var ved dette tidspunkt høyere enn det temperaturene for maksimum tetthet (ca. 4°C) tilsier, men i betraktning av den sterke vindpåvirkning, og at stabiliteten er liten ved denne temperatur, er det rimelig at innsjøen sirkulerte til temperaturen var betraktelig høyere enn 4°C . Dette begrunnes også på at temperaturen i dyplagene var over 7°C den 7/9 samme år, (tabell 2).

Når stabiliteten er blitt så stor at den kan motstå de ytre agensers (vind, bølge, konveksstrømmer) påvirkning, etableres en termisk lagdeling med varmt og lett vann over kaldere og tyngre. Fra dette tidspunkt sirkulerer og ventileres bare de øverste vannmasser, men i løpet av sommeren arbeides gjerne sprangsjiktet mot større dyp, slik at mektigheten av det øverste varmere lag øker. Overflatelagernes høyeste temperatur, $18,5^{\circ}\text{C}$ ble målt 3. august. Fra dette tidspunkt foregikk en gradvis avkjøling av overflatelagene. Vind, samt nattlig utstråling forårsaker mer omfattende og dyptgripende konveksjonsstrømmer, slik at betraktelig varme blir ført mot dypere lag. Den termiske situasjon under denne prosess illustreres av temperaturobservasjonene den 7/9-60 (tabell 2). Det er rimelig å anta at forholdene i denne vindeksponerte innsjø i betraktelig grad påvirkes av indre bølger og strømmingene disse bevirker. Dette er den sannsynlige årsak til den jevne og lite skarpe overgang fra de varmere overflatelagene til de kaldere dyplagene. Vanligvis pleier nemlig sprangsjiktet være skarpt og svært utpreget på denne årstid.

Den fortsatte sirkulasjon vil føre til en stadig større utjevning

Fig. 1



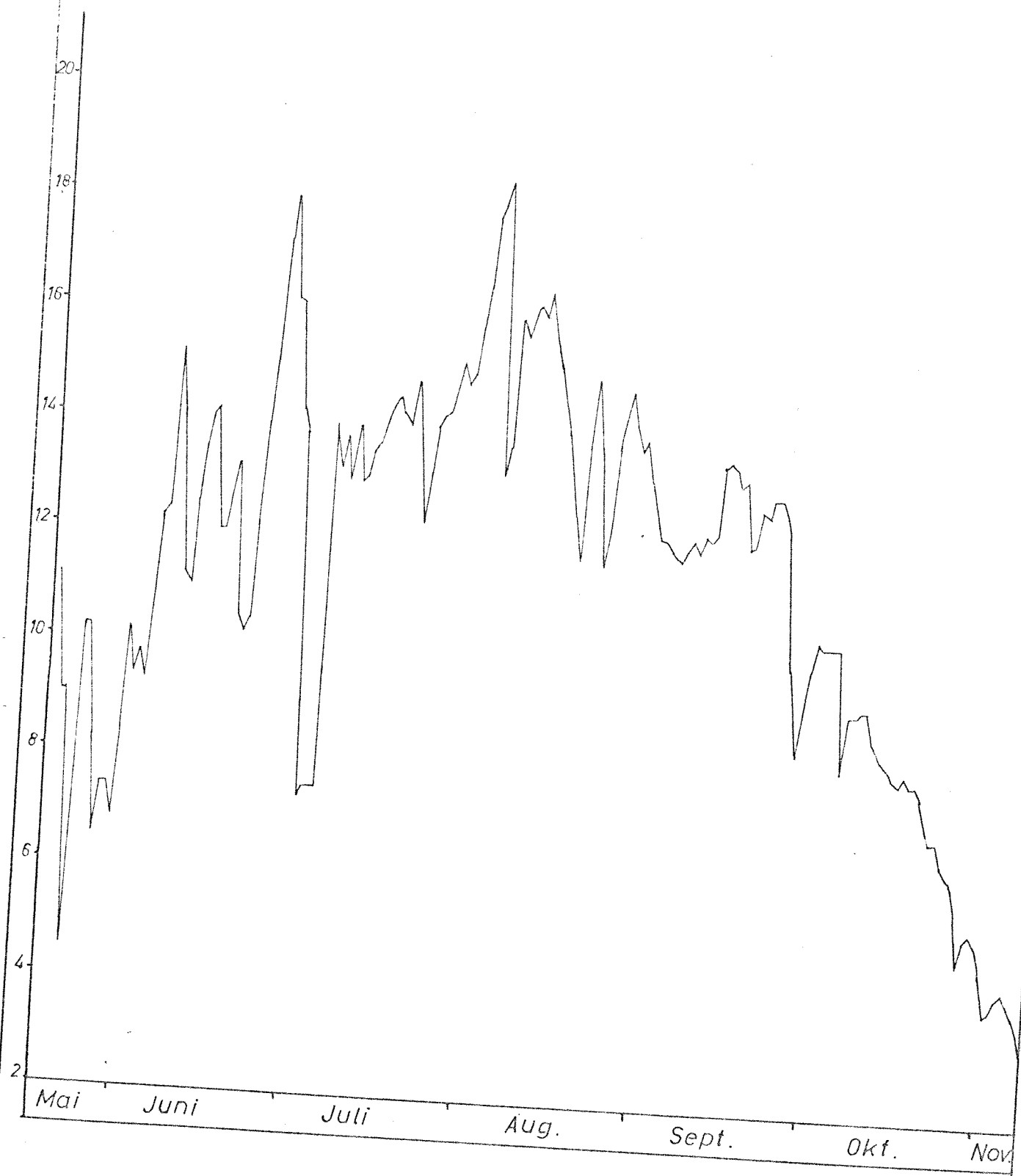
NORSK INSTITUTT FOR
VANNFORSKNING
BLINDERN

Leksdalsvatnet 1960
Nedslagsfelt.

M. 1 100 000

Nr. 0 - 195 - 41.

Fig. 2



NORSK INSTITUTT FOR
VANNFORSKNING
BLINDERN

Leksdalsvatnet 1960.
Overflatetemp. (°C).

M.

Nr. 0-195-42.

mellom temperaturforholdene gjennom hele vannmassen. I følge overflatetemperaturene ble isotermi (ensartet temperatur) oppnådd rundt 20. september. I den følgende periode sirkulerte hele vannmassene og temperaturene avtok gradvis. Temperaturen for maksimum tetthet ble nådd rundt månedskifte oktober-november, men p.g.a. at vannmassene i denne situasjon er lite stabile, er det rimelig at fullsirkulasjonen varte noe lengre, slik at også de dypere vannmasser ble avkjølt betraktelig videre. Den 8. november la isen seg og det var da etablert en invers termisk lagdeling med kaldere og lettere vann over varmere og tyngre - vinterstagnasjonsperioden var inntrådt.

Den termiske situasjon den 21/2-60 er interessant. Den viser nemlig at vannmassene i Leksdalsvatnet under høstavkjølingen kan avkjøles til temperaturer som er langt lavere enn det temperaturene for maksimum tetthet tilsier. Årsaken til dette er som nevnt vindpåvirkningen som har stor betydning spesielt i denne forholdsvis grunne innsjø.

Oksygeninnholdet ble bestemt i følge Winklers modifiserte analysemetode. Som følge av de forholdsvis lange og effektive sirkulasjonsperioder blir vannmassene godt gjennomluftet og beriket med oksygen. I innsjøer som er produktive eller får tilført organisk materiale fra nedslagsområdet, avtar gjerne oksygenmengden i de dypere lag under stagnasjonsperiodene. I Leksdalsvatnet er også denne tendens til stede. Den 7/9 var således oksygenmetningen i dyplagene vel 70%. Årsaken er dekomponering av organisk materiale - humusstoffer - som blir tilført innsjøen. De forholdsvis høye farge- og permanganattall viser nemlig at slike stoffer er til stede i betraktelig mengde. Forskjellen i absolutt oksygeninnhold sommer og vinter henger sammen med oksygenets løselighet i vann ved forskjellige temperaturer, og er således fysisk betinget.

KJEMI.

De fleste kjemiske komponenter ble bestemt i samsvar med standardiserte metoder som er internasjonalt anerkjent for drikkevannsanalyser. Av disse skal følgende omtales nærmere:

Fargen ble bestemt fotoelektrisk ved absorpsjon ved 435 m μ . Resultatene er angitt i mg Pt/1, og er fremkommet ved sammenlikning med standardverdier for farge.

Turbiditeten er også bestemt optisk ved refleksjon som Tyndahl-effekt på et spesielt instrument (Sigrist-fotometer). Resultatene er fremkommet ved sammenlikning med turbiditetsstandarder og er angitt i mg SiO₂/1.

Kaliumpermanganattallet er angitt i mg oksygen pr. 1, idet dette gir det letteste sammenlikningstall for å vurdere innholdet av organiske stoffer i forhold til innhold av løst oksygen i vannet. Ved å multiplisere de angitte verdier med 12,5 fremkommer verdier som vanligvis er brukt for drikkevannsanalyser hos oss.

Følgende tabell viser gjennomsnittsverdiene av de forskjellige kjemiske komponenter:

pH	:	6,3
d ₂₀ (10 ⁻⁵)	:	4,12
Hårdhet, mg CaO/1	:	5,9
Farge, mg Pt/1	:	3,2
Turbiditet, mg SiO ₂ /1	:	1,2
Kaliumpermanganattall, mg O/1	:	5,2
Klorid, mg Cl/1	:	6,3
Alkalinitet, ml N/10 HCl/1 ..	:	1,5
Jern, mg Fe/1	:	0,08
Mangan, mg Mn/1	:	0,03
Orthofosfat, mg PO ₄ /1	:	0,03
Nitrat, mg NO ₃ /1	:	0,58
Ammonium, mg NH ₃ /1	:	0,16

Resultatene viser at vannet er noe surt spesielt om vinteren. Variasjonene kan henge sammen med de vekslende forhold i nedslagsfeltet. Om vinteren består nemlig tilsigsvannet i vesentlig utstrekning av grunnvann eller vann som i sin tur har sivet gjennom jorden. Dessuten er det også rimelig at produksjon av planteplankton i sommerperioden er en medvirkende årsak til høyere pH-verdier på denne årstid. Noe lavere pH-verdier mot dypet henger sammen med dekomponeringen av organisk materiale. Den elektrolytiske ledningsevne, d₂₀, som er direkte proporsjonal med opp-

løste salter, er i det vesentligste betinget av de geologiske forhold i nedslagsfeltet. Mot bunnentiger H_2O -verdiene noe. Dette er også et resultat av de nevnte dekomponeringsprosesser. Både H_2O og verdiene for den totale hårdhet viser at vannet er forholdsvis bløtt.

De høye farge-, turbiditets og permanganattall har samme årsak og henger sammen med forholdsvis stor tilførsel av humusstoffer. Verdiene er betraktelig høyere enn hva som er ønskelig for drikkevann. Analyseresultatene viser at fargeverdiene er noe høyere om vinteren enn om høsten - noe som henger sammen med de klimatiske forhold og variasjoner i mengden av de tilførte vannmasser.

Innhold av jern og mangan er små og uten betydning i denne sammenheng. Sannsynligvis er disse stoffer i det vesentligste forbundet til humusstoffene.

Kloridinnholdet er forbausende høyt. Dette kan være geologisk betinget, men en skal heller ikke se bort fra tilførsel av slike salter gjennom nedbøren og tilsig fra omgivelsenes gårdsbruk. Mengden av næringsalter - PO_4 , NO_3 o.l. - viser at Leksdalsvatnet er en næringsfattig og uproduktiv innsjø og i så henseende vel egnet til drikkevannsforsyning.

De kjemiske analyser som er utført av vannprøver fra Lundselta, har stor likhet med analyseresultatene av vannprøvene fra innsjøen. Fargeverdiene er imidlertid noe høyere. Dette er en vanlig og rimelig foreteelse og er et uttrykk for de kjemiske blekings- og dekomponeringsprosessene som foregår i de frie vannmasser i innsjøen. Elvevannets større innhold av humusstoffer kommer også til uttrykk ved høyere permanganattall og større jerninnhold. Vannføringen i Lundselta er sterkt variabel. I perioder med liten vannføring blir vannet relativt saltrikere og fattigere på humusstoffer. I perioder med større avrenning synker vannets saltinnhold samtidig med at det får en tydelig brunfarge.

BAKTERIOLOGI.

I januar, februar, mars og april 1960 undersøkte byveterinær Eieland, Trondheim, de bakteriologiske forhold i Leksdalsvatnet.

Undersøkelsene besto i at det en gang hver måned ble tatt prøver fra forskjellige dyp og disse ble analysert med hensyn til koliforme bakterier og totalalkintall. Den 7/9-60 ble en lignende undersøkelse foretatt av Norsk institutt for vannforskning. Resultatene er fremstilt i tabell 4.

Særlig interesse for å bedømme vannets hygieniske egenskaper har antall koliforme bakterier. Utbredelsen av disse stemmer godt med hva en kan vente ut fra de hydrografiske forhold. Om vinteren varierte antallet fra 0 - 4 bakterier pr. 100 ml vann. I september var antallet noe høyere. Tallene er imidlertid små og vannet er derfor i bakteriologisk og hygienisk forstand tilfredsstillende som drikkevann, men ut fra sikkerhetsmessige grunner er det likevel nødvendig med svakkloreringsanordning.

KONKLUSJON.

1. Leksdalsvatnets nedslagsfelt er bygd opp av gneisbergarter og består av skog og fjellområder som til dels er rike på myr-strekninger. På østsiden av innsjøen er endel dyrket mark. Innsjøens overflate er ca. 21,5 km², mens nedslagsfeltet er ca. 166 km². Vannmassenes sannsynlige teoretiske oppholdstid er ca. 1,5 år.
2. Innsjøen har, som de fleste innsjøer i Norge, en termisk betinget lagdeling sommer som vinter, mens vannmassene sirkulerer vår og høst. Sirkulasjonsperiodene er som følge av vindens effekt forholdsvis langvarige, og vannmassene blir derfor godt ventilert og beriket med oksygen. Den svært beskjedne oksygentaring i dyplagene under stagnasjonsperiodene spiller i denne sammenheng en uvesentlig rolle.
3. Som drikkevann betraktet er vannet forholdsvis bløtt, men noe surt og ellers preget av et visst humusinnhold. Vannets farge, turbiditet og permanganattall er således noe høy, ellers er det fysisk-kjemisk i bruksmessig forstand helt tilfredsstillende.
4. I hygienisk og bakteriologisk forstand er vannet tilfredsstillende. Ved en behandling med svakklorering vil vi anta at tilstrekkelig sikkerhet oppnås.

TABELL 2.

Vannforsyning Verdalen. Leksdalsvatnet.

Kjemisk-fysiske vannanalyser.

Dato: 7/9-1961.

Meter dyp	1.	4.	8.	12.	16.	20.	21.
Temp. °C	14,30	13,90	13,82	11,51	3,91	7,51	7,41
Oksygen mg O/1	9,46	9,24	9,24	8,74	8,98	8,43	8,26
Oksygen %-metn.	95,5	92,1	91,9	82,7	80,0	73,2	71,2
pH	7,0	7,0	7,0	6,6	6,6	6,4	6,4
Ledn.evne $\cdot 10^{-5}$ $\text{C} 20^{\circ}$	4,02	3,98	3,98	3,96	4,13	4,25	4,18
Farge mg Pt/1	28	28	28	27	22	24	25
Turbiditet mg SiO ₂ /1	1,2	1,1	1,2	1,3	1,0	1,3	1,4
Permanganattall mg O/1	5,3	5,2	5,8	5,5	4,3	4,4	4,8
Alkalinitet ml N/10 HCl/1	1,4	1,3	1,2	1,3	1,3	1,2	1,3
Klorid mg Cl/1	6,2	6,0	6,4	6,3	6,4	6,4	6,4
Nitrat mg NO ₃ /1				0,61)			
Orthofosfat mg PO ₄ /1				< 0,011)			
Hårdhet mg CaO/1	5,0	5,9	5,0	5,8	5,8	5,8	5,9
B.F.A. x)				0,11)			
B.F.A. x) mg N/1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Fri ammonium mg NH ₃ /1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

x) B.F.A. = bundet og fri ammonium.

1) Blandprøver.

TABELL 3.

Vannforsyning Verdalen. Lundselva.
Kjemisk-fysiske vannanalyser.

Dato: 18/5, 12/7 og mottatt 8/10 - 1960.

Dato:	18/5	12/7	Mott. 8/10
pH	6,1	6,2	6,9
Ledn.evne, $\cdot 10^{-5}$, 20°	2,53	2,94	3,05
Farge, mg Pt/1	63	55	39
Turbiditet, mg SiO ₂ /1	1,3	0,9	0,6
Permanganattall, mg O/1	8,0	7,4	7,0
Alkalinitet, ml N/10 HCl/1	1,0	1,5	1,6
Klorid, mg Cl/1	2,7	-	3,6
Hårdhet, mg CaO/1	3,9	5,9	5,7
Jern, mg Fe/1	0,34	0,10	0,13
Mangan, mg Mn/1	ikke påv.	ikke påv.	ikke påv.
Fri ammonium, mg NH ₃ /1	-	0,33	

TABELL 4.

Vannprover fra Leksdalsvatnet.

Bakteriologiske analyser.

1960 meter dyp	22/1		24/2		9/3		24/3		7/9	
	Coliforme bakterier /100 ml	Kimtall /ml 20°C	Coliforme bakterier /100 ml	Kimtall /ml 20°C	Coliforme bakterier /100 ml	Kimtall /ml 20°C	Coliforme bakterier /100 ml	Kimtall /ml 20°C	Coliforme bakterier /100 ml	Kimtall /ml 20°C
1	2	3	0	4	4	2	1	6	7	33
4	2	0	0	0	4	9	1	0	7	41
8	2	3	0	4	2	8	2	4	8	21
12	2	2	0	1	1	2	0	2	13	11
16	0	6	1	1	0	2	1	1	5	13
20	2	15	0	2	1	0	1	6	1	9
22	-	-	0	4	0	10	2	7	3	29
25	0	5	-	--	-	-	-	-	-	-

