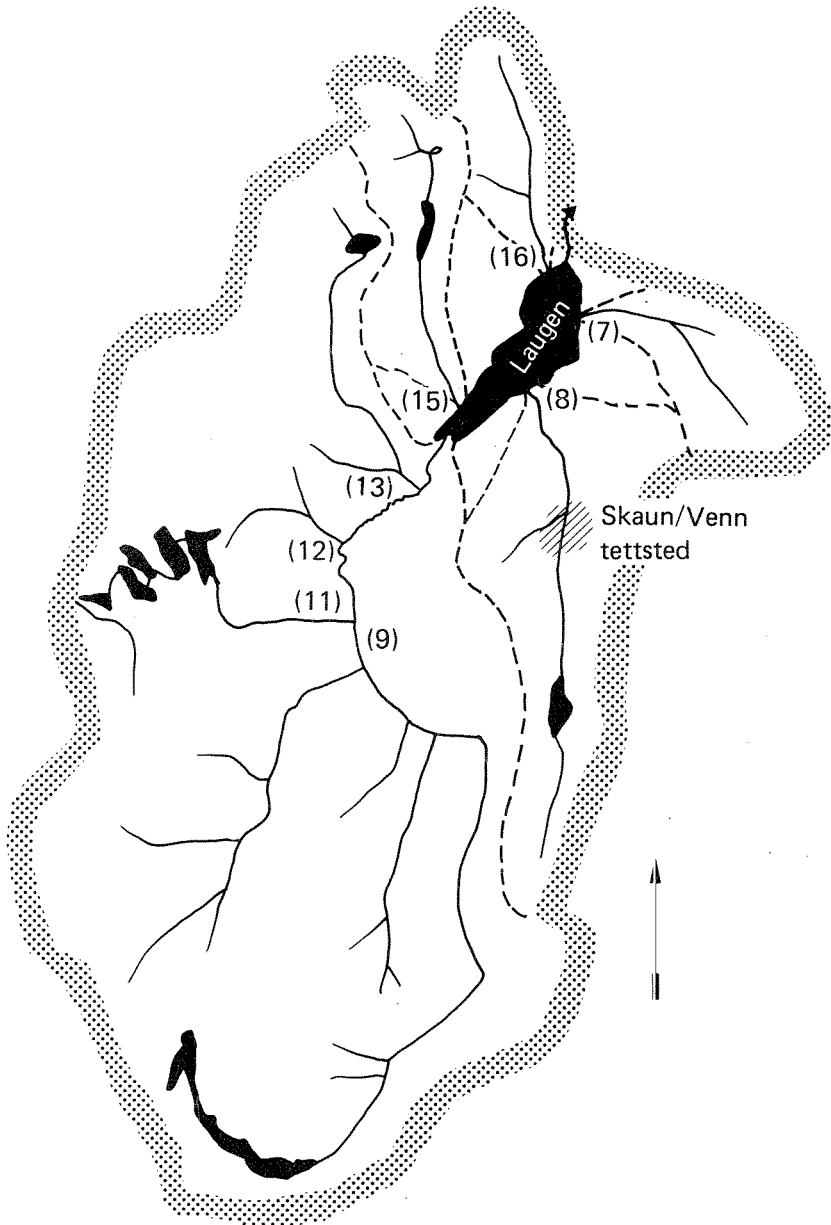


1963

O-85072

Undersøkelse av forurensnings situasjonen i innsjøen Laugen



NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Hovedkontor
Postboks 333
0314 Oslo 3
Telefon (02) 23 52 80

Sørlandsavdelingen
Grooseveien 36
4890 Grimstad
Telefon (041) 43 03 3

Østlandsavdelingen
Rute 866
2312 Ottestad
Telefon (065) 76 75 2

Vestlandsavdelingen
Breiviken 2
5035 Bergen - Sandviken
Telefon (05) 25 97 00

| | |
|-------------------------|---------|
| Prosjektnr.: | 0-85072 |
| Undernummer: | |
| Løpenummer: | 1963 |
| Begrenset distribusjon: | |

| | |
|--|--|
| Rapportens tittel: Undersøkelse av forurensningssituasjonen i innsjøen Laugen | Dato: Februar 1987 |
| | Prosjektnummer: 0-85072 |
| Forfatter (e): Hans Holtan | Faggruppe: Miljøteknisk |
| | Geografisk område: Skaun kommune Sør-Trøndelag |
| | Antall sider (inkl. bilag): 18 |

| | |
|---|----------------------------------|
| Oppdragsgiver: Fylkesmannen i Sør-Trøndelag, Miljøvernavdelingen | Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.): |
|---|----------------------------------|

| |
|--|
| Ekstrakt: Innsjøen Laugen i Skaun kommune mottar betydelig forurensningsstoffer fra bebyggelse og jordbruk. Innsjøen er i en eutrofierende utvikling. Det er behov for forurensningsbegrensende tiltak. |
|--|

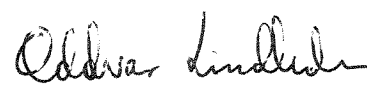
| |
|------------------------------------|
| 4 emneord, norske: |
| 1. Eutrofiering |
| 2. Fosfortilførsel |
| 3. Forurensningsbegrensende tiltak |
| 4. Laugen, Skaun kommune |
| |
| |

| |
|----------------------|
| 4 emneord, engelske: |
| 1. |
| 2. |
| 3. |
| 4. |
| |
| |

Prosjektleder:


.....
Hans Holtan

For administrasjonen:


.....
Oddvar Lindholm

ISBN 82-577-1198-5

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
OSLO

G-85072

UNDERSØKELSE AV FORURENSNINGSSITUASJONEN
I INNSJØEN LAUGEN

Oslo, 25. februar 1987

Hans Holtan

I N N H O L D S F O R T E G N E L S E

| | Side: |
|---|-------|
| 1. INNLEDNING | 3 |
| 2. KONKLUSJONER | 3 |
| 3. UNDERSØKELSENS MÅL | 4 |
| 4. GJENNOMFØRING AV UNDERSØKELSEN | 4 |
| 5. KORT BESKRIVELSE AV LAUGEN m/NEDBØRFELT | 5 |
| 6. FORURENSNINGSKILDER | 7 |
| 7. FORURENSNINGSTILFØRSLER | 7 |
| 8. DEN UTFØRTE UNDERSØKELSE | 12 |
| 8.1 Kommentarer til analyseresultatene | 12 |
| 8.2 Kommentarer til klorofyllverdiene | 15 |
| 8.3 Kommentarer til de bakteriologisk analysene | 15 |
| 9. SAMMENFATTENDE KONKLUSJON | 15 |
| 10. LITTERATUR | 18 |

1. INNLEDNING

Sommeren 1986 gjennomførte Fylkesmannen i Sør-Trøndelag, Miljøvern-avdelingen, en undersøkelse av eutrofieringstilstanden i innsjøen Laugen i Skaun kommune. Programmet for undersøkelsen ble laget av Norsk institutt for vannforskning (NIVA) (NIVA-notat datert 10.04.86). Miljøvern-avdelingen har gitt NIVA som oppdrag å bearbeide det innsamlede materiale i rapportsform (brev fra Miljøvern-avdelingen datert 18.12.85).

I tillegg til prøvetaking og analysering har Miljøvern-avdelingen loddet opp innsjøen. Dessuten har den samme instans utarbeidet en rapport om areal-fordeling, befolkning og forurensningstilførsler (Miljøvern-avdelingens rapport 3/1986: Børselva i Skaun).

Avdelingsing. Poul Byskov og overing. Ingvar Korsen har hatt ansvaret ved Miljøvern-avdelingen. Ved NIVA har cand.real. Hans Holtan vært saks-behandler.

2. KONKLUSJONER

- Laugen i Skaun kommune er en innsjø med overflate på ca. 2 km² og dybde på 32 m. Over 18 % av nedbørfeltet er jordbruksareal og det bor ialt 490 personer i området.
- På årsbasis tilføres innsjøen bortimot 3 tonn fosfor og ca. 57 tonn nitrogen.
- Algeveksten om sommeren (målt som klorofyll) synes å være betenkelig høy sett i relasjon til faren for en akselererende eutrofiutvikling.
- Oksygeninnholdet i dyplagene er lavt på sensommeren og dette understøtter inntrykket av at en betenkelig utvikling er på gang.
- Bakterieinnholdet er høyt, men de hygieniske forhold skulle foreløpig ikke være til hinder for badevirksomhet. Bakterieinnholdet er langt høyere enn helsemyndighetenes normer for drikkevann.

- Under forutsetning av at man ønsker å opprettholde en viss sunnhetstilstand i innsjøen er behovet for forurensningbegrensende tiltak i høyeste grad tilstede, både når det gjelder tilførsel av kloakkvann så vel som forurensningstilførsler fra landbruket. Fosfortilførselen til Laugen bør totalt sett ikke overskride ca. 1,5 tonn pr. år.
- Vi vil anbefale at innsjøen overvåkes. Dette gjelder konsentrasjoner av næringssalter og klorofyll og ikke minst oksygenforholdene i dyp-lagene under stagnasjonsperiodene sommer og vinter.

3. UNDERSØKELSENS MÅL

Hensikten med undersøkelsen har vært å samle inn et datagrunnlag for å bedømme/dokumentere innsjøens forurensningstilstand. Da Laugen er omkranset av jordbruksarealer og dessuten anvendes som resipient for kloakkvann, ble det antatt at overgjødning var den aktuelle forurensningstype. Både utførelse av prøvetaking og valg av parametre har tatt utgangspunkt i dette.

4. GJENNOMFØRING AV UNDERSØKELSE

Miljøvernavdelingen har utført alt felt- og registreringsarbeide:

- Samlet inn data om forurensningskilder og beregnet forurensningsbelastning.
- Loddet opp innsjøen.
- Samlet inn vannprøver for kjemiske, bakteriologiske og biologiske (klorofyll) analyser.

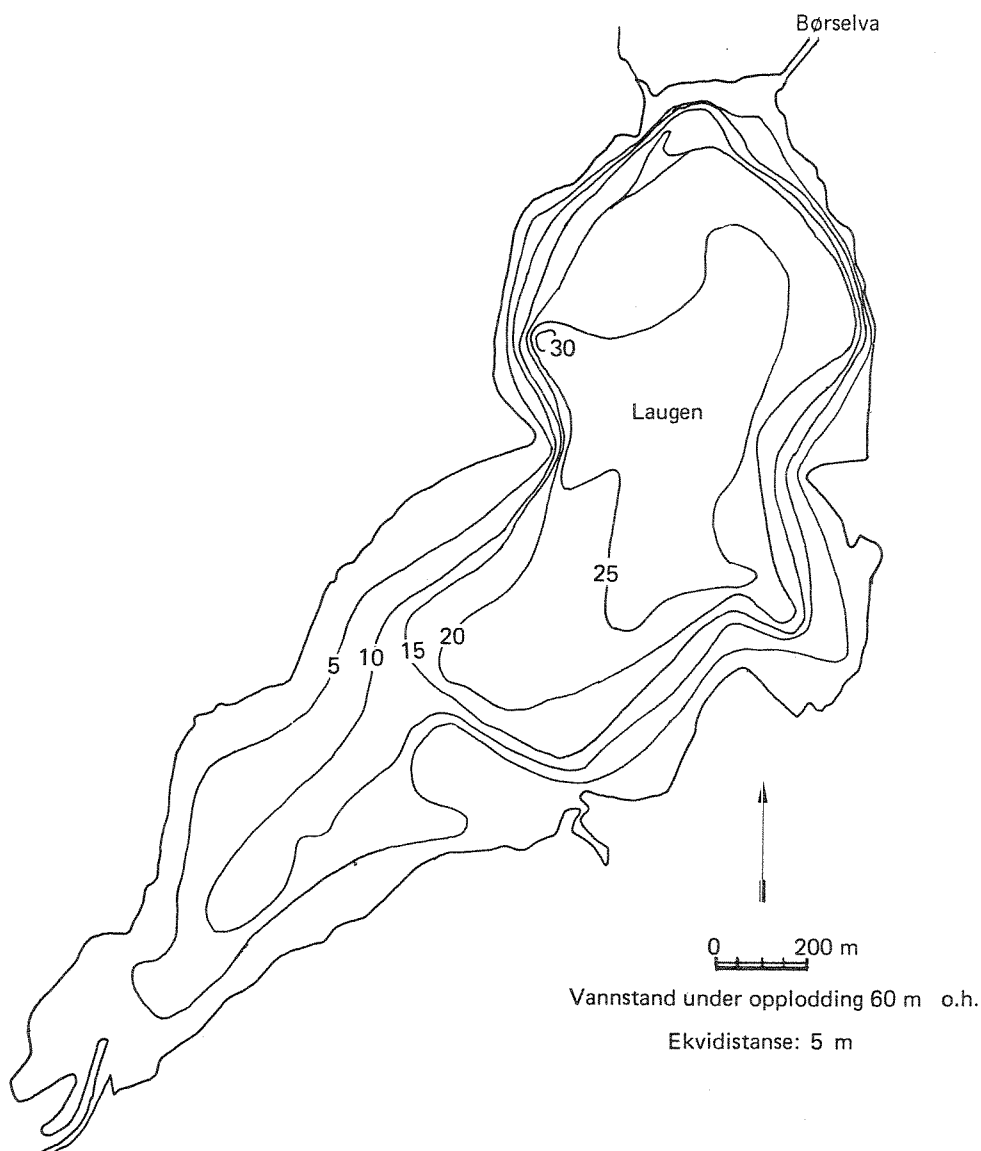
De innsamlede vannprøver er analysert ved Kjøtt- og næringsmiddelkontrollen i Trondheim. (Med hensyn til analysemetodikken kan vises til dette laboratorium).

Tegning av dybdekart, bearbeiding av observasjonsmateriale og utarbeidelse av rapport er blitt utført ved NIVA.

5. KORT BESKRIVELSE AV LAUGEN m/NEDBØRFELT

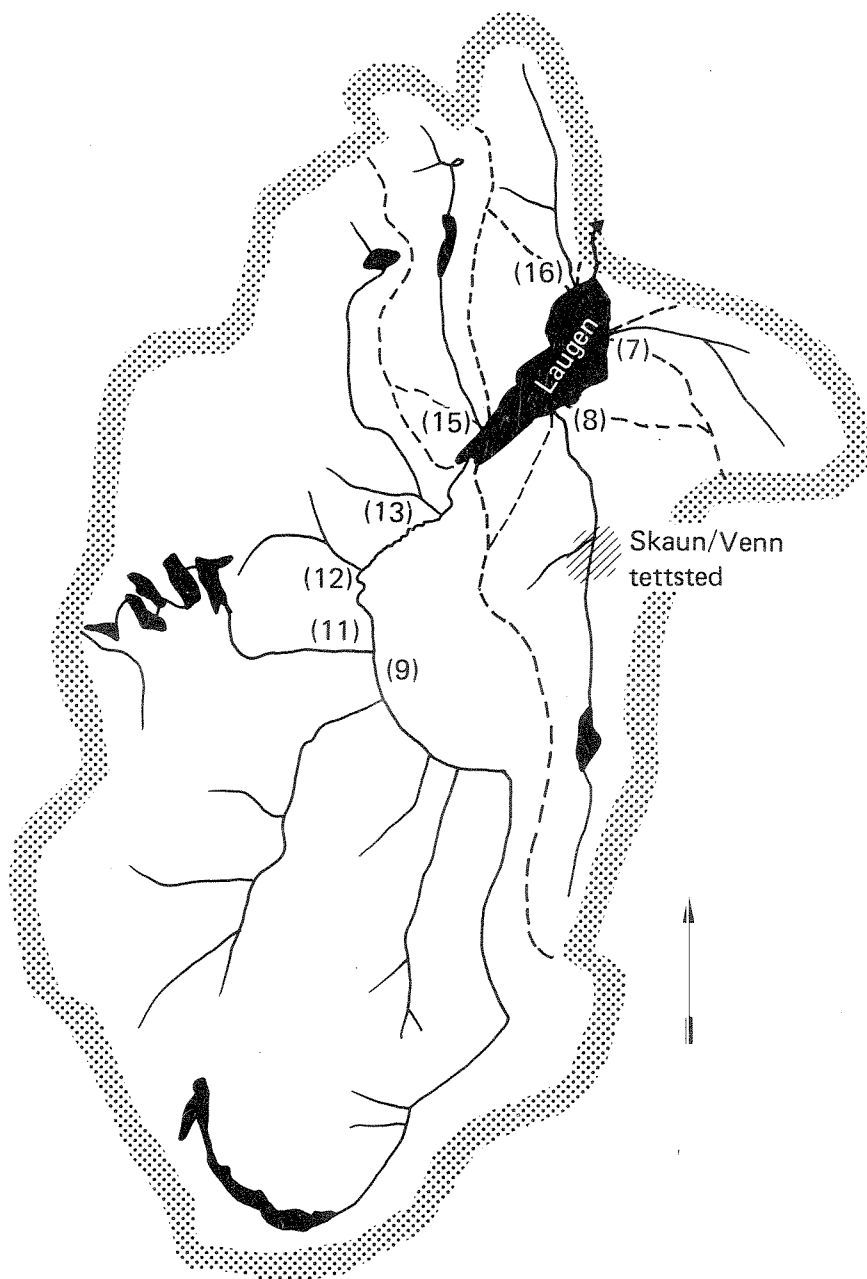
Innsjøen Laugen ligger i et typisk jordbruksdistrikt i Skaun kommune i Sør-Trøndelag. Innsjøen er ca. 3 km lang og 0,5 - 0,7 km bred og har et overflateareal på ca. 1,95 km².

Innsjøen er loddet opp av Miljøvernavdelingen i Sør-Trøndelag. Opploddingen ble gjennomført den 14. november ved bruk av ekkolodd og med loddesnor som korrektiv. Vannstanden under opploddingen lå på kote 60 som ifølge skaun E-verk representerer fullt magasin. Innsjøen er regulert 4 meter ved senking. Dybdekotene er tegnet inn ved å interpolere mellom de ulike dybdeangivelser. Volumet er beregnet ut fra planimitrering av de forskjellige dybdekoter og inntegning på dyp-areal diagram (figur 1).



Figur 1. Dyp-areal diagram.

Nedbørfeltet til Laugen er ifølge Miljøvernavdelingen på 96,1 km² (figur 2). Midlere arealavrenning er ifølge Norges vassdrags- og energiverk på ca. 35 l/s km² i dette området.



Figur 2. Nedbørfelt til Laugen med angivelse av prøvetakingsstasjoner (Miljøvernavdelingen).

På bakgrunn av disse opplysninger er det viktigste innsjødata følgende:

| | | |
|---------------------------------|--------|---------------------|
| Høyde over havet: | 60 | m |
| Innsjøoverflate: | 1,95 | km ² |
| Største målte dyp | 32 | m |
| Volum: | 26,6 | mill.m ³ |
| Middeldyp (volum: overflate): | 13,6 | m |
| Reguleringshøyde (senking): | 4 | m |
| Nedbørfeltets areal: | 96,1 | km ² |
| Spesifikk avrenning: | 35 | l/s km ² |
| Midlere årlig avrenning: | 106 | mill.m ³ |
| Vannets teoretiske oppholdstid. | ca. 92 | døgn el. 0,25 år. |

6. FORURENSNINGSKILDER

Laugen ligger i et område som er sterkt preget av jordbruksvirksomhet og hele 17,8 km² eller 18,5 % av nedbørfeltet er dyrket areal. Jordbruksarealene finnes spredt i hele nedbørfeltet. Driftsmåten oppgis å være ca. 40 % korn og ca. 60 % husdyr (se forøvrig Miljøvernadv.s rapport 3/1986).

Det bor i alt ca. 490 personer i nedbørfeltet, hvorav omtrent 260 bor i tettstedet Skaun/Venn. Noen hytter finnes i nedbørfeltets sydlige del. Ingen industribedrifter er registrert i området.

Det finnes ikke kommunale kloakkrenseanlegg/avløpssystem i nedbørfeltet. Ca. 90 % av kloakkvannet infiltreres i grunnen og ca. 10 % filtreres gjennom sandfiltere.

7. FORURENSNINGSTILFØRSLER

Miljøvernavdelingen i Sør-Trøndelag har beregnet tilførsel av forurensninger (fosfor, nitrogen, organisk stoff (BOF₇)) til Laugen. Beregningene er gjort ut fra oppgaver over arealfordeling og befolkning. Verdien for årlig produksjonsfaktorer, avrenningskoeffisienter etc., er tatt fra Vennerød 1984 (Håndbok om forurensningstilførsler). Resultatene er gitt i Miljøvernavdelingens rapport 3/1986, hvorfra følgende samletabell (tabell 1) er hentet.

Tabell 1. Teoretiske forurensningstilførsler til laugen - Samlet oversikt.
(Etter Miljøvernnavdelingen i Sør-Trøndelag sin rapport 3/1986).

| KILDE | Omfang | Antatt tilførsel (kg/år) | | |
|--------------------------|----------------------|--------------------------|-------|------------------|
| | | Tot-P | Tot-N | BOF ₇ |
| Nedbør | 5 km ² | 10 | 1257 | |
| Skog/Myr, arealavrenning | 67,5 km ² | 439 | 14863 | |
| Landbruk, arealavrenning | 17,8 km ² | 142 | 3922 | |
| Landbruk, husdyr | 778 m.k. | 303 | 3228 | 11670 |
| Landbruk, silolegging | 8285 m ³ | 58 | 174 | 6959 |
| Kunstgjødsel | 13582 mål | 251 | 3544 | |
| Spredt bebyggelse | 494 p.e. | 92 | 442 | 2576 |
| TOTALT | kg/år | 1295 | 27430 | 21205 |

Miljøvernnavdelingen har ved tre anledninger foretatt undersøkelser i 8 tilløpsbekker til Laugen. Resultatene er gitt i nevnte rapport 3/1986. Prøvetakingsstasjonene er avmerket på figur 2. Analyseresultatene er gitt i tabell 2.

Som en generell kommentar til analyseresultatene kan sies:

- Vannkvaliteten i alle bekker varierer med vannføring og årstid.
- Vannet er basisk og har om sommeren pH-verdier på opp mot 8,4.
- Relativt høy ledningsevne (konduktivitet) viser at vannet etter norske forhold er rikt på salter - noe som i vesentlig grad beror på de geologiske forhold.
- Flere av bekkene har meget høye konsentrasjoner av næringssalter. Spesielt kan bekkene L8 og L15 fremheves. Konsentrasjonen er høyest om sommeren under lavvannføringen.

- KMnO_4 -verdiene viser at tilløpsvannet er noe belastet med organisk stoff.
- Da konsentrasjonsverdiene varierer meget sterkt i løpet av året er det ikke mulig å beregne årstransportverdier ut fra tre observasjonsserier.
- De målte verdier for vannføring på observasjonssdagene særlig i juli og august, synes å være langt lavere enn spesifikk årsavløp oppgitt av NVE, nemlig 35 l/s km^2 .

Kommentarer til de teoretiske beregningsresultater for forurensningstilførsler

Det knytter seg alltid store usikkerheter til teoretiske beregningsresultater for forurensningstilførsel. Dette er også poengtert i den anvendte Håndboken. Det er flere årsaker til dette bl.a. følgende:

- Avrenning fra spredt bosetting er selvfølgelig avhengig av hvordan de ulike husstandene har ordnet sine avløpsforhold, bl.a. er infiltrasjonsgrunnen (jordsmonnet) av stor betydning. I Laugen-området (60 m.o.h.) antar vi at grunnforholdene består av leire som er dårlig egnet for infiltrasjon. Vi vil derfor anta at minst 50 % av forurensninger fra bebyggelsen når vassdraget.
- Avrenning av næringssalter fra dyrket mark varierer sterkt med jordsmonn og variasjoner i nedbørmengde. En relativt grundig undersøkelse i Telemark (Rognerud et al., 1979) gav som resultat at den midlere eksport fra dyrket mark var $74 \text{ mg fosfor/m}^2 \text{ år}$ (dvs. $74 \text{ kg/km}^2 \text{ år}$). Her er avrenning fra gjødsellager, siloer osv. regnet med. På Jæren er tilsvarende koeffisient ca. $300 \text{ mg/m}^2 \text{ år}$. Norges Landbruks-høyskole (Lundekvam, 1977) oppgir $450 \text{ kg fosfor/km}^2 \text{ år}$ for Namdalseid og $310 \text{ kg/km}^2 \text{ år}$ i Verdal. Disse koeffisienter er antakelig for høye. NIVA har anvendt $115 \text{ kg fosfor/km}^2 \text{ år}$ som middelverdier i undersøkelser utført i Nord-Trøndelag (NIVA 1984). Nitrogentilførselen fra jordbruket er der satt til $2 \text{ } 100 \text{ kg/km}^2 \text{ år}$.

Tabell 2. Kjemiske analyseresultater fra tilløpsbekker (elver) til Laugen.

24.05.85

| Bekk nr. | Vannføring (l/s) | ANALYSER | | | | |
|----------|------------------|----------|----------------------|--------------|--------------|------------------------------------|
| | | pH | Ledningsevne (µS/cm) | Tot-N (µg/l) | Tot-P (µg/l) | KOF perm (mg KMnO ₄ /l) |
| L7 | 87 | 7,72 | 115 | 538 | 19,5 | 24,9 |
| L8 | 192 | 8,04 | 165 | 2020 | 155 | 22 |
| L11 | (125) | 7,27 | 50 | 301 | 10 | 24,9 |
| L12 | 32 | 7,41 | 50 | 520 | 22 | 26,1 |
| L13 | 167 | 7,47 | 70 | 616 | 31,5 | 30,9 |
| L15 | 84 | 7,67 | 90 | 555 | 19,9 | 19,0 |
| L16 | 87 | 7,57 | 80 | 614 | 14,4 | 26,2 |

10.07.85

| Bekk nr. | Vannføring (l/s) | ANALYSER | | | | |
|----------|------------------|----------|----------------------|--------------|--------------|------------------------------------|
| | | pH | Ledningsevne (µS/cm) | Tot-N (µg/l) | Tot-P (µg/l) | KOF perm (mg KMnO ₄ /l) |
| L7 | 24 | 8,35 | 160 | 386 | 10 | 15,5 |
| L8 | 83 | 8,11 | 230 | 2250 | 510 | 24,3 |
| L9 | 438 | 8,34 | 90 | 341 | 9 | 30,7 |
| L11 | 62 | 8,42 | 80 | 362 | 8 | 23,7 |
| L12 | 13 | 8,39 | 100 | 747 | 16 | 11,7 |
| L13 | 34 | 8,24 | 160 | 914 | 73 | 23,7 |
| L15 | 2 | 8,23 | 170 | 1230 | 130 | 12,2 |
| L16 | 14 | 8,21 | 140 | 785 | 44 | 23,0 |

21.08.85

| Bekk nr. | Vannføring (l/s) | ANALYSER | | | | |
|----------|------------------|----------|----------------------|--------------|--------------|------------------------------------|
| | | pH | Ledningsevne (µS/cm) | Tot-N (µg/l) | Tot-P (µg/l) | KOF perm (mg KMnO ₄ /l) |
| L7 | 17 | 8,10 | 175 | 527 | 14 | 10,4 |
| L8 | 67 | 8,07 | 245 | 2438 | 315 | 19,9 |
| L9 | (400) | 8,08 | 100 | 342 | 9 | 15,2 |
| L11 | 49 | 8,03 | 105 | 837 | 39 | 12,8 |
| L12 | 5 | 7,85 | 115 | 1379 | 100 | 16,1 |
| L13 | 11 | 8,03 | 150 | 1041 | 39 | 16,1 |
| L15 | 1 | 7,96 | 205 | 4755 | 191 | 18,6 |
| L16 | 19 | 8,35 | 150 | 890 | 35 | 17,8 |

- Fosfortilførselen fra lite produktive områder blir gjerne satt til 6 kg/km² år og fra skogområder til 8 kg fosfor/km² år. Nitrogentilførselen varierer også - 220 kg nitrogen/km² år er ansett som rimelig både for skog og lite produktive områder, men det er store geografiske variasjoner.
- Nedbøren og luftens bidrag av næringssalter direkte til vannoverflaten kan dreie seg om ca. 20 kg fosfor/km² år og ca. 200 kg nitrogen/km² år.

Hvis vi anvender nevnte koeffisienter på de ulike aktiviteter i Laugens nedbørfelt, får vi følgende verdier for tilførsel av næringssalter (fosfor og nitrogen):

| Kilde/aktivitet | Kg/år | |
|--|--------|----------|
| | Fosfor | Nitrogen |
| Tilf. via nedbør og luft på Laugens overflatelag | 40 | 400 |
| Skog og utmark | 610 | 16 790 |
| Avrenning fra jordbruksarealer og aktiviteter | 2 047 | 37 380 |
| Avrenning fra bebyggelse | 225 | 2 960 |
| Total årstilførsel | 2 922 | 57 530 |

På bakgrunn av oppgave over spesifikk avrenning (35 l/s/km²) og disse beregningsresultater blir de midlere næringskonsentrasjoner i tilløpene følgende:

Fosfor: 27,5 µg P/l
Nitrogen: 542,4 µg N/l

Hvis vi anvender de angitte årstransportverdier fra tabell 1, blir tilsvarende midlere konsentrasjoner i tilløpsbakkene:

Fosfor: 12,2 µg P/l
Nitrogen: 258,6 µg N/l

8. DEN UTFØRTE UNDERSØKELSE

Sommeren 1986 ble det samlet inn vannprøver fra Laugen i alt fire ganger. Observasjons- og analyseresultatene er gitt i tabellene 3 og 4. Den 6/6, 9/7 og 19/8 ble det bare tatt blandprøver fra 1 - 10 m, mens det den 19/9 i tillegg ble tatt prøver fra 4 dyp. Klorofyllinnholdet i blandprøvene er bestemt. På de tre første prøvetakingsdager ble det samlet inn prøver for bakteriologiske analyser.

8.1 Kommentarer til analyseresultatene

Fysisk-kjemiske forhold:

Siktedyp: Verdiene varierer fra 1,65 den 6. juni til 4,5 den 19. september. Dette er lave verdier og viser at innsjøen er betydelig belastet med partikulært materiale og eventuelle løste fargestoffer. Det lave siktedypet om våren skyldes sannsynligvis stor tilførsel av partikulært materiale under vårflommen. Senere utover sommeren har antakelig planteplanktonet spilt en viss rolle.

Temperatur:

Temperaturen er bare målt ned til 10 meter bortsett fra den 19. september da temperatur på 15 og 20 meter også ble målt.

Den 6. juni var vannet varmet opp til 10 - 12 grader uten at noe utpreget sprangsjikt var utviklet (over 10 m). Den 9. juli og 19. august var overflatetemperaturen 16 - 17 °C, mens temperaturen i 10 meters dyp var 11 - 12 °C - altså heller ikke da noe markert sprangsjikt. Den 19. september var det ensartet temperatur (11 - 11,2 °C) nedgjennom hele vannmassen ned til 20 meters dyp.

Oksygen:

Vannets oksygeninnhold ble målt den 19. september. Mens det i overflate-lagene var en metning på 90 - 100 %, var det et markert avtak mot dypet og på 20 m var metningsprosenten 58 %.

Dette skyldes nedbrytning av organisk materiale som til dels tilføres fra nedbørfeltet og tildels produseres i innsjøen (planteplankton). Kalsiumper-manganatverdiene både i innsjøen og i tilløpsbekkene tyder på en viss tilførsel av organisk materiale (humus), men verdiene er ikke spesielt høye.

Tabell 3. Laugen 1986. Fysisk - Kjemiske observasjoner.

| Befaring | Dybde | Sikte- dybde | pH | Konduk- tivitet µS/cm | KOF mg KMnO ₄ /l | PO ₄ µg P/l | Tot.P µg P/l | NO ₃ µg N/l | Tot.N µg N/l | Oksy- gen mg/l | Oksygen metn. % | Kloro- fyll A |
|----------|--------------------------|-----------------|------|-----------------------------|--------------------------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------|----------------------|-----------------------|---------------------|
| 06.06.86 | B1.prøve | 165 cm | 7,60 | 80 | 25,7 | | 90,0 | | 902 | | | (x) |
| 09.07.86 | B1.prøve | | 7,35 | 81 | 23,5 | | 7,2 | | 870 | | | 2,86 |
| 19.08.86 | B1.prøve | turb=0,39 | 7,27 | 85 | 24,1 | | 16,2 | | 980 | | | 5,36 |
| 19.09.86 | - 1,5 m | | | | | 1,7 | 8,0 | 367 | 593 | 9,4 | 88,5 | |
| " | - 10 m | | | | | 1,6 | 5,7 | 368 | 566 | 10,4 | 97,9 | |
| " | - 15 m | | | | | 1,3 | 3,9 | 427 | 698 | 9,2 | 86,6 | |
| " | - 20 m | | | | | 1,7 | 4,0 | 483 | 692 | 6,2 | 58,4 | |
| " | B1.prøve (1,5 og 10m) | | | 85 | - | 1,7 | 6,9 | 367 | 580 | 9,9 | | 5,76 |

| | 6/6 | | 9/7 | | 19/8 | |
|---|--------------------|------|--------------------|-------|--------------------|-------|
| | Gj.snitt to prøver | | Gj.snitt to prøver | | Gj.snitt to prøver | |
| | 1m | 10m | 1m | 10m | 1m | 10m |
| Tot. antall bakterier pr. 1 ml (20°C, 3 d) | 128 | 120 | 152 | 221,5 | 311 | 114,5 |
| Tot. ant. bakterier pr. 1 ml (37°C, 1d) | 16,5 | 8 | 15,5 | 9 | 75,5 | 42,5 |
| Koliforme bakterier pr. 100 ml (37°C) | 39,5 | 14,5 | 34 | 8,5 | 12 | 2,5 |
| Termostab. kolif. bakt. pr. 100 ml (10°C) | 3 | 5,5 | 12 | 2 | 4,5 | 0,5 |

Tabell 4. Temperatur-profiler; siktedyp.

| Dybde | D A T O | | | |
|----------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | 86.06.06 | 86.07.09 | 86.08.19 | 86.09.19 |
| 1 m | 12 ^o | 17 ^o | 16,5 ^o | 11,2 ^o |
| 4 m | 11 ^o | 17 ^o | 16,0 ^o | 11,2 ^o |
| 6 m | 10 ^o | 14,5 ^o | 15,0 ^o | 11,2 ^o |
| 8 m | 10 ^o | 12 ^o | 12,5 ^o | 11,2 ^o |
| 10 m | 10 ^o | 11 ^o | 12,0 ^o | 11,2 ^o |
| 15 m | | | | 11,0 ^o |
| 20 m | | | | 11,0 ^o |
| Siktedyp | 1,65 m | 3 m | 2,2 m | 4,5 m |

Surhet:

Vannet er svakt basisk med pH i området 7,3 - 7,6, som er et gunstig område både med tanke på bruk og for biologisk produksjon.

Konduktivitet:

Vannets konduktivitet som er et mål for saltholdighet er i overensstemmelse med tilsvarende verdier fra andre vannforekomster i Trøndelag. Konduktiviteten avspeiler i første rekke de geologiske (omdannet kambrosilur) og kvartærgeologiske forhold i nedbørfeltet.

Fosfor:

De målte fosforverdier varierer fra 3,9 til 90 µg P/l. Den høyeste verdi ble målt den 6. juni og kan ha sammenheng med stor tilførsel av partikulært materiale (sorbert fosfor) fra nedbørfeltet. Den 19. august var også verdiene i overflatevannet relativt høyt. De øvrige verdier er lave og dersom analyseresultatene er riktige, skulle innsjøen være næringsfattig. Ortofosfatverdiene derimot kan tyde på at en viss belastning av løste fosforfraksjoner.

Nitrogen:

Nitrogenverdiene - total nitrogen og nitrater - er høye og viser at en betydelig forurensningstilførsel gjør seg gjeldene. (Det kan bemerkes at

verdiene er mer enn dobbelt så høye som de midlere nitrogenverdiene Miljøvernavdelingen beregnet, mens de er i god overensstemmelse med det reviderte forurensningsbudsjettet). Avrenning fra jordbruksarealer er sannsynligvis den viktigste årsak til de høye nitrogenverdiene.

8.2 Kommentarer til klorofyllverdiene

Da fotosyntetiske alger eller planteplankton inneholder klorofyll, kan vannets innhold av klorofyll anvendes som mål på algemengde. Klorofyllinnholdet (produksjonssjiktet) er målt ved 3 anledninger (9/7, 19/8 og 19/9). Verdiene var på alle observasjonsdager relativt høye (2,86 - 5,76) med middelerdi på 4,7 µg kl.a/l. Denne verdi er betydelig høyere enn det som ansees som "akseptabelt" for norske innsjøer, nemlig 2 µg kl.a/l. Verdien er av samme størrelsesorden som middelerdien (over sommeren) for Mjøsa i midten av 70-årene da algeproblemen var på det verste der.

8.3 Kommentarer til de bakteriologiske analysene

De bakteriologiske prøvene er analysert på totalt antall bakterier ved 20 og 37 °C, koliforme bakterier ved 37 °C og termostabile koliforme bakterier ved 44 °C.

De koliforme bakteriene har sin opprinnelse i tarmkanalene på varmblodige dyr og mennesker og kan således tilføres både via kloakkvann og fra gjødslede jordbruksarealer. De termostabile koliforme bakterier brukes som et sikkert tegn på tilførsel av kloakkvann.

Innsjøen er noe bakteriologisk forurenset, men verdiene er ikke spesielt høye. De bakteriologiske forhold synes å være tilfredsstillende for bading og rekreasjonsaktiviteter. Ved eventuell bruk av innsjøen som drikkevann, må vannet renses og desinfiseres.

9. SAMMENFATTENDE KONKLUSJON

Forholdet mellom fosfor og nitrogen i Laugen er som 1:39. Da dette forhold i alger (middelerdi) er som 1:7 (vekt), skulle det gjeldende forholdstall klart tilsi at fosfor er begrensende for algeveksten i Laugen.

Ved vurdering og beregning av sammenhengen mellom fosforbelastning og biologisk respons i innsjøer, kan man anvende visse erfaringsmodeller som i de fleste tilfeller har vist seg å være i god overensstemmelse med virkeligheten (Rognerud et al., 1979).

Som nevnt anvendes ofte en klorofyllverdi på 2 $\mu\text{g kl.a/l}$ som grense for akseptabel algeproduksjon i en innsjø, dvs. at så lenge den midlere klorofyllkonsentrasjon over sommeren er lavere enn 2 $\mu\text{g kl.a/l}$, er det ingen fare på ferde eutrofieringsmessig sett. Anvender vi denne verdi sammen med innsjødata i den nevnte modell, finner vi at den totale årlige fosfortilførsel til Laugen ikke bør overskride 1,2 tonn. Den midlere fosforkonsentrasjon i produksjonslagene vil da være ca. 7 $\mu\text{g P/l}$.

Da de målte fosforverdier er meget varierende og da det muligens kan foreligge prøvetakings-/analysefeil, er det vanskelig å angi den midlere fosforkonsentrasjon i Laugens overflatelag. Anvendes alle målte verdier får vi en middelkonsentrasjon på ca. 19 $\mu\text{g P/l}$. Ser vi bort fra den høye fosforverdi den 6/6 (90 $\mu\text{g P/l}$) som muligens er feil, blir middelverdien for fosfor i de øvrige blandprøver 10,5 $\mu\text{g P/l}$.

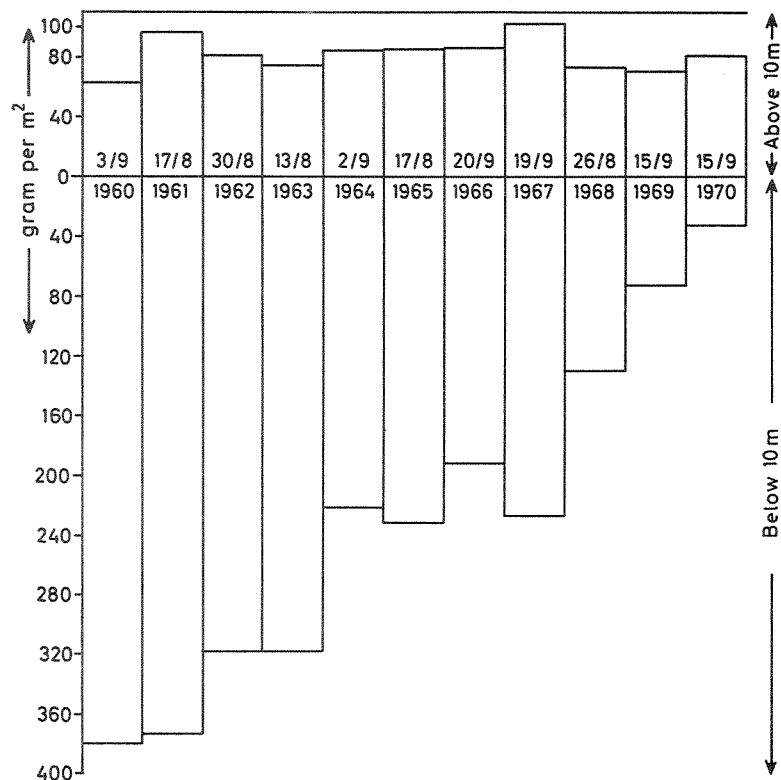
Anvendes de observerte klorofyllverdier (middelverdi 4,7 $\mu\text{g kl.a/l}$) i den nevnte modell, tilsvarer denne en midlere fosforkonsentrasjon i innsjøens overflatelag på vel 13 $\mu\text{g P/l}$ og en årlig fosforbelastning på 2,3 tonn (totalt fosfor). En midlere fosforkonsentrasjon i innsjøene på 10,5 $\mu\text{g P/l}$ gir ifølge modellen en midlere klorofyllverdi på 3,5 $\mu\text{g kl.a/l}$ og en årlig fosforbelastning på ca. 1,8 tonn (total fosfor).

Det er alltid knyttet visse usikkerheter til resultatene som fremkommer ved bruk av modeller - både erfaringsmodeller og matematiske modeller. I dette tilfelle er datagrunnlaget for spinkelt til at man ut fra modellbetraktninger kan forvente noen god overensstemmelse mellom de ulike parametre. Men de fremkomne resultater gir en viss forståelse av hvor på eutrofieringsskalaen innsjøen befinner seg.

Den 19. september var oksygenmetningen i 20 meters dyp ca. 58 % av full metning. Oksygensituasjonen i større dyp er ikke målt. At oksygeninnholdet i en innsjø avtar mot dypet i slutten av sommer og vinterperiodene skyldes nedbrytning av organisk stoff. En oksygenmetning på bare 58 % viser at betydelige mengder organisk stoff må være tilstede. Vi antar at oksygeninnholdet var ennå mye lavere mot bunnen.

Det organiske stoffet tilføres tildels fra nedbørfeltet (humus), men vi antar at algeproduksjonen er den vesentligste årsak. I så fall antar vi at innsjøen er inne i en meget betenkelig utvikling. Som illustrasjon på hvor hurtig utviklingen kan gå vil vi vise til figur 3 om utviklingen i Gjersjøen utenfor Oslo (Holtan 1972). I denne innsjø var oksygenmetningene i dyp-lagene i 1959 ca. 50 % og i slutten av 60-årene var det oksygenfrie tilstander i de bunnære vannmasser. Oksygenfrie tilstander medfører at stoffer bl.a. fosfor, løses ut fra bunnsedimentene og ved diffusjon kan dette fosfor tilføres høyereliggende vannmasser (produksjonslagene) hvor på algeproduksjonen kan bli stimulert. Erfaringsmessig har det vist seg meget vanskelig å bringe innsjøer som har nådd slike tilstander på fote igjen ved forurensningsbegrensende tiltak.

En eutrofieringsutvikling kan i startfasen virke positiv med hensyn til fiskeproduksjon, men når utviklingen har gått så langt at algeproduksjonen blir større enn det sekundærproducentene (dyreplankton) klarer å fordøye, er det fare på ferde. Innsjøen er da ute av balanse og algeproduksjonen vil da medføre opphoping av organisk materiale i dyplagene som medfører en utvikling slik vi har vært vitne til i Gjersjøen.



Figur 3. Gjersjøen. Oppløst oksygen i gram pr. m². Tidsperiode 1960 - 1970. Sommerobservasjoner.

De bakteriologiske forhold viser også at innsjøen er betydelig påvirket av kloakkvann, men konsentrasjonene synes ikke å være av en slik størrelse at bading i Laugen medfører noen større hygienisk risiko.

P.g.a. at datagrunnlaget er noe sparsomt og mangelfult, knytter det seg betydelig usikkerhet til vurderingene. Imidlertid synes det å være hevet over enhver tvil at innsjøen er inne i en uheldig utvikling og at behovet for forurensningsbegrensende tiltak er tilstede. Eventuelle tiltak må gjelde både rensing av kloakkvann og reduksjon av forurensningstilførsler fra jordbruket.

10. LITTERATUR

- Fylkesmannen i Sør-Trøndelag, Miljøvernadv. 1986: Børselva i Skaun. Kartlegging av forurensningstilførsler. Rapport 3/1986. 47 sider.
- Holtan, H., 1972: Gjersjøen - a eutrophic lake in Norway. Verh. Internat. Verein. Limnol. 18 (349-354).
- Lundekvam, H., 1977: Kjemisk kvalitet i avrenningsvatn frå jordbruksområder i Norge. Nordforsk; Diffuse vannforurensninger. Publ. 1977:2, 207 - 220.
- Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen, 1958: Hydrologiske undersøkelser i Norge.
- Norsk institutt for vannforskning, 1984: Undersøkelser av forurensningssituasjonen i Lømsen, Østre Dyen, Granavatn og Nesvatn i Nord-Trøndelag. NIVA-rapport. O-83069. 90 sider.
- Rognerud, S., D. Berge og M. Johannessen, 1979: Telemarksvassdraget. Hovedrapport fra undersøkelsene i perioden 1975 - 1979. 82 sider.
- Vennerød, Kaare, 1984: Håndbok i innsamling av data om forurensningstilførsler til vassdrag og fjorder. NIVA-rapport (O-82014/ F-82436). 48 sider.