

# Sedimentasjon i Eikeren

Av Gunnar Bjerke, Arne H. Erlandsen og Kaare Vennerød.

Alle er studenter ved Avd. for limnologi,  
Universitetet i Oslo.

## 1. Innledning.

Eikerens beliggenhet går fram av figur 1. Den ca. 26 km<sup>2</sup> store innsjøen har et maksimaldyp på 156 m og et middeldyp på ca. 94 m.

Innsjøens nedbørfelt består i stor grad av karrige barskogområder, men det finnes også endel jordbruksarealer, spesielt i den søndre del av nedbørfeltet.

Rundt Eikeren bor det ca. 300 personer (Knutzen 1974), flesteparten i tettbebyggelsen Eidsfoss ved sørenden av Eikeren. Et vesentlig større antall personer er bosatt i den søndre del av nedbørfeltet.

Totalfosforkonsentrasjonen i Eikerens sentrale deler er lave, stort sett ca. 5 ug/l. Siktedypet er vanligvis 13—15 m, med et avtak i juni måned til 8—10 m. Artsammensetningen og mengden av planteplanktonet antyder at Eikeren er oligotrof. Planteplanktonet er artsrikt med dominans av grønnalger. Av diatomeer dominerer sentriske arter, blant annet *Cyclotella compta*. Sestoninnholdet (partikulært materiale) i Eikeren er lavt, i størrelsesorden 0.4 mg/l.

Oksygenforholdene i Eikeren gir også inntrykk av at innsjøen er lite produktiv. Hele vannmassen er tilnærmet mettet med oksygen hele året og i sommerstag-

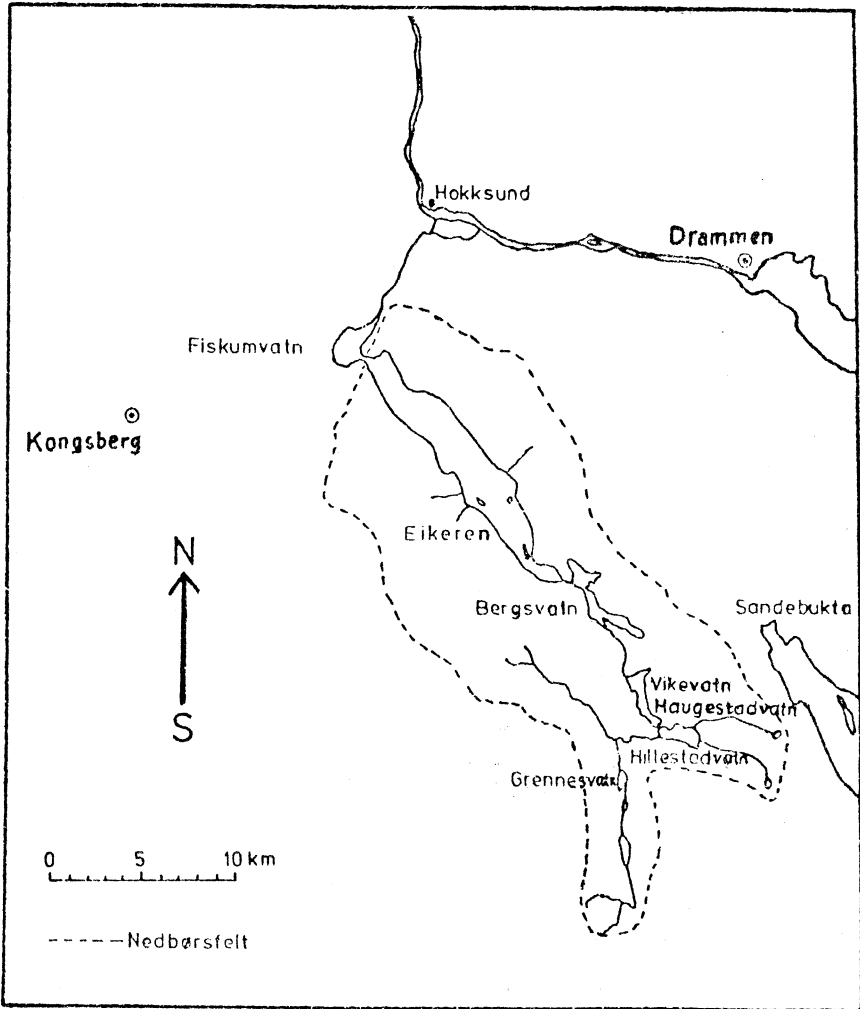
nasjonen er sedimentet på 150 m dyp oksydert ned til ca. 8 cm sedimentdyp.

— — —  
Det foreligger få observasjoner av sedimentasjonshastighet på grunnlag av sestonoppsamling i sedimentasjonsfeller fra store, oligotrofe innsjøer.

Den ca. 50 km<sup>2</sup> store bayerske Starnbergersee, med maksimalt dyp 117 m, gav en årlig sedimentasjon på 510 g/m<sup>2</sup> og en vertikal tilvekst på 3,2 mm på sedimentoverflaten (Reissinger 1932). Det foreligger imidlertid få opplysninger om innsjøens trofigrad. Artssammensetningen av diatomeer i det sedimenterte materialet kan imidlertid tyde på mer næringsrike forhold enn i Eikeren, med blant annet *Stephanodiskus spp.*, *Fragillaria crotonensis* (Wetzel 1975).

Thomas (1955) karakteriserer den 82 m dype Aegerisee i Sveits som oligotrof i sin artikkel «Sedimentation in oligotrophen und eutrophen Seen als Ausdruck der Produktivität». Den årlige sedimentasjonen i Aegerisee lå på ca. 700 g/m<sup>2</sup>.

I Horwer Bucht i Vierwaldstättersee har Bloesch (1974) foretatt sedimentasjonsundersøkelser blant annet på 60 m dyp. Lokaliteten, som hadde gjennomsnittsdyp på 42,6 m, betegnes som mesotrof med siktedypvariasjon fra 1,7 til 8,5 meter.



Figur. 1. Eikerensvassdraget. Eikerens nedbørsfelt er markert med stiplet linje.

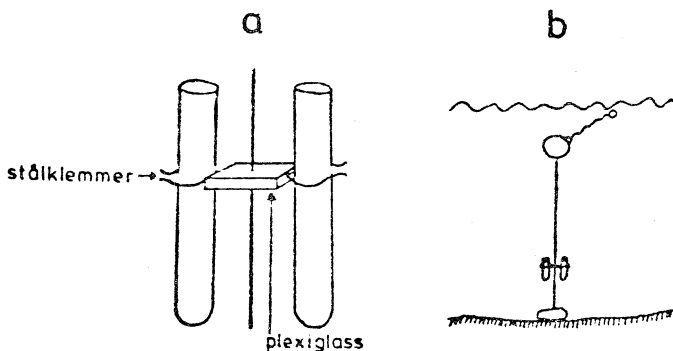


Fig. 2. Sedimentasjonsrør.

De hypolimniske  $O_2$ -verdier kom ned i 4–5 mg  $O_2/l$ , hvilket antyder en middelstor produksjon (Bloesch 1974).

Sedimentasjonshastigheten i Horwer Bucht varierte sterkt med årstiden. I perioden juli til september var den hele tiden over 6 g/m<sup>2</sup> døgn (ca. 14 dagers sedimentasjonsperioder), mens den i januar, februar og mars stort sett lå under 0,7 g/m<sup>2</sup> døgn. På årsbasis ble det sedimentert ca. 1300 g/m<sup>2</sup>, som ifølge Bloesch skulle tilsvare en vertikal sedimenttilvekst på 3,7 mm/år i form av «permanent» sediment. Han baserte denne omregningen på resultatene fra Bachofen (1960).

Når det gjelder en sammenlikning med Eikeren, er Ennerdale Water og Waswater i Lake District vesentlig mer egnet. Pennington (1974) karakteriserer disse ca. 3 km<sup>2</sup> store innsjøene som «highly oligotrophic» med maksimalt dyp på henholdsvis 42 og 76 m og minimum  $O_2$ -metning på 75 og 80%. Sedimentasjonshastigheten var her beregnet til 203 og 166 g/m<sup>2</sup> år. Tilveksten på sedimentoverflaten ble beregnet til størrelsesorden 0,25–0,40 cm/år.

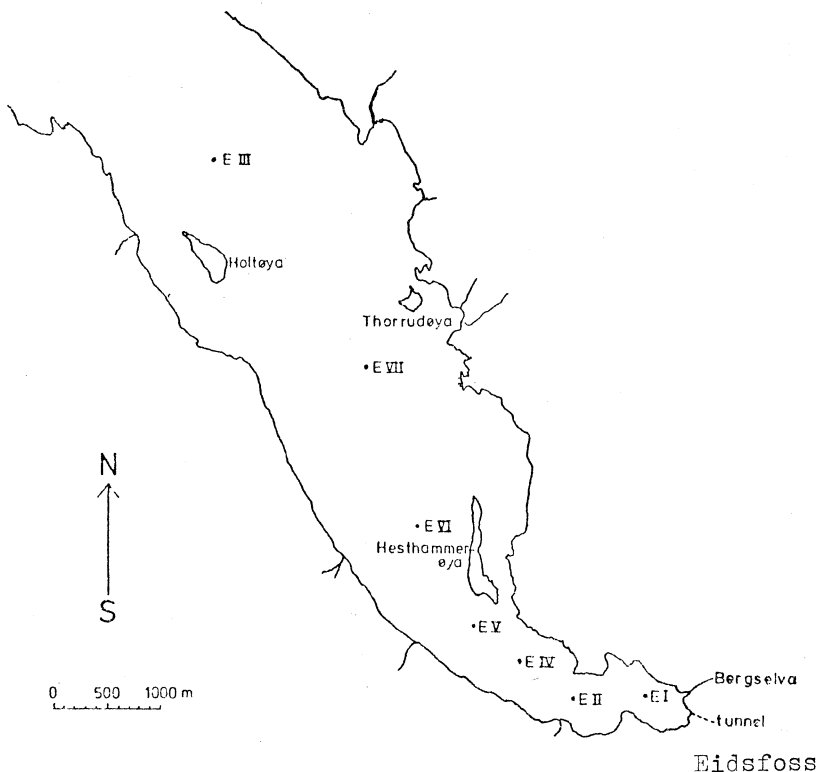
Ved anvendelse av Bachofens relasjon mellom tørrvekt og sentrifugert volum (Bachofen 1960) og ved å anta at sentrifugeringen tilnærmet tilsvarende pakkingen av sedimentet (Bloesch 1974) fåes en årlig tilvekst i permanent sediment på ca. 0,6 mm for Ennerdale Water og 0,5 mm for Wastwater. Disse verdier ligger forholdsvis nær de verdier Pennington oppgir for middel postglasial tilvekst (henholdsvis 0,58 mm og 0,30 mm) for disse to innsjøer.

## 2. Metoder og materiale

Som sedimentasjonsfeller ble anvendt 35 cm høye sylindriske glassrør med avrundet bunn og indre diameter 4,7 cm. (For vurdering av denne type sedimentfelle, se Pennington (1974).

Opphengsordningen er illustrert på fig. 2. Det så ut til at heving fra 150 m dyp ikke medførte forstyrrelser på bunnen av rørene. Heller ikke bølgenes påvirkning på båten så ut til å bringe felle-materialet i suspensjon i nevneverdig grad.

På EIII (over tilnærmet største dyp) ble det innsamlet materiale fra en periode



Figur 3. Prøvetakningsstasjoner på Eikerensvatnet.

(19/5 til 17/6-76) på 25, 50, 100 og 150 m.

På EVII (se kart fig. 3) over 100 m dyp ble det innsamlet materiale fra 2 m over bunnen i fem perioder innenfor tidsrommet 19/5-76 til 4/1-77.

Overalt ble anvendt to paralleller. Av tabell 1 fremgår det at det stort sett var god overensstemmelse mellom parallellene. Tørrvekt ble bestemt etter 2 t. tørking ved 105°C, glødetap etter 1 t. gløding ved 550°C.

Tabell 1 gir en samlet oversikt over alle sedimentasjonsdata.

### 3. Diskusjon

Det mest iøyenfallende er de lave verdiene gjennom hele observasjonsperioden. Dersom man ekstrapolerer verdiene for EVCII fram til 19/5-77 ved å sette gjennomsnittssedimentasjonen i perioden 4/1—19/5-77 til 100—150 mg/m<sup>2</sup> døgn, fås på årsbasis en sedimentasjon på 88—95 g/m<sup>2</sup>, ca. halvparten av verdiene fra Ennerdale Water og Wastwater, som Pennington gav betegnelsen «highly oligotrophic».

Selv om pakkingen og prosessene i sedimentet kan være forskjellige fra det ene oligotrofe sediment til det andre, kan

Stasjon	Dyp (m)	Periode	Ant. døgn	Mg tørrv./m <sup>2</sup> døgn		% glødetap	
				1.	2.	1.	2.
E III	25	19/5-17/6-76	29	161	163	38	32
E III	50	"	"	175	175	31	34
E III	100	"	"	207	207	29	28
E III	150	"	"	231	257	20	22
E VII	100	"	"	219	191	30	37
E VII	"	17/6-5/8-76	49	439	446	23	23
E VII	"	5/8-3/9-76	29	478	448	20	20
E VII	"	3/9-26/10-76	53	331	343	18	21
E VII	"	26/10-76—4/1-77	70	221	219	21	19

Tabell 1. Data fra sedimentasjonsfeller i Eikeren.

det være interessant å sammenlikne estimater for den gjennomsnittlige, postmarine sedimentasjonshastighet og årlig nåværende sedimenttilvekst på grunnlag av Bachofens forholdstall.

Dersom en forutsetter at Eikeren ble limnisk for 3—5 000 år siden (se Hafsten 1956 s. 142), og vår antagelse om marin avsetning på ca. 50 cm sedimentdyp er holdbar (denne antagelse er bygd på forandringer i diatomésammensetning i sedimentsøylen), er den gjennomsnittlige postmarine sedimentasjonsrate av størrelsesorden 0,1—0,2 mm/år.

Bachofens relasjon gir en årlig nåværende sedimenttilvekst på 0,26 mm.

Det må bemerkes at de sedimentasjonsfellene som gir grunnlaget for årlig sedimentasjonsestimater, ikke er plassert over Eikerens dypeste område. På bakgrunn av resultatene i tabell 1 og dessuten Eikerens morfometri er det imidlertid grunn til å anta at sedimentasjonshastigheten slik her beregnet, ikke er svært

forskjellig fra den som kunne måles på 150 m.

Når det gjelder vurdering av tidspunktet for overgangen fra marint til limnisk sediment, må en ta i betraktning at Eikeren kan ha beholdt dypvannet salt lenge etter at overflaten ble hevet over havets overflate. Følgelig kan altså de øverste 50 cm av sedimentet representere mindre enn 3—5 000 år, idet salttilførsler fra dypvannet og eventuelt tilbakestrømning fra havet kan ha opprettholdt et «marint» plankton lenge etter at den kontinuerlige påvirkning fra havet opphørte.

Dersom man imidlertid forutsetter at de to beregningsmåtene for nåværende og postmarin sedimenttilvekst gir noenlunde realistiske verdier, kan det altså se ut til at den nåværende sedimenttilvekst er av samme størrelsesorden, eventuelt noe større enn den gjennomsnittlige postmarine.

Den resente tilvekst på sedimentoverflaten er vesentlig større enn den perma-

nente tilvekst. På bakgrunn av at tørrvekten av det sedimenterte materialet i Eikeren er ca. halyparten av verdiene fra de to Lake District innsjøene, kan den resente tilvekst til overflatesedimentet i Eikeren anslås til størrelsesorden 1—2 mm/år. Umiddelbar inspeksjon av sedimentet viser også at de øverste cm er av vesentlig lavere tetthet enn de dypere sedimenter.

Variasjonene i sedimentasjon fra 25 til 150 m i perioden 19/5—17/6-76 var forholdsvis små, dog med en signifikant økning mot bunnen, antagelig som følge av den såkalte «trakteffekt» (Ohle 1962).

Prøvene fra EVII viser en markant sommer/høst topp. De to periodene mellom 17/6 og 3/9 gir ca. dobbelt så stor sedimentasjon som periodene 19/5—17/6 og 26/10—4/1.

Det antas at dette sommermaksimum vesentlig skyldes økt fytoplanktonproduksjon, da det er vanskelig å tenke seg andre agenser som kunne gi slike utslag til denne årstid i Eikeren.

Sedimentasjonstoppens plassering i tid stemmer også godt overens med de foreløpige planktontellinger og produksjonsmålinger. Både disse og siktedypsmålinger indikerer at den største planktonproduksjonen fant sted i juni, og det er da rimelig at sedimentasjonstoppen strekker seg endel utover høsten på grunn av sestonets lange oppholdstid i den dype innsjøen.

Glødetapsverdiene fra EIII kan muligens indikere forskjellige nedbrytningsstadier av det organiske materialet med fra ca. 35% glødetap til ca. 20% på 150 m. Dog er materialet for lite til nærmere vurderinger av vertikale forskjeller.

Glødetapsverdier som er observert på seston er høye, 50—100%. I de tre øverste cm i sedimentet fra 150 m dyp

er glødetapet 16—17%. Sammenholdt med glødetapet i sedimentasjonsfellene fra 100 og 150 m som er ca. 20%, kunne dette indikere at det organiske materialet i stor grad blir nedbrutt i vannmassen eller umiddelbart etter sedimentasjon. Det er imidlertid mer rimelig at forskjeller i glødetapsverdier mellom sestonprøver og sedimentasjonsfelleprøver skyldes at sedimentasjonshastigheten av uorganisk materiale er større enn av det organiske materialet.

Disse forskjeller kan skyldes tetthetsforskjeller mellom det organiske og det uorganiske materialet i vannmassen, men det kan til en viss grad også skyldes at forholdene i fellene beforder utflokkulering av uorganiske forbindelser som i sestonprøvene går gjennom filteret. Dette kan f.eks. gjelde jern- og manganforbindelser. En fruktbar sammenlikning av glødetapsverdier i sedimentasjonsfeller og sestonprøver er vanskelig uten at disse forhold er nærmere studert.

Det må også nevnes at på grunn av at glødetapsanalysene er utført på små mengder av seston, er verdiene forholdsvis usikre.

I tabell 2 er gitt noen verdier over jern- og manganinnhold i det sedimenterte materialet fra 100 m dyp. (Prøvene ble analysert atomabsorpsjonsspektrofotometrisk etter 5 min. koking med kons. HCL).

Mengden av jern og mangan var påfallende likt med det som er funnet i det permanente sediment.

Vannanalyser fra Eikeren gir gjennomsnittlig høyere verdier av mangan enn av jern. Tabell 2 viser imidlertid at det sedimenteres vesentlig mer jern. Dette kan muligens skyldes at manganforbindelsene vanskeligere flokkulerer til sedimenterbare partikler.

Periode	mg Fe/g tørrv.	mg Mn/g tørrv.
17/6 1976-5/8 1976	35	3
3/9 1976-26/10 1976	41	4
26/10 1976-4/1 1977	44	4

Tabell 2. Noen Fe- og Mn-verdier fra sedimentasjonsfeller i Eikeren.

#### 4. Sammendrag.

Årlig sedimentasjon i Eikeren er beregnet til 88—95 g/m<sup>2</sup>.

Den gjennomsnittlige postmarine sedimenttilvekst er anslått til 0,1—0,2 mm/år, den nåværende permanente sedimenttilvekst til 0,26 mm/år.

Vertikale forskjeller i sedimentasjon i perioden 19/5—17/6 var små, men med en signifikant økning mot bunnen. Glødetapet viste et %-vis avtak mot bunnen,

fra 35% på 25 m dyp til ca. 20% på 150 m.

Dessuten viste resultatene at det var en markert topp i sedimentasjonshastigheten om sommeren/høsten antagelig som følge av et maksimum i planktonproduksjon.

Jern- og mangananalyser fra sedimentasjonsfellene viste at jern- og mangankonsentrasjonene var tilnærmet like de som er blitt observert i det permanente sediment.

#### LITTERATURLISTE

- Bachofen, R., 1960. Stoffhaushalt und Sedimentation im Baldegger und Hallwilersee. (Juris-Verlag Zürich) 118 s.
- Bloesch, J., 1974. Sedimentation und Phosforhaushalt im Vierwaldstättersee (Horwer Bucht), und im Rotsee. *Schw. Z. Hydrol.* 36, Fasc. 1: 1—208.
- Hafsten, U., 1956. *Pollen-analytic investigations on the late Quaternary development in the inner Oslofjord area.* Årbok 1956, Universitetet i Bergen. 161 s.
- Knutzen, J., 1974. Vannkvalitet, plankton og eutrofiering i Bergvatnet, Eikeren og Fiskumvatnet. *Blyttia* 32: 145—154.
- Ohle, W., 1962. Der Stoffhaushalt der Seen als Grundlage einer allgemeinen Stoffwechseldynamik der Gewässer. *Kieler Meeresforsch.* 18, 3: 107—120.
- Pennington, W., 1974. Seston and sediment formation in five Lake District Lakes. *J. Ecol.* 62: 215—251.
- Reissinger, A., 1932. Quantitative Untersuchungen über den Schlammabsatz im Alpsee, dem Niedersonthofener See und dem Starnberger See. *Arch. Hydrobiol.* 24: 535—542.
- Thomas, E. A., 1955. Sedimentation in oligotrophen und eutrophen Seen als Ausdruck der Produktivität. *Verb. Int. ver. Limn.* 12: 383—393.
- Wetzel, R. G., 1975. *Limnology.* W. B. Saunders Company. Philadelphia — London — Toronto.