

# Tømmerhogst og virkninger på vannmiljøet

Av Tor S. Traaen

Tor S. Traaen er siv.ing. fra NTH og ansatt som forsker på NIVA.

## 1. Innledning.

Skogbruket kan påvirke vannforekomstene ved ulike aktiviteter, så som hogst, vegbygging, grøfting, gjødsling, sprøyting, transport og lagring. Denne artikkelen tar for seg virkninger av hogst og vegbygging. Artikkelen er et utdrag av en rapport om skogbruk og vannforurensning laget for Ressursavdelingen i Miljøverndepartementet (BERGE og TRAAEN 1985).

Årlig avvirkning til salg og industriell produksjon ligger rundt 9 mill m<sup>3</sup>. Det meste av avvirkningen skjer i form av flatehogster. Det føres ikke løpende statistikker over snauhogde arealer. Årlig slutthogstareal kan imidlertid anslås til 4—5 hundre km<sup>2</sup> (LØVSETH, NISK, pers. med.).

## 2. Hydrologi.

Skogen innvirker på hydrologien først og fremst gjennom sin *evotranspirasjon*, d.v.s. summen av fordampning og transpirasjon. I tette skogområder i Øst-Norge kan evotranspirasjonen komme opp i 450—500 mm pr. år (HAVERAAEN 1981). Den aktuelle evotranspirasjonen for et skogsområde vil blant annet være avhengig av skogbestandens tetthet og biomasse, samt tilgjengeligheten på vann. Etter hogst vil evotranspirasjonen avta. Dette medfører øket avrenning fra hogstfeltet. Størrelsen på endringen i målt avrenning vil være avhengig av hvor stor del av nedbørfeltet som avvirkes. I tabell 1 er det vist eksempler på øket avrenning ved nær 100% snauhogst i nedbørfeltet.

Tabell 1. *Endringer i årlig avrenning fra snauhogde nedbørfelt. (Enkelte tall er beregnet for 100% snauhogst ut fra målinger etter delvis snauhogst).*

Referanse	Sted	Årlig økning i avrenning, mm
LIKENS et al. 1970	Hubbard Brook, New Hampshire	330
AUBERTIN og PATRIC 1974	Fernow, W. Virginia	200
PATRIC 1980	Fernow, W. Virginia	290
HAVERAAEN 1981	Andebu, Øst-Norge	300
GRIP 1982	Kloten, Sverige	180
HEWLETT et al. 1984	Piedmont, Georgia	190
ROSEN, K. 1984	Hälsingland, Sverige	215
	—»—	371

Det fremgår av tabellen at økningen i avrenning etter snauhogst er betydelig. 200 til 300 mm/år i øket avrenning ser ut til å være vanlig. Den øvre grense for øket avrenning synes å være rundt 450 mm/år (AUBERTIN og PATRIC 1974). Den relative økningen i avrenning vil være avhengig av nedbørmengden, men kan komme opp i over 100%.

Fordelingen av avrenningen over året kan også endres. Øket sommeravrenning (LIKENS et al. 1970), høyere flomfrekvens (PATRIC 1980, MILLER 1984) og raskere avrenning under vårmeltingen (HORNBECK et al. 1970, GRIP 1982) er registrert.

Etter hvert som nedbørfeltet gror til etter snauhogsten vil avrenningen avta. PATRIC (1980) fant at avrenningen gikk ned til nivået før hogst etter 6 år. Tiden før hydrologisk balanse gjenopprettes er avhengig av hvor raskt vegetasjonen etableres. HAVERAAEN (1981) antar at i til 2 dekader er et rimelig anslag for å gjenopprette hydrologisk balanse i barskoger på Østlandet.

### 3. Vannkjemi.

Hydrologiske endringer vil som regel også føre til endringer i konsentrasjoner og transport av kjemiske komponenter. Ved flatehogster kan imidlertid vannkjemien bli endret langt utover det man ville forvente ut fra hydrologiske endringer. Hovedårsaken til dette er at trærnes opptak av næringsstoffer opphører. I tillegg kommer at ekstraordinære mengder skogsavfall utvaskes og mineraliseres. Endret jordstruktur ved at rotsystemene nedbrytes har også betydning.

#### 3.1 Nitrogen og fosfor

Den mest markerte endringen i vannkjemien etter snauhogst er økningen i kon-

sentrasjonen av nitrat. Etter en kombinasjon av snauhogst og herbicidbehandling registrerte LIKENS et al. (1970) at nitratverdiene øket med en faktor på 41 og 56 hhv. første og andre året etter hogst. Konsentrasjoner på opptil 18 mg  $\text{NO}_3\text{-N/l}$  ble registrert. Forsøksbetingelsene må dog sies å ha vært ekstreme. I et nærliggende felt fant HORNBECH et al. (1975) en økning på 5 mg  $\text{NO}_3\text{-N/l}$  etter snauhogst og en økning på 1.6 mg  $\text{NO}_3\text{-N/l}$  etter at 1/3 av nedbørfeltet ble avvirket hvert annet år.

HAVERAAEN (1981) fant 10—20 ganger økning i nitratavrenningen etter snauhogst i et østnorsk barskogområde. De største økninger i nitratkonsentrasjonene ble observert ved høye vannføringer, og var da gjennomsnittlig 0.7 mg N/l. 4 år etter hogst var konsentrasjonene av nitrat fremdeles omtrent 3 ganger høyere enn før hogst.

Ved målinger i en rekke ulike nedbørfelt fant MARTIN et al. (1984) maksimalkonsentrasjoner etter snauhogst på 6 mgN/l mot  $< 0.5$  mgN/l som referanseverdi. Effekten varierte imidlertid mye mellom ulike nedbørfelt, og var i mange tilfeller ubetydelig.

AUBERTIN og PATRIC (1974) fant 3—5 ganger høyere nitratavrenning etter snauhogst. Registrert maksimalkonsentrasjon var 1.4 mg N/l mot ca. 0.2 som referanseverdi.

Svenske undersøkelser (WIKLANDER 1974) viser en  $\text{NO}_3\text{-N}$  økning fra 0.3 til 1.3 mg N/l etter hogst. Maksimalverdier på 6 mg  $\text{NO}_3\text{-N/l}$  ble registrert. I Sverige er også registrert en langvarig økning av nitratinnholdet i grunnvann etter snauhogst, med maksimalverdier fra 1—6 mg N/l 3 til 7 år etter hogst (TAMM et al. 1974) referert av RAMBERG 1976).

Økning av nitratinnholdet i avrenningsvannet etter snauhogst ser altså ut til å være en vanlig effekt. Det er imidlertid kun i ekstreme tilfeller at verdiene kan bli så høye at drikkevannskvaliteten blir betenkelig. Dette kan trolig inntraffe der hele nedbørfeltet blir snauhogd, og all gjenvækt blir hindret ved kjemiske midler.

Endringen i fosforutvaskingen etter snauhogst synes ofte å være moderat, men enkelte høye verdier er registrert. HOBBIE og LIKENS (1973) fant en 12 gangers økning av fosfor bundet til grovpartikulært materiale, men kun en dobling av oppløst og finpartikulært bundet fosfor. I Klotenområdet i Sverige ble det registrert økninger i vannets fosfatinnhold fra 70 til 2060% i snauhogde nedbørfelt (LUNDIN et al. 1975 referert av RAMBEG 1976). AUBERTIN og PATRIC (1974) registrerte kun en svakt forhøyet fosforutvasking etter snauhogst. HAVERAAEN (1981) registrerte ingen signifikant økning i fosfortransporten etter snauhogst, mens GRIP (1982) gjennomgående fant en fordobling. SHORTEED og STOCKNER (1983) fant en økning av variasjonsområder for løst fosfor fra  $<1-9 \mu\text{gP/l}$  før hogst til  $<1-28 \mu\text{gP/l}$  etter hogst. De rapporterte imidlertid at gjennomsnittlige fosforkonsentrasjoner var like før og etter hogst.

Konklusjonen må bli at endringen i fosforutvaskingen etter snauhogst vanligvis er moderat. Unntak kan forekomme der man får øket erosjon. Det partikkelbundne fosforet er imidlertid vanligvis lite biologisk tilgjengelig. Det er derfor liten grunn til å vente store eutrofieringsvirkninger av fosforutvasking etter en snauhogst. Øket begroing kan forekomme, men dette kan like gjerne være en effekt av øket innstråling. Det er gjort få undersøkelser av begroing etter snauhogst, og årsak og virkning er derfor ikke klarlagt.

### 3.2 pH.

Skog virker vanligvis forsurende på jordsmonnet. Dette blir forklart ved at trærne tar opp et overskudd av kationer som kompenseres ved utskilling av hydrogenioner. Dette har imidlertid vanligvis en begrenset virkning på surheten i avrenningsvannet (SNSF 1977).

Flatehogst skulle ut fra ovenstående betraktning motvirke forsurening. Spesielt på rike boniteter er det imidlertid registrert en øket nitrifisering som har ført til forsurening i avrenningsvannet. LIKENS et al. (1970) registrerte en pH-senkning fra 5.1 til 4.3 etter snauhogst. GRIP (1982) registrerte redusert hydrogenionetransport de 2 første årene, men en øket transport samtidig med øket nitrifisering 3 år etter snauhogst. FELLER og KIMMINS (1984) registrerte en moderat pH-senkning på et par tiendedeler etter flatehogst.

pH kan også endres ved at regnet faller gjennom trekronene. Ved Birkenes ble det registrert at gran og furu førte til senket pH i gjennomfallende regn, mens bjørk, lyng og annen feltvegetasjon øket pH (SNSF 1977).

De fleste undersøkelser tyder imidlertid på at surheten etter flatehogst endres lite eller forblir uendret, og at eventuelle endringer kan gå begge veier (SWANK og DOUGLAS 1977, PATRIC 1980, HAVERAAEN 1981, MARTIN et al. 1984).

### 3.3 Mineralsalter

Det er registrert betydelig økning i vannets saltinnhold etter flatehogst. LIKENS et al. (1970) observerte en økning i ledningsevnen på 6 ganger. Økningen var relativt størst (15 ganger) for kalium. Sulfat var den eneste hovedkomponenten som hadde redusert konsentrasjon etter hogst. HAVERAAEN (1981) fant også at ka-

lium skilte seg ut med relativt størst økning (4—8 ganger) i avrenningen etter flatehogst. Betydelige transportøkninger ble også registrert for sulfat, natrium og klorid. For sulfat tilsvarte økningen omtrent økningen i avrenning. Generelt var økningen i transportverdiene betydelig lavere enn de Likens fant i Hubbard Brook.

I Kloten-området i Sverige fant GRIP (1982) i likhet med Likens og Haveraaen at kalium var det mineralsaltet som hadde relativt størst økning (3—5 ganger) i transportverdiene etter snauhogst. Øvrige mineralsalter øket stort sett proporsjonalt med øket avrenning. HEWLETT et al. (1984) fant at økningen i månedlig transport av elektrolyter var kortvarig, og at øket avrenning stort sett førte til fortykning av oppløste salter. PATRIC (1980) fant en økning av elektrolytt-transporten de to første årene etter snauhogst. Økningen tilsvarte omtrent økningen i avrenningen, og ga derfor lite utslag i konsentrasjonene. FELLER og KIMMINS (1984) observerte økede konsentrasjoner og transportverdier for elektrolytter de 2—3 første årene etter flatehogst, etterfulgt av en nedgang til verdier som til dels lå under referanseverdiene.

Ut fra refererte undersøkelser må konklusjonen bli at flatehogst medfører øket transport av mineralsalter ut av feltet. Til dels øker transportverdiene utover det man kunne forvente utfra øket avrenning, slik at konsentrasjonene av elektrolytter øker. I praktisk sammenheng vil dette neppe ha negative konsekvenser for vannkvaliteten.

### 3.4 Organisk stoff.

Flatehogster medfører at ekstraordinære mengder skogsavfall blir omsatt i skogbunnen. Man kunne derfor forvente øket avrenning av organiske stoffer.

Det er relativt få målinger av vannets innhold av organiske stoff etter flatehogst. HOBBIIE og LIKENS (1973) fant at konsentrasjonen av oppløst organisk karbon forble uendret etter snauhogst, og at transportverdiene kun øket i takt med avrenningen.

Målinger av permanganattall og farge etter en snauhogst i Syd-Norge (HAVERAAEN) 1981 tyder på at konsentrasjonen av organiske stoffer kan ha øket i størrelsesorden 50—100%.

GRIP (1982) fant en gjennomsnittlig økning i permanganat-forbruket på 170% for 4 snauhogde felt i Kloten-området. Den første sommeren etter hogsten ble det endatil observert heterotrof begroing (*Sphaerotilus*) i enkelte bekker.

De refererte undersøkelser viser at snauhogst kan medføre øket innhold av farge og organisk stoff i avrenningsvannet. Dette kan en kort periode redusere drikkevannskvaliteten.

Det er godt dokumentert at partikulært organisk materiale fra kantvegetasjonen (spesielt blader fra trær og busker) er avgjørende for produksjonen av bunndyr i rennende vann (KAUSHIK og HYNES 1971, FISHER og LIKENS 1973). Ved å fjerne vegetasjonen langs en bekk vil utvilsomt næringsgrunnlaget for bunndyr, og dermed fisk, bli redusert inntil ny vegetasjon er etablert. Tapet kan reduseres hvis øket innstråling medfører øket primærproduksjon.

## 4. Fysiske faktorer.

### 4.1 Erosjon.

Flere forhold kan føre til øket erosjon etter snauhogst. Ved at trerøttene dør endres strukturen i jorden slik at løsavsetningene bindes dårligere og blir mer utsatt for erosjon. Hvis flatehogsten etter-

følges av kjemisk ugressbekjempelse økes denne effekten. EPA (1975) fastslår at av alle aktiviteter forbundet med skogsdrift er veibygging hovedkilden til øket sedimenttransport.

LIKENS et al. (1970) registrerte en 4-dobling av transportert partikulært materiale etter snauhogst og herbicidbehandling. HAVERAEN (1981) registrerte øket turbiditet etter snauhogst.

LARSSON og GRETENER (1982) fant betydelige erosjonsskader, til dels store utrasninger etter skogsdrift i Øvre Klar-elvsdalen i Värmland. Undersøkelsene viste at erosjonen var spesielt kraftig under intensiv nedbør eller kraftig snøsmelting. Undersøkelser i selve elven ble ikke foretatt, men man må formode at betydelige mengder mineralpartikler har sedimentert i roligflytende partier nedstrøms utrasningene.

PATRIC og AUBERTIN (1977) observerte en gjennomsnittlig økning i turbiditet fra 2 JTU før hogst til hele 897 JTU, med maksimalverdier på 5000 JTU under hogstperioden. Årsaken var tømmersleper lokalisert for nær bekken. Etter snauhogst, avfallsbrenning og pløying av furer til nyplanting fant MILLER (1984) at sedimenttransporten øket med en faktor på 6 første året og avtok gradvis til en fordobling etter 4 år.

BESCHATA (1978) fant kun en dobling av sedimenttransporten første året etter veibygging, men en 5 gangers økning etter hogst og brenning av skogsavfall hvor mineraljord ble eksponert i store deler av nedbørfeltet. De største erosjons-

skadene etter veibygging ble observert hele 7 år senere.

IWAMOTO et al. (1978) refererer en rekke eksempler på øket erosjon etter skogsdrift, til dels med uheldige konsekvenser for fisk, næringsdyr og planter. Den hovedsakelige effekten er nedslamming av gyteområder for fisk og reduserte oppvekstområder for organismer som krever steinbunn. Ofte er imidlertid effekten kortvarig fordi etterfølgende flommer vil spyle ut mye av det sedimenterte finpartikulære materialet.

De refererte undersøkelsene tyder på at skogsbilveier, tømmersleper og skogsmaskiner representerer de største årsakene til øket erosjon ved skogsdrift. Selv om erosjonsproblemene med skogsdrift i Norge må antas å være betydelig mindre enn f.eks. på vestkysten av U.S.A., er det all grunn til å utvise varsomhet langs bekker som er oppvekstområder for fisk. Erosjonen kan begrenses ved å unngå å legge veiene i for brått terreng, og ved å opprette en beskyttelsessone på 10—20 m fra bekker og elver. For ytterligere detaljer henvises til en egen utredning om virkning av veibygging på vassdrag (IBREKK 1985).

#### 4.2 Temperatur og lys.

Ved snauhogst langs bekker og mindre elver øker sollinnstrålingen vesentlig. Dette medfører høyere maksimaltemperatur og større temperaturvariasjoner. Dette kan virke uheldig på fiskearter som trives best ved lave temperaturer, f.eks. laksefisk. Hvis næringsstoffinnholdet er tilstrekkelig vil produksjonen av alger og høyere planter øke.

I tabell 2 er vist enkelte eksempler på endrede temperaturforhold etter flatehogst.

Tabell 2. *Eksempler på endret vanntemperatur etter flatehogst.*

Referanse	Midlere økning i vekstsesongen, °C	Maksimal økning °C
LIKENS et al. 1970	—	5.5 (ukentlig)
LYNCH et al. 1977	3.3—5.6	—
PATRIC 1980	2.4	6.6
SHORTREED og STOCKNER 1983	2—3	—
LYNCH et al. 1984	—	10.5 (månedlig)

Selv om vinteren kan temperaturen i grunnvannsdominerte bekker øke (LIKENS et al. 1970). SCHRIVENER og ANDERSEN (1984) registrerte at yngelen av Coholaks kom hele 6 uker tidligere opp av grusen etter flatehogst, grunnet høyere vintertemperaturer. LYNCH et al. 1984 fant imidlertid lavere minimumstemperaturer på forvinteren etter snauhogst.

LYNCH et al. demonstrerte også at en 30 m buffersoner langs bekken kun ga en gjennomsnittlig økning i maksimumstemperaturer i sommermånedene på 1°C mot 9°C der vegetasjonen var fjernet helt inn til bekken. De konkluderte med at de observerte temperaturendringer etter snauhogst var store nok til å gi stress og reproduksjonsskader for både fisk og bunndyr. Bruk av buffersoner på 10—30 m langs vassdrag er forøvrig en utbredt regel i "Best Management Practices" for skogsdrift i U.S.A.

Betydningen av overhengende kantvegetasjon for antall og vekst av laksefisk er stor selv der temperaturendringene er ubetydelige. Dette er dokumentert av BOUSSU (1954) i en bekk med vekselvise seksjoner med og uten vegetasjonsoverheng. Selv om det ikke er vitenskapelig dokumentert, kan det også nevnes at forfatterne av denne utredning har hørt fiskere i Nordmarka hevde at ørretfiske er gått sterkt tilbake langs

strandsonen etter flatehogst, spesielt under harvefiske om høsten. Det må vel også sies å være en generell erfaring hos sportsfiskere at ørret foretrekker standplasser i skyggen av trær eller en overhengende elvebrink.

LIKENS et al. (1970) observerte en kraftig økning i algevekst etter snauhogst. Årsaken ble antatt å være en kombinasjon av øket innstråling og øket utvasking av næringssalter. Høyere maksimalverdier for biomassen av begroing ble også registrert av SHORTREED og STOCKNER (1984), men gjennomgående var endringene små fordi lave fosforverdier begrenset økningen. De registrerte forøvrig øket forekomst av trådformede grønnalger, noe som ble satt i sammenheng med øket lysintensitet. Denne endring i artssammensetning som funksjon av lysforholdene er i god overensstemmelse med observasjoner i svenske bekker (JOHANSSON 1982).

Skyggeeffekten av kantvegetasjonen er forøvrig godt dokumentert av DAWSON og KERN-HANSEN (1979) som har vist at planting av trær langs elvebredden kan bidra til å redusere gjengroing med vannplanter.

### 4.3 Skogsavfall.

Virkingen av skogsavfall i bekker etter hogst synes å være lite påaktet i littera-

turen. Forfatterne av denne utredningen har dog opplevet at grener og mindre trestammer har laget demninger som har hindret oppgang av gytefisk. Skogsavfall i innsjøer (ofte deponert på isen) kan også være til stor sjenanse for utøvelse av fiske og bidra til uønsket høy reproduksjon av abbor. I grunne humøse skogstjern hvor oksygeninnholdet i perioder er lavt allerede i utgangspunktet kan avfallets oksygenforbruk forværrer forholdene for fisk og næringsdyr.

### 5. Konklusjoner.

1. Snauhogst i et nedbørfelt medfører øket avrenning i størrelsesorden 100—300 mm pr. år.
2. Snauhogst medfører øket utvasking av mineralsalter, spesielt nitrat og kalium. Høyt nitratinnhold er registrert i grunnvannet flere år etter hogst.
3. Snauhogst langs bekker og mindre elver fører til øket innstråling, høyere sommertemperatur i vannet og større temperatursvingninger. Dette kan gi negative effekter for bunnfauna og laksefisk. Begroingen, spesielt trådformede grønnalger, kan øke.
4. Skogsbilveier, tømmerseiper og bruk av skogsmaskiner medfører øket erosjon. Der dette skjer nær bekker og elver kan transport av finkornet sediment redusere gyteområder for fisk og virke negativt for bunnfaunaen.
5. Ved avvirkning i nedbørfelt som har bekker og elver med gyte- og oppvekstområder for fisk, vil en 10—30 m bred buffersone langs bekken i vesentlig grad bidra til å opprettholde livsmiljø og næringstilgang for bunndyr og fisk. En buffersone langs strandsonen i tjern og innsjøer vil også ha en gunstig virkning.

### LITTERATUR

- AUBERTIN, G. M. og J. H. PATRIC 1974: Water quality after clearcutting a small watershed in West Virginia. — *J. Environ. Quality* 3, no. 3, 243—249.
- BERGE, D. og T. S. TRAAEN 1985: Skogbruk og vannforurensning. En problemanalyse. — *NIVA-rapport* nr. 0-84117.
- BESCHTA, R. L. 1978: Long-Term Patterns of Sediment Production Following Road Construction and Logging in the Oregon Coast Range. — *Water Resources Research*, 14, no. 6, 1011—1016.
- BOUSSU, M. F. 1954: Relationship between trout populations and cover on a small stream. — *Jour. Wildl. Mgt.*, 18, no. 2, 229—239.
- DAWSON, F. H. og U. KERN-HANSEN 1979: The Effect of Natural and Artificial Shade on the Macrophytes of Lowland Streams and the Use of Shade as a Management Technique. — *Int. Revue ges. Hydrobiol.*, 64, no. 4, 437—455.
- EPA 1975: Logging roads and protection of water quality. — Samlet av Arnold, Arnold og medarbeidere, og Games og Moore, Seattle, Wash. 306 pp.
- FELLER, M. C. og J. P. KIMMINS 1984: Effects of Clearcutting and Slash Burning on Streamwater and Watershed Nutrient Budgets in Southwestern British Columbia. — *Water Resources Research*, 20, no. 1, 29—40.
- FISHER, S. G. og G. E. LIKENS 1973: Energy flow in Bear Brook, New Hampshire: An integrative approach to stream ecosystem metabolism. — *Ecol. Monogr.*, 43, 421—439.

- GRIP, H. 1982: Water chemistry and runoff in forest streams at Klotten. — *UNGI Rapport No. 58*, Uppsala Universitet.
- HAVERAAEN, O. 1981: Virkning av hogst på vannmengde og vannkvalitet fra en øst-norsk barskog. — *Meddelelser fra NISK* 36. 7. Ås, 1981.
- HEWLETT, J. D., H. E. POST og R. ROSS 1984: Effect of Clear-Cut Silviculture on Dissolved Ion Export and water Yield in the Piedmont. — *Water Resources Research*, 20, no. 7, pp. 1030—1038.
- HOBBIE, J. E. og G. E. LIKENS 1973: Output of phosphorus, dissolved organic carbon, and fine particulate carbon from Hubbard Brook watersheds. — *Limnol. Oceanogr.* 18, 734—742.
- HORNBECK, J. W., R. S. PIERCE og C. A. FEDERER 1970: Streamflow changes after forest clearing in New England. — *Water Resour. Res.* 6, 1124—1132.
- HORNBECK, J. W., R. S. PIERCE, G. E. LIKENS og C. W. MARTIN 1975: Moderating the Impact og Contemporary Forest Cutting on Hydrologic and Nutrient Cycles. — *Publication no 117 de l'Association Internationale des Sciences Hydrologiques Symposium de Tokyo (Decembre 1975)*. s. 423—433.
- IBREKK, H. O. 1985: Konsekvenser ved vegbygging i og langs vassdrag. — *NIVA-rapport 0-84107*, Oslo.
- IWAMOTO, R. N., E. O. SALO, M. A. MADEJ og R. L. McCOMAS 1978: Sediment and water quality: A review of the literature including a suggested approach for water quality criteria with summary of workshop and conclusions and recommendations. — *EPA 910/9-78-048*, Seattle, Washington.
- JOHANSSON, C. 1982: Attached algal vegetation in running waters of Jämtland, Sweden. — *Acta Phytogeogr. Suec.* 71, 84 s.
- KAUSHIK, N. K. og H. B. N. HYNES 1971: The fate of the dead leaves that fall into streams. — *Arch. Hydrobiol.*, 68, 465—515.
- LARSSON, S. og B. GRETENNER 1982: Effekten av skogavverkning på erosjonsforløpet i sedimentslutninger i øvre Klarelvsdalen. — *Naturvårdsverket, Rapport snv pm 1601*, 67 s.
- LIKENS, G. E., F. H. BORMANN, N. M. JOHNSON, D. W. FISHER og R. S. PIERCE 1970: Effects of forest cutting and herbicide treatment on nutrient budgets in the Hubbard Brook Watershed - Ecosystem. — *Ecol. Monogr.*, 40, no. 1, 23—47.
- LUNDIN, L., K. EHLERT, H. GRIP, L. RAMBERG og B. SØDERLUND 1975: The impact of some clearfellings on hydrology and water chemistry. — *Preliminary report from the Klottenproject. Inst. of Limnology, Uppsala*, 33 pp.
- LYNCH, J. A., E. S. CORBETT og R. HOOPES 1977: Implications of forest management practices on the aquatic environment. — *Fisheries*, 2, no. 2, 16—22.
- LYNCH, J. A., G. B. RISHEL og E. S. CORBETT 1984: Thermal alteration of streams draining clearcut watersheds: Quantification and biological implications. — *Hydrobiologia*, 111, 161—169.
- MARTIN, C. W., D. S. NOEL og C. A. FEDERER 1984: Effects of Forest Clearcutting in New England og Stream Chemistry. — *J. Environ. Qual.*, 13, no. 2, 204—210.
- MILLER, E. L. 1984: Sediment Yield and Storm Flow Response to Clear-Cut Harvest and Site Preparation in the Ouachita Mountains. — *Water Resources Research*, 20, no. 2, 471—475.
- PATRIC, J. H. og G. M. AUBERTIN 1977: Long-Term Effects of Repeated Logging On an Appalachian Stream. — *Journal of Forestry*, 75, no. 8, 492—494.
- PATRIC, J. H. 1980: Effects of Wood Products Harvest on Forest Soil and Water Relations. — *J. Environ. Qual.*, 9, no. 1, 73—80.



- RAMBERG et al. 1973: Effekter av skogsgjødsling och kallhugging på mark och vatten. Rapport nr. 1. — *Scripta Limnologia Upsaliensia* 320.
- RAMBERG, L. 1976: Effects of forestry operations on aquatic ecosystems. — I "Man and the Boreal Forest", ed.: C. O. TAMM *Ecol. Bull.* (Stockholm) 21, 143—149.
- ROSEN: K. 1984: Avrinningsökning efter kalavverkning. — *Skogsakta. Biologi och skogsskötsel*, 16, 4 pp.
- SCHRIVENER, J. C. og B. C. ANDERSEN 1984: Logging Impact and some Mechanisms that Determine the Size of Spring and Summer Populations of Coho Salmon Fry (*Oncorhynchus kisutch*) in Carnation Creek, British Columbia. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 41, 1097—1105.
- SHORTREED, K. S. og J. G. STOCKNER 1983: Periphyton biomass and species composition in a coastal rainforest stream in British Columbia: effects of environmental changes caused by logging. — *Can. J. Aquat. Sci.*, 40, 1887—1895.
- SNSF 1977: Sur nedbør og noen alternative kilder som årsak til forurening av vassdrag. — *SNSF-prosjektet*. Red.: A. Tøllan. Oslo — Ås, mars 1977.
- SWANK, W. T. og J. E. DOUGLASS 1977: Nutrient budgets for undisturbed and manipulated hardwood forest ecosystems in the mountains of North Carolina. — I "Watershed research in eastern North America", Vol. 1, 343—363. Tidemark Printings Inc., Edgewater, Maryland.
- TAMM, C. O., HOLMEN, B. POPOVIC og G. WIKLANDER 1974: Leaching of plant nutrients from soils as a consequence of forestry operations. — *Ambio*, 3, 211—221.
- WIKLANDER, G. 1974: Hyggesupptagningens inverkan på växtnäringens innehåll i yt- og grundvatten. — *Sveriges skogsv. Förb. Tidskr.*, 72, 86—90.