

Omkring nedbørens forsurening og plantenes næringstilgang

Professor Eilif Dahl

*Forfatteren er professor ved Norges Landbrukshøgskole,
Botanisk institutt, Ås.*

*Etter foredrag i Norsk Forening for
Vassdragspleie og Vannhygiene
13. februar 1969 i Oslo.*

Et grunnprinsipp i økologien er at alle ting må betraktes i sammenheng. I et stykke natur finnes døde bestanddeler som mineraler og vann, det finnes planter, planteetende dyr, dyreetende dyr og det finnes mikroorganismer som bryter ned organisk materiale. Denne totalitet av døde komponenter, plante- og dyrearter som alle påvirker hverandre og påvirkes av hverandre, kaller økologene et *økosystem*. I et økosystem kan vi ikke påvirke en enkelt komponent eller art uten at virkningen sprer seg som ringer i vannet til andre arter og komponenter. Vi må kjenne slike økosystemers struktur og funksjon hvis vi skal kunne forutsi hva som kommer til å bli virkningen av et eller annet inngrep. Et tilsiktet inngrep i naturen eller en forandring vi forårsaker, vil alltid føre til sekundærvirkninger. Dette er et hovedprinsipp, og hvis en økolog skal bedømme et inngrep eller en forand-

ring, vil han straks spørre etter sannsynlige eller mulige sekundærvirkninger.

Vi mennesker har tilpasset oss den natur vi lever i på ulike måter. Sekundærvirkningene vil vanligvis bety forstyrrelser i vår tilpasning og vanligvis være skadelige.

Økologene er sterkt interessert i de grønne planters produksjon av organisk stoff, primærproduksjonen, som alle andre organismegrupper lever av. Primærproduksjonen er bestemt av klimabetingelsene og jordens innhold. Et spørsmål som straks reiser seg i forbindelse med svovelsyrenedfallet er: Vil nedfallet virke inn på de naturlige eller kunstige økosystemers produktivitet?

Den svovelsyre som faller ned, vil dels falle ned på vann eller vannløp og bidra til at de blir surere. Andre mengder vil falle ned på fast mark og sige ned gjennom jorden før de finner sin vei ut i vannløpene.

Under normale forhold uten ekstra svovelsyre i luften skjer det under våre klimaforhold en utlutning av ioner fra jorden. Ved råtning av døde

plante- og dyrerester dannes det sure bestanddeler, ofte med en surhetsgrad (pH) på under 4. Denne syren nøytraliseres på vei nedover og tar dermed med seg kationer som kalsiumioner, kaliumioner o. l. Men lenger nede i jorden blir disse sure, organiske stoffer igjen oksydert og derved blir de også nøytralisert. Derfra henter så plantene gjennom sine røtter ionene opp igjen. I furuskoger regner man med at plantene kan utnytte den næring som sitter i de øverste 30 cm av jorda, det som finnes på større dyp er stort sett ikke tilgjengelig for skogen.

La oss se hva som skjer når nedbøren inneholder svovelsyre. Svovelsyren er en uorganisk syre som ikke kan nøytraliseres på annen måte enn at plantene tar den opp. Nå kan ikke plantene i ubegrenset mengde akkumulere svovel, og i det lange løp må derfor svovelsyren igjen forsvinne med vannet som et sulfation. Hvis nå pH i jordvæsken er høyere når den passerer 30 cm nivået enn i regnet som faller ned fra himmelen, vil dette medføre en transport av ioner vekk fra de øverste 30 cm fordi den høyere pH må skyldes at svovelsyren er delvis nøytralisert av kationer. Dette medfører at svovelsyreinnholdet i nedbøren fører til en øket utlutning av jorden som igjen fører til at det blir mindre ioner igjen til rådighet for planteproduksjon.

Det er av stor interesse å beregne den sannsynlige nedgang i planteproduksjon som følge av øket utlutning på grunn av den økende svovelsyremengde i nedbøren. Dette er en utgiftspost vi må regne med som en

sekundærvirkning av at vi brenner svovelholdige brennstoffer. Det finnes enkelte data som for visse vegetasjonstypers vedkommende, gir muligheter til å anslå et sannsynlig produksjonstap. Fra finsk side har professor Viro publisert overordentlig verdifulle data over innholdet av ioner i finske furuskoger sett i sammenheng med disse skogenes produksjon. Det fremgår at særlig det tilgjengelige kalsiuminnholdet i jorden er av betydning for veksten, og at veksten er tilnærmet proporsjonal med tilgangen på kalsiumioner. Kalsium virker sannsynligvis inn på en komplisert måte hvor antakelig også tilgangen på nitrogen for planteveksten påvirkes av kalsiummengden i jorden. Cand.real. Oddvar Skre og jeg har tatt for oss Viro's data og søkt å beregne den sannsynlige utlutning av kalsiumioner fra jorden som kan tilskrives nedbørens innhold av svovelsyre. Beregningene er ennå ikke slutført, så resultatene må tas med forbehold, på den annen side er det sannsynlig at beregningene i store trekk gir et riktig bilde.

I Norge har vi furuskogtyper av samme type som de finske. Målinger av pH i skiktet nedenfor 30 cm, ligger i gjennomsnitt ved en pH på 5,5 med en meget liten variasjonsbredde. Vi antar derfor at sigevannet passerer 30 cm skiktet ved en pH på 5,5.

Kjenner vi hydrogenioninnholdet i den akkumulerte nedbør i løpet av et år og det akkumulerte hydrogenioninnhold i den samlede sigevannsmengde, så må differansen tilskrives en kationetransport fra overflate-

lagene. På denne måten kan vi, ut fra pH-målinger i nedbøren, beregne det samlede tap av kationer på grunn av svovelsyren. Foreløpig antas at nedbøren ikke er bufret.

Nå er det ikke bare kalsiumioner som vaskes ut, det er også andre kationer som magnesium, kalium og natrium. Av disse utgjør kalsium meget nær 50 % av den samlede ionemengde som er tilgjengelig for plantene i Viro's materiale. For å beregne det samlede kalsiumtap antar vi at halvparten av ionetapet er kalsiumioner. Dette er en antakelse som kanskje ikke er riktig, men på grunnlag av foreliggende undersøkelser er det den mest naturlige.

Gjennomfører vi nå en slik beregning av kationetap, finner vi for stasjoner i Nord-Finland intet kationetap som kan tilskrives sur nedbør, idet årsgjennomsnittet ligger på 5,5 eller høyere.

Den finske stasjon som har den sureste nedbør i Finland, er stasjonen Tvärminne med en pH for en akkumulert årsnedbør på 4,8 og nedbørhøyden er ca. 500 mm i året i gjennomsnitt for perioden 1955—64. Antar vi at den samlede nedbørmengde som faller over et skogareal passerer 30 cm nivået ved en pH på 5,5, finner vi et tap på $6,9 \times 10^{-4}$ milliekvivalenter kationer/cm²/år.

På grunnlag av Viro's målinger av tilgjengelige mengder av kalsium ned til 30 cm nivået finner vi i gjennomsnitt for *de bestand* som er undersøkt $9,5 \times 10^{-2}$ milliekvivalenter/cm².

Det samlede kalsiumtap, ut fra de forutsetninger som er gitt, blir da omkring 0,4 % av den aktuelle til-

gjengelige kalsiummengde pr. år eller ialt ca. 4 % for perioden 1955—64.

Disse beregninger er gjort under forutsetning av at nedbøren ikke er bufret. Ifølge Odén er bufferevnen av nedbøren omkring 2, det vil si at det skal den dobbelte kationemengde til for å nøytralisere nedbøren enn den som beregnes direkte ut fra hydrogenionemengden. Dessverre er bufferverdier for nedbøren ikke publisert. Regner vi med en bufferevne i nedbøren svarende til en faktor på 2, skulle man vente at 8 % av den aktuelle kalsiumkapital som er tilgjengelig i jorden, forsvinner i løpet av 10-årsperioden.

Disse tall er såpass store at de har krav på oppmerksomhet. Ut fra observasjoner at furuskogens produksjonspotensial er tilnærmet proporsjonal med den tilgjengelige kalsiummengde, skulle man vente en produksjonsnedgang for de sør-finske furuskoger på ca. 8 % for et tiår. Nå er dette sannsynligvis i overkant idet det samtidig frigjøres kalsiumioner i jorden ved forvitring. På den annen side antas det at forvitringen foregår svært langsomt i de næringsfattige furuskogene, det er vel derfor den tilgjengelige kalsiumkapital blir så liten at den virker begrensende på trærnes vekst.

Verre blir det om nedbøren blir surere, og det er sterke grunner til å tro at dette er i ferd med å skje. Hvis pH i akkumulert nedbør synker ytterligere 0,5 pH-enheter, vil den beregnede utlutning øke med en faktor på 4. Det er mange områder av Europa der nedbøren er så sur. Skulle

den synke ytterligere en halv pH-enhet, blir faktoren 14.

Ser vi på norske stasjoner, er syreoverskuddet på Ås omtrent det samme som på Tvärminne. Den norske stasjon med det største syreoverskudd er Lista, hvor syreoverskuddet er omtrent 3 ganger så stort som på stasjonen Tvärminne.

Dette er såpass store tall at man kan vente at de vil gi seg direkte utslag på skogstrærnes produksjon. Ved årringsmålinger skulle det være mulig å få direkte mål på produksjonsnedgangen.

Det finnes også andre mulige veier til å beregne kationetapet fra et område. Hvis et område dreneres av én elv, kan vi måle pH i elvevannet. Hvis vi så måler den kationemengde

som skal til for å nøytralisere nedbøren som faller på område til elvens pH, skulle man få et tall på det samlede kationetap som kan tilskrives svovelsyren i nedbøren.

La oss nå følge sigevannet ut i elveløpene. Den sure nedbøren fører til en øket transport av ioner til elven. Dette medfører at elvene samtidig blir surere og kationerikere. Ellers er det slik i naturen at de kationerikeste vann er de minst sure. Svenske målinger tyder på at kalsiuminnholdet i ferskvann er i ferd med å øke, særlig i kalkrike områder. Dette stiller dyre- og plantelivet i det ferske vann overfor en helt ny situasjon som de neppe er tilpasset til. Hva det vil føre til, krever trolig lange og kompliserte undersøkelser.