



Rapport fra
Research paper of

SKOGFORSK

1/94

NORSK INSTITUTT FOR SKOGFORSKNING / Norwegian Forest Research Institute
INSTITUTT FOR SKOGFAG, NLH / Department of Forestry, Agricultural University of Norway

Epifyttiske lav i Mosjøen-området og luftforurensning *Epiphytic lichens in the Mosjøen area and air pollution*



Av Bernt-Håvard Øyen

1432 Ås

Forsidebilde: Hengestry (*Usnea sp.*) fra Skogsåsen, 3,5 km sørøst for aluminiumsverket, august 1992.
(Foto: Bernt-Håvard Øyen)

Epifyttiske lav i Mosjøen-området og luftforurensning

Epiphytic lichens in the Mosjøen area and air pollution

Bernt-Håvard Øyen
Seksjon skogøkologi
Norsk institutt for skogforskning
Høgskoleveien 12
N-1432 Ås

Sammendrag

Øyen, B.-H. 1994. Epifyttiske lav i Mosjøen-området og luftforurensning. (*Epiphytic lichens in the Mosjøen area and air pollution*). Rapp. Skogforsk. 1/94: 1-15.

Rapporten beskriver lavvegetasjonen på stammer og greiner av gran i Mosjøen-området, Nordland fylke, relatert til lokal luftforurensning. Epifyttiske lav er benyttet som biologiske indikatorer. Deler av undersøkelsesområdet er kjent utsatt for forurensning hvor fluorid er den viktigste komponent. Det er funnet effekter av luftforurensning på den epifyttiske lavfloraen i skogområdene som ligger mindre enn 4-5 km fra byen og aluminiumsverket i hovedvindretningen. I by- og verksnære områder er det funnet redusert artsantall i forhold til skogområdene lengre sør i dalføret. Samtidig som nærområdene er mest forurensningsbelastet, er naturlige skogøkologiske forhold, bl.a. trealder, avgjørende for artsdiversitet og dekning. Sammenlignet med en tidligere undersøkelse er det registrert rekolonisering av lav i områder som har vært forurensningsbelastet. Dette kan knyttes til en nedgang i fluoridforurensningen i de senere år. Effekter av andre kilder enn fluoridforurensning på lavfloraen er diskutert.

Nøkkelord: Lav, overvåkning, luftforurensning, fluorid
Key words: *Lichens, monitoring, air pollution, fluoride*

ISBN 82-7169-643-2
ISSN 0803-2858

Innhold

Innledning	2
Materiale og metoder	3
Resultater	3
Diskusjon	8
Konklusjon	12
<i>Epiphytic lichens in the Mosjøen area and air pollution</i>	12
Etterord	13
Litteratur	13

Innledning

Lav inntar en spesiell plass blant plantene på grunn av sin spesielle bygning. Lav er en dobbeltorganisme bestående av en sopp og en eller i blant to algearter. Man antar at organismene lever i symbiose med hverandre. Etter W. Nylanders klassiske undersøkelse i Paris midt på 1860-tallet har epifyttiske lav i en årrekke vært brukt som indikator på luftforurensninger (Hawksworth 1973). Men forholdet mellom lavflora og forurensning har vært gjenstand for store diskusjoner i tidens løp. Er det nødvendigvis luftforurensninger, eller kan det være andre miljøforhold, bl.a. klimaendringer, som har medvirket til at lavfloraen har forandret seg ?. Helt frem til slutten av 1960-tallet fremhevet bl.a. Rydzak mf. (Coppins 1973) tørkehypotesen som den viktigste forklaringsmodell til manglende lavflora i byer og industriområder. Effekter av SO₂-forurensning på lav er bl.a. vist av Rao & LeBlanc 1973, Turk & Wirth 1975, Holopainen 1983 og William et al. 1988. Men også andre forurensnings-komponenter påvirker lavfloraen, bl.a. nitrogenforbindelser (Kauppi 1980), tungmetaller (Nash 1988) og fluorid (LeBlanc et al. 1971). Fluorid vil gradvis akkumuleres i algekomponenten(e), og ved overskridelser av toksiske nivåer i cellene vil plasmalemma skades, og laven kan dø. Foruten luft- og nedbørforurensning er det en lang rekke andre faktorer som påvirker lavvegetasjonen på trær. Sentralt er mikroklima, fuktighetsforhold, lys og ikke minst tilgjengelig barksubstrat. Å finne uttrykk for alle de faktorer som påvirker lavfloraen er komplisert og kostbart. Likefullt er det foretatt mange studier av lavfloraen hvor artenes økologi og følsomhet er registrert og rangert. Dette gjør det mulig å analysere lavfloraen i et område utsatt for forurensninger.

I Norge er det utført flere kartleggingstudier av epifyttiske lav i byer og industrisentra, bl.a. Oslo (Haugsjå 1930; Øiseth & Aarvik 1980), Bergen (Lie 1971), Kristiansand (Egerhei 1978), Herøya-distriktet (Gurholt 1968; Horntvedt 1972), Drammen (Bruteig 1987), Mo i Rana (Hilmo & Wang 1989) og Sør-Varanger (Bruteig 1984; Aamlid 1992). I forbindelse med kartleggingsstudier av lav i nærheten av aluminiumsverk finnes det materiale fra Mosjøen (Skye 1969, 1993), Karmøy, Husnes og Øvre Årdal (Gilbert 1975) og Odda & Tyssedal (Horntvedt 1975).

I Mosjøen-området er det utført løpende registrering av fluoridbelastning siden aluminiumsverket startet produksjonen i 1958. I de senere år er det foretatt mer inngående studier av horisontal- og vertikalspredning av fluorid gjennom kjemiske analyser av vegetasjonsprøver (Øyen 1993). Det er foretatt to større inventeringer av lavfloraen i området (Skye 1969, 1993). I tillegg er det foretatt årlige befaringer. Både eventuelle sviskader på vegetasjon samt lavfloraen er registrert på faste observasjonsflater.

I følgende undersøkelse er flere metoder benyttet for å karakterisere lavfloraen. Hensikten var å finne ut om og i hvor stor grad lavfloraen påvirkes av lokal luftforurensning.

Materiale og metoder

Det undersøkte området ligger i Vefsn kommune i Nordland fylke. Sentralt plassert i nordenden av undersøkelsesområdet ligger kilden til fluoridforurensningen, Elkem aluminium, Mosjøen (EAM). Undersøkelsesområdet ligger i en utsatt posisjon i hovedvindretningen sør for EAM. Thrane (1981) registrerte midlere sommerkonsentrasjoner av fluorid på $2,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ luft på en målestasjon ca. 1.5 km i hovedvindretningen sør for EAM. Utslipp av tot.-fluorid har som årsmiddel de senere år ligget rundt 8 kg pr.time. Midt på 1960-tallet var utslippene oppe i over 20 kg pr. time. Området har et superhumid klima. Årsmiddel for nedbør er ca. 1640 mm, årlig middeltemperatur er $4,2^\circ\text{C}$ (DNMI 1993).

I området ble det sommeren 1991 etablert et nett av 24 observasjonsflater (Fig. 1). Flatene (ca. 200 m^2) lå fra 5-205 m o.h., med middel på 83. Flatene ble subjektivt valgt ut og lagt til gran-dominert, eldre produksjonsskog. Relativ alder på trærne ble bestemt ved boring i brysthøyde, et tre pr. flate. Alderen varierte fra 69 til 118 år, med middel på 95. Relativ tetthet i bestandene ble uttrykt ved relaskopmålinger av grunnflatesum. Tettheten varierte fra 16-28 m^2/ha .

Vegetasjonstypen var hovedsaklig blåbærtyper; Eu-Piceetum myrtilletosum/Corno-Piceetum myrtilletosum. På hver observasjonsflate ble 10 herskende eller medherskende grantrær undersøkt. Hver lavart ble registrert i felt. Lavdekningen på stammene og de nederste levende greinene ble estimert, fra 0 til ca. 2.5 meter over bakkenivå. Observasjonsflatene ble undersøkt i 1991, 1992 og 1993, de to siste årene ble det kun foretatt artsregistrering. Hult-Sernanders dekningsgradskala ble benyttet i 1991;

0 = mangler dekning, 1 = dekn. $< 1/16$, 2 = dekn. $1/16-1/8$, 3 = dekn. $1/8-1/4$, 4 = dekn. $1/4-1/2$ og 5 = dekn. $1/2-1$.

På greinene ble dekningen vurdert og estimert på oversiden av skuddene, langs hovedgreinaksen. Verdier for lavdekningen på hver observasjonsflate ble direkte kalkulert som summen av artsverdiene. Indeks for "luftens renhet" (Index of atmospheric purity - IAP) er kalkulert for hver flate (Hawksworth 1973). Til følsomhetsklassifiseringen er benyttet Hultengren, Martinsson og Stenstrøms indekser (1991, 1992). Foruten en generell følsomhetsindeks for luftforurensning (K-verdi) er artene gitt nitrogen- og pH-indekser. Indeksene indikerer henholdsvis lavartenes voksestedsbehov for nitrogen og næringsalter, samt artenes pH-karakteriserbare krav til voksested (barksubstrat). Til artsbestemmelsen er benyttet litteratur av Krogh, Østhagen & Tønsberg (1980) og Moberg & Holmåsen (1982). Nomenklaturen følger Santesson (1984).

Resultater

Lavvegetasjonen på granstammene i området viste seg å være dominert av vanlig kvistlav (*Hypogymnia physodes*), vanlig papirlav (*Plastimatia glauca*), bristlav (*Parmelia sulcata*) og kruslav (*Cetraria chlorophylla*). Andre viktige arter som ble

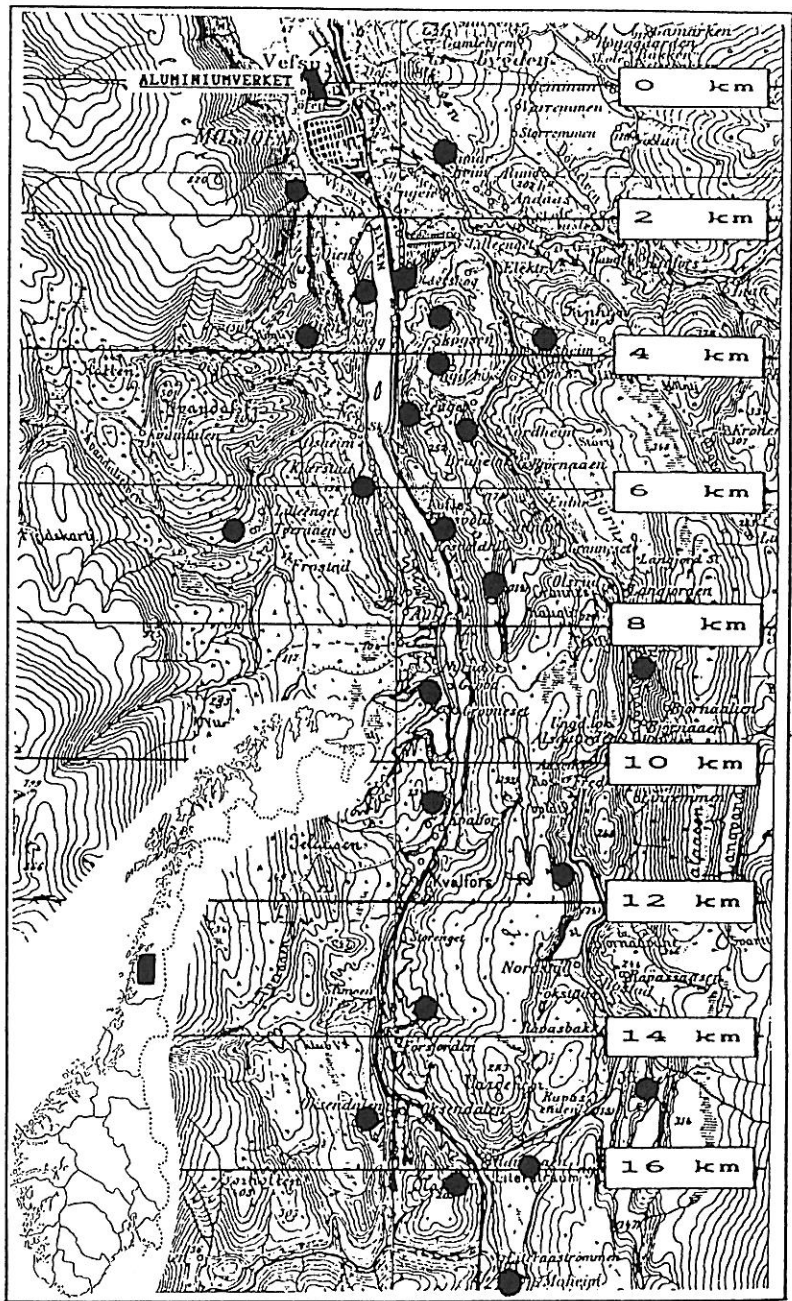


Fig. 1. Fordeling av observasjonsflater for undersøkelse av epifyttiske lav i Mosjøen-området, Nordland fylke. Kartgrunnlag er NGO: M-711, 1826 I & II, 1926 III & IV. Distribution of plots for the study of epiphytic lichens in the Mosjøen area, Nordland county. Maps used is NGO: M-711, 1826 I & II, 1926 III & IV.

Tabell 1. Epifyttiske lav på kvister og stamme hos vanlig gran (*Picea abies* (L.) Karst.) registrert i Mosjøen-området.
Epiphytic lichens on twigs and stems of Norway spruce (Picea abies (L.) Karst.) recorded in the Mosjøen area.

Botanisk navn <i>Botanical name</i>	Norsk navn <i>Norwegian name</i>
<i>Alectoria sarmentosa</i>	Gubbeskjegg
<i>Bryoria capillaris</i>	Bleikskjegg
<i>Bryoria furcellata</i>	Piggskjegg
<i>Bryoria fuscescens</i> coll.	Mørskkjegg
<i>Cavernularia hultenii</i>	Groplav
<i>Cetraria chlorophylla</i>	Kruslav
<i>Cetraria pinastri</i>	Gullroselav
<i>Cladonia coniocraea</i>	Stubbesyl
<i>Cladonia fimbriata</i>	Melbeger
<i>Haematomma elatinum</i>	Fokklav
<i>Hypogymnia physodes</i>	Vanlig kvistlav
<i>Hypogymnia tubulosa</i>	Kulekvistlav
<i>Lecanactis abietina</i>	Gammelgranlav
<i>Lecanora subfusca</i> coll.	Brun kantlav
<i>Lecanora</i> sp.	Kantlav-arter
<i>Lepraria incana</i>	Blågrå mjøllav
<i>Lobaria scrobiculata</i>	Skrubbenever
<i>Mycoblastus sanguinarius</i>	Blodbarklav
<i>Ochrolechia</i> sp.	Korkjelav-arter
<i>Parmelia exasperata</i>	Vortelav
<i>Parmelia exasperatula</i>	Klubbebrunlav
<i>Parmelia olivacea</i>	Snømerkelav
<i>Parmelia saxatilis</i>	Grå fargelav
<i>Parmelia sulcata</i>	Bristlav
<i>Parmeliopsis ambigua</i>	Gul stokklav
<i>Parmeliopsis hyperopta</i>	Grå stokklav
<i>Pertusaria amara</i>	Bitterlav
<i>Plastimatia glauca</i>	Vanlig papirlav
<i>Plastimatia norvegica</i>	Skrukkelav
<i>Pseudevernia furfuracea</i>	Elghornslav
<i>Ramalina farinacea</i>	Barkragg
<i>Scoliciosporum</i> sp.	Tregrønse
<i>Usnea</i> sp.	Hengestry

registrert var grå fargelav (*Parmelia saxatilis*) og blodbarklav (*Mycoblastus sanguinarius*). Gul stokklav (*Parmeliopsis ambigua*) og barkragg (*Ramalina farinacea*) fantes mer sporadisk. Ved basis av eldre stammer fantes spesielt stubbesyl (*Cladonia coniocraea*). Av skorpelav ble brun kantlav (*Lecanora subfusca* (coll.)) og bitterlav (*Pertusaria amara*) hyppig registrert.

På kvister av gran var lavfloraen mer rik. Foruten vanlig kvistlav (*Hypogymnia physodes*), kulekvistlav (*Hypogymnia tubulosa*), vanlig papirlav (*Plastimatia glauca*) og kruslav (*Cetraria chlorophylla*) er det særlig skjeggglavene som dominerer. Viktigst er strylav (*Usnea sp.*) og bleikskjegg (*Bryoria capillaris*). Noe mindre hyppig er mørkskjegg (*Bryoria fuscescens* (coll.)) og gubbeskjegg (*Alectoria sarmentosa*). Sporadisk ble det registrert groplav (*Cavernularia hultenii*), skrukkelav (*Plastimatia norvegica*) og gullroselav (*Cetraria pinastri*). I Tab. 1 er alle registrerte arter og artsgrupper ført opp.

I effektmessig sammenheng viser den totale dekning på stammene minst grad av variasjon mellom observasjonsflatene. Variasjonen i artsmangfold mellom flatene er større. Maksimalt på stammer ble det registrert 11 lavararter pr. flate, minimum var 4 arter. For både grein og stammelav var maks. og min. henholdsvis 19 og 6 arter. I Tab. 2 er det oppført dekningsgrad for 8 flater med de hyppigst registrerte artene. Bare dekningsgrad for stammene er tatt med.

Tabell 2. Gjennomsnittlig dekningsgrad for lav på stammer av gran på observasjonsflater < 4 km fra EAM (1-4) og > 15 km fra EAM (21-24). - = mangler, + = notert uten dekning.

Mean cover of lichen on stems of Norway spruce in sample plots < 4 km from the aluminium plant (1-4) and > 15 km from the plant (21-24). - = not found, + = found without cover.

Art (Species)	Obs.flate (Sample plot)							
	1	2	3	4	21	22	23	24
<i>Bryoria capillaris</i>	+	.2	.1	.1	.1	+	+	.1
<i>Cetraria chlorophylla</i>	.1	.1	.2	.1	+	.1	.2	+
<i>Cladonia coniocraea</i>	-	+	-	-	+	.1	+	+
<i>Hypogymnia physodes</i>	.3	.4	.2	.4	.4	.2	.2	.2
<i>Lecanora subfusca coll.</i>	+	+	-	+	+	+	-	+
<i>Lepraria incana</i>	-	.1	-	-	+	-	-	-
<i>Lobaria scrobiculata</i>	-	-	-	-	.1	-	.1	+
<i>Mycoblastus sanguinarius</i>	-	+	-	.1	.1	.1	.1	.1
<i>Ochrolechia ssp.</i>	-	-	+	+	-	+	+	+
<i>Parmelia exasperatula</i>	-	-	.1	-	-	.1	-	+
<i>Parmelia saxatilis</i>	.1	.1	+	+	.2	.1	.1	.2
<i>Parmelia sulcata</i>	.2	.2	.1	+	+	.2	.1	.2
<i>Parmeliopsis ambigua</i>	+	-	-	-	+	.1	.1	.1
<i>Pertusaria amara</i>	.1	.1	+	+	+	+	+	.1
<i>Plastimatia glauca</i>	.1	+	+	.2	.2	.3	.3	.2
<i>Plastimatia norvegica</i>	-	-	-	-	.1	.1	.1	.2
<i>Ramalina farinacea</i>	-	-	+	-	-	+	+	+
<i>Usnea sp.</i>	.1	.2	.1	.1	-	+	+	.2
Dekning/Cover	1.0	1.4	0.8	1.0	1.2	1.4	1.3	1.6
IAP	7.0	11.2	4.8	6.0	8.4	14.0	11.7	16.0

Effekter av luftforurensning er indikert ved beregning av IAP-indeks (index of atmospheric purity) for epifytiske lav. Høye indekser for en observasjonsflate er tegn på liten forurensningsgrad mens lave indekser også kan skyldes andre forhold enn luftforurensning. I Fig. 2 er det vist et plott av IAP-verdi for lav på granstammer mot avstand fra EAM i km. Enkel lineær regresjon viste at

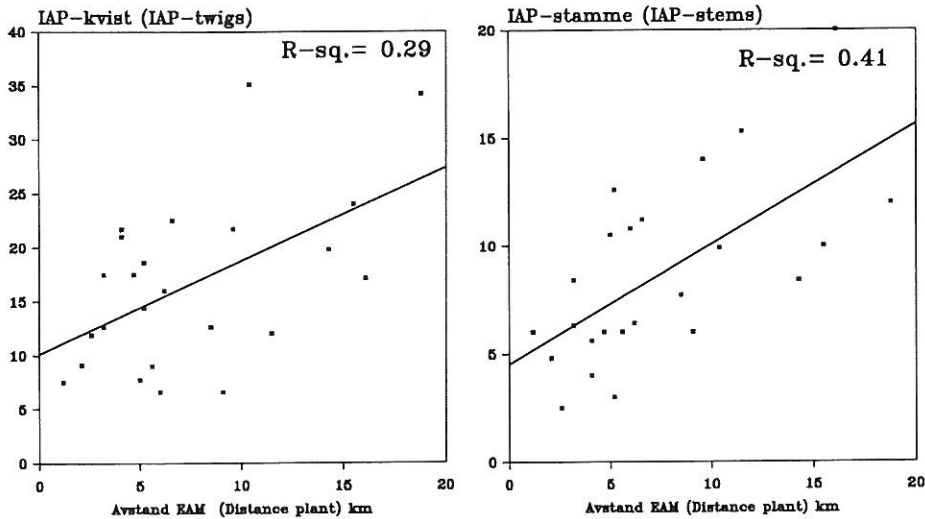


Fig. 2. Sammenheng mellom IAP-indeks (index of atmospheric purity), beregnet ut fra dekning og artsantall av epifyttiske lav på kvister og stamme av gran, og avstand fra aluminiumsverket i hovedvindretningen.

Relationship between IAP-index (index of atmospheric purity), calculated from cover and no. of epiphytic lichen species on twigs and stems of spruce, and distance from the aluminium plant in the main wind direction.

IAP-verdiene øker med økende avstand fra EAM ($r^2=0.41$, $p<0.01$). For kvister ble det funnet et tilsvarende, men svakere, mønster ($r^2=0.29$, $p<0.05$).

Gjennom studier av i hvilken rekkefølge arter av epifyttiske lav forsvinner fra et område utsatt for luftforurensning, kan man få et uttrykk for deres følsomhet. Fordelingen av arter relatert til den svenske følsomhetsklassifiseringen (Hultengren et al. 1991, 1992), viser at 34 % av artene registrert i Mosjøen og omegn tilhører gruppen svært følsomme (K-verdi > 6). Hovedtyngden av arter har en K-verdi mellom 3 og 6, (50 %). I Fig. 3 er de registrerte lavene på stamme og kvister oppført etter K-verdi. Forurensnings-profilen viser at de mest sensitive artene ikke er registrert i skogområdene mindre enn 4-5 km fra bysentrum og EAM.

Relatert til lavenes krav til voksested har Hultengren et al. (1991, 1992) gitt hver art en indeks som angir pH i bark. Arter som prefererer kalkrikt barksubstrat er gitt høy pH-verdi, mens arter som foretrekker surt og næringsfattig substrat er gitt lav pH-verdi. I Fig. 4 er lav fra Mosjøen-området ordnet i et histogram etter pH-verdi. Forurensningsprofilen, med observasjonsflater < 4 km fra EAM, viser en forskyvning i retning av arter med lavere pH-verdi.

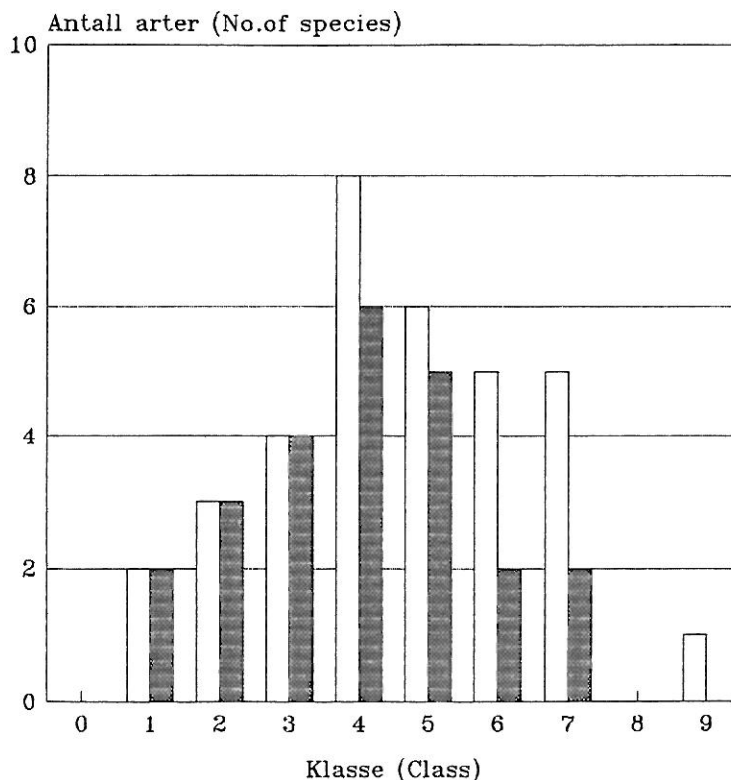


Fig. 3. Fordeling av epifyttiske lavarter i Mosjøen-området etter en svensk klassifisering (Hultengren et al. 1991, 1992). Hver art er klassifisert etter sensitivitet for luftforurensning og er gitt en K-verdi. Klasse 9 inneholder de mest sensitive lavartene, mens 0 er de mest tolerante. Hvite søyler = alle obs.flatene, skraverte søyler = obs.flater < 4 km fra verket.

Distribution of epiphytic lichens in the Mosjøen area according to a Swedish classification system (Hultengren et al. 1991, 1992). Each species is classified related to its susceptibility to air pollution and is given a K-value. Class 9 contains the most sensitive, and 0 the most tolerant species. White columns = all plots, hatched columns = plots < 4 km from the aluminium plant.

Diskusjon

Det er i denne undersøkelsen registrert 34 arter/artsgrupper på gran i Mosjøen-området. Dette er 8 færre enn det som ble registrert av Skye (1993). Hilmo & Wang (1989) registrerte 20 arter/artsgrupper av busk- og bladlav, samt 26 skorpelav, på gran ved Mo i Rana. Bare 10 graner har i denne undersøkelsen blitt analysert på hver observasjonsflate, og registrerings-metodikken gir trolig minimumstall for antall lavarter.

Det er flere forhold som er fremtredende når det gjelder arts-sammensetning og dekning av epifyttiske lav i undersøkelses-området. *Hypogymnia*- og *Parmelia*-arter

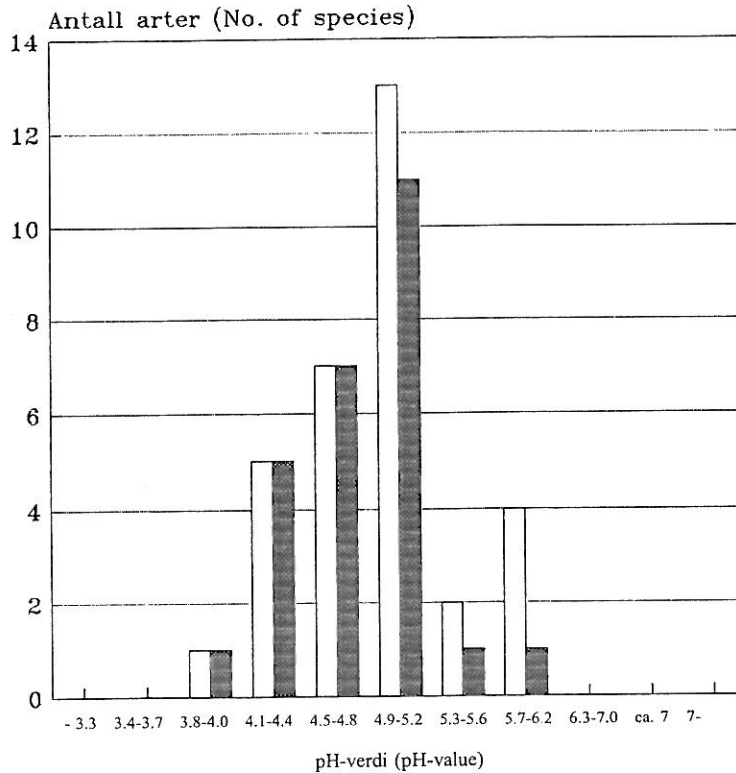


Fig. 4. Fordeling av epifyttiske lav i Mosjøen området etter en svensk klassifisering (Hultengren et al. 1991, 1992). Hver art er klassifisert etter preferanse for pH i bark, og er gitt en pH-verdi. Hvite søyler = alle obs.flatene, skraverete søyler = obs.flater < 4 km fra verket.

Distribution of epiphytic lichens in the Mosjøen area according to a Swedish classification system (Hultengren et al. 1991, 1992). Each species is classified related to its preference to pH in bark, and is given a pH-value. White columns = all plots, hatched columns = plots < 4 km from the aluminium plant.

dominerer på stammene. Lavsamfunn med disse artene regnes for å være relativt tolerante mot luftforurensninger (Westmann 1976, 1982).

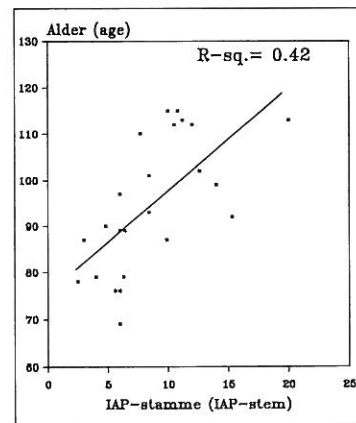
Den gjennomsnittlige dekningsgraden viste relativ liten variasjon mellom observasjonsflatene. Analyserer man dekningsgraden for hver art, blir bildet mer sammensatt. Vanlig kvistlav (*Hypogymnia physodes*) og bristlav (*Parmelia sulcata*) har bl.a. større dekning på observasjonsflatene nært EAM i forhold til flatene lenger unna. Ser man på artsantallet isolert, er det en tendens til at det er flere lavararter på observasjonsflatene som ligger lenger unna enn de som ligger nært EAM. Dette gir seg utslag på IAP-indeksene. Forskjellene er ikke store, og variasjonen både innen og mellom observasjonsflatene er betydelig.

Nedbørsforholdene kan influere på indeksene, men innenfor 20 km avstand fra verket er det liten grunn til å anta at dette er en viktig variasjonsårsak. Andre økologiske faktorer, bl.a. lys, luftfuktighet, barksubstrat og mikroklima, synes viktigere ettersom totalvariasjon er større mellom trærne innen observasjonsflaten.

I et område utsatt for luftforurensning vil det kunne skje en forandring ved at følsomme lavarter dør, og ved at tolerante arter overlever og i bestemte tilfeller kan spre seg ytterligere. Minsker forurensningene kan både følsomme og tolerante arter utvide sine posisjoner. Tidsfaktoren er dermed sentral i en rekolonisering. En sammenligning med Skye (1969) viser at flere kjente sensitive lavarter i denne undersøkelsen er registrert nærmere bysentrum og verket. At rekolonisering har funnet sted viser at miljøforholdene i dag er av en slik karakter at flere av lavartene kan utvide sine posisjoner. Det er naturlig å knytte dette til at fluoridutslippene fra EAM er redusert de senere år.

Til tross for stor variasjon er det funnet en sammenheng mellom tiltagende IAP-verdier med økende trealder for epifyttiske lav på stammer ($r^2 = 0.42$, $p < 0.001$). Variasjonen kan delvis forklares ved aldersforskjeller på trærne innen observasjonsflaten (Fig. 5). Alder på greinene ble ikke registrert. IAP-verdiene for stammer synes å reduseres svakt med økende relativ tretetthet ($r^2 = 0.31$, $p < 0.05$). For greinlav ble det ikke funnet tilsvarende effekt. Resultatene indikerer at uavbrutt økologisk kontinuitet er spesielt viktig for de mest sensitive lavartene.

Fig. 5. Sammenheng mellom IAP-verdi (index of atmospheric purity), beregnet utfra dekning og antall arter av epifyttiske lav på stammer, og alder (i brysthøyde) på grantrærne i Mosjøen og omegn. Relationship between IAP-values (index of atmospheric purity), calculated from cover and no. of epiphytic lichen species on stems, and age (at breast height) of the trees in the Mosjøen area.



Vanlig kvistlav (*Hypogymnia physodes*), bristlav (*Parmelia sulcata*) og grå fargelav (*Parmelia saxatilis*) er de mest tolerante av epifyttiske makrolav i Mosjøen-området. Gilbert (1971) hevder at grå fargelav (*Parmelia saxatilis*) er mindre tolerant for fluoridforurensning enn bl.a. blodbarklav (*Mycoblastus sanguinarius*) og gul stokklav (*Parmeliopsis ambigua*). Skye (1972) rapporterer at vanlig kvistlav (*Hypogymnia physodes*) er den mest tolerante av 23 registrerte lavarter på furu ved aluminiumsverket i Sundsvall. Blant de mest sensitive rangerer han mørkskjegg (*Bryoria fuscescens*) og bleikskjegg (*Bryoria capillaris*). Elghornslav (*Pseudevernia furfuracea*) anses av flere forfattere, bl.a. Skye (1972)

og Hornetvedt (1975), å være en god indikator på fluoridholdige avgasser. Arten er i denne undersøkelsen kun funnet på en lokalitet og synes ikke å være hyppig forekommende i distriktet. Skjeggglavene er nokså vanlig utbredt, og er kjent som gode indikatorarter (Westman 1976). Flere arter viser en utbredelse og dekning i Mosjøen-området som indikerer at de er svært følsomme for luftforurensning, bl.a. skrukkelav (*Plastimatia norvegica*) og skrubbenever (*Lobaria scrobiculata*). Sistnevnte er i tillegg kjent som en gammelskogsindikator som er rammet av større tilbakegang i Sverige, blant annet på grunn av luftforurensning og skogbrukets driftsmetoder (Moberg 1984).

Av de 34 arter/artsgrupper som er registrert i området, er det 32 som inngår i den svenske klassifiseringen av Hultengren et al. (1991, 1992). De to artene som ikke inngår er de oseaniske artene groplav (*Cavernularia hultenii*) og skrukkelav (*Plastimatia norvegica*). Tyngdepunktet i artsfordelingen ligger i klassene 4 og 5, dvs. middels sensitive arter.

Plasserer man de 7 observasjonsflatene som ligger mindre enn 4 km fra EAM i en såkalt forurensningsprofil, er det en forskyvning i profilen i retning av flere arter med lavere K-verdi (Fig. 3). Relatert til artenes krav til barksubstrat kan 81 % av lavene plasseres i den "sure" del av skalaen, dvs. tilsvarende pH i bark fra ca. 3.0 - 5.6 etter den svenske klassifiseringen. Ingen av de registrerte lavartene foretrekker pH-verdier som overstiger den "subneutrofile" klasse, tilsvarende pH i bark på ca. 5.7-7.0. Forurensnings-profilen (Fig. 4) viser at det er en forskyvning i retning av flere "acidofile" arter nært EAM og Mosjøen sentrum. Dette indikerer en forsureffekt i barksubstratet. Det er relevant å knytte denne effekten til utslipp av fluorid, SO₂ og støv fra EAM (i 1992 henholdsvis ca. 8, 30 og 23 kg/t). Men også forurensning fra oljefyring og annen lokal industri kan i en viss grad være medvirkende. Resultatene harmonerer med det sprednings- og skademønster som er beskrevet i området, utfra opptak av fluorid i vegetasjonen (Øyen 1993).

Beregning av N-verdier for epifyttiske lav etter Hultengren et al. (1991, 1992), som gjenspeiler artenes preferanse for nitrogen, viser at 91 % av lavene i Mosjøen og omegn tilhører gruppen "anitrofile". Anitrofile arter foretrekker bark som er "ikke eutrofiert". Av lav i Mosjøen-området er det kun artene klubbebrunlav (*Parmelia exasperatula*) og dverggulsottlav (*Xanthoria polycarpa*) som prefererer "svakt eutrofiert bark", og tregrønske (*Scoliciosporum sp.*) "temmelig eutrofiert bark". Skye (1993) påpeker at det de senere år har skjedd en tilvekst av flere "nitrofile" arter på observasjonsflater nært sentrum, noe som han henfører til en klar økning i biltrafikken og NO_x-utslippene. EAM har et utslipp av NO_x ved dagens produksjonsnivå beregnet til ca. 8 kg/time (Røkke 1989).

I løpet av tre års registrering er det i to tilfeller blitt observert skadesymptomer på lav. Symptomene var klorose på thallus (*Hypogymnia physodes*) og mørke nekrotiske lobespisser (*Usnea sp.*), begge tilfellene ved observasjonsflater nærmest Mosjøen og EAM. En kjemisk analyse avdekket at konsentrasjon av fluorid i hengestry (*Usnea sp.*) var ca. 3.5 ganger så høy hos skadede individer i forhold til en blindprøve (henholdsvis 30.0 og 8.6 mg F/kg tørrstoff). Gilbert (1971) anbefaler kritisk belastningsnivå hos epifyttiske lav fra 30-50 mgF/kg tørrstoff.

Analyseprøvene indikerer at konsentrasjonene av fluorid i nærområdene av verket fortsatt kan være skadelig for enkelte epifyttiske lav.

Konklusjon

Det er registrert 34 arter/artsgrupper epifyttiske lav på gran i Mosjøen og omegn. Lavsamfunn med *Hypogymnia*- og *Parmelia*-arter dominerer på stammer, mens særlig *Usnea*- og *Bryoria*-arter er medherskende på grankvister. Det er funnet effekter av forurensning på lavfloraen i området. Effektene er redusert artsdiversitet lokalt. Mindre enn 4-5 km fra aluminiumsverket og Mosjøen sentrum i hovedvindretningen er det registrert en endring av lavfloraen ved at sensitive arter går ut, og mer tolerante arter overtar. Den totale dekningsgrad av lav på granstammer er lite påvirket av forurensninger, hvor den viktigste komponent er fluorid. Forurensningsindeks for lav (IAP), beregnet ut fra artsantall og dekning, viser en stigende tendens med økende avstand fra aluminiumsverket. Følsomhetsverdier for epifyttiske lav, etter en svensk klassifisering, viser at områdene som ligger mindre enn 4-5 km fra bysentrum og verket i hovedvindretningen er påvirket av forurensning. Det er registrert rekolonisering av epifyttiske lav i områder som tidligere var forurensningsbelastet. Dette kan knyttes til reduserte utslipp av fluorid fra aluminiumsverket de senere år, og bedret luftkvalitet. Relatert til mengden av sensitive lavarter som er funnet i Mosjøen-området og utbredelsen av skadeområdet, må dagens effekter av luftforurensning karakteriseres som begrenset.

Epiphytic lichens in the Mosjøen area and air pollution

Species composition and cover of epiphytic lichens have been surveyed on Norway spruce (*Picea abies* (L.)Karst.) stems and twigs in the Mosjøen area (Fig.1). The area has been suffering from air pollution, especially hydrogenfluoride from an aluminium plant. 34 species and species-groups were recorded on stems and twigs on one or more of the sample plots (Tab. 1). *Hypogymnia*- and *Parmelia*-communities were dominating the stems, *Usnea* and *Bryoria* species was codominating on twigs. The total cover of lichen on stems did not differ significantly on sample plots in the investigated area (Tab. 2). Still, there is a noticeable decline of the number of lichen species in the area less than 4-5 km from the aluminium plant and the city centre in the main wind direction. A calculated index of atmospheric purity (IAP-index) is increasing with an increasing distance from the plant (Fig. 2). Nearby the pollution source less tolerant species are substituted by more tolerant lichens, according to a Swedish susceptibility classification (Fig. 3 & 4). The relative age of the trees seems to influence the indexes (Fig.5). Recolonisation of lichens are recorded in areas which previously were damaged by fluoride. This could be connected to reduced emissions from the aluminium plant the last few years, and improved air quality. Due to the distribution of sensitive lichen species, and the size of the damaged area, the effects of air pollution today must be considered as limited.

Etterord

Rapporten er en del av "Effektstudien", finansiert av norsk aluminiumindustri og Norges Forskningsråd. Effektstudien er et tverrvitenskaplig forskningsprosjekt over årene 1990-1994.

Gjennom samarbeidsprosjektet søker aluminiumindustrien å belyse sammenhengen mellom utslipp og effekter i miljøet rundt de syv primæraluminiumverkene i Norge. Takk til Erik Skye for veiledning i felt og til Kåre Venn og Dan Aamlid for kommentarer til manuskriptet.

Litteratur

- Bruteig, I.E. 1984. Epifyttiske lav som indikator på luftforurensning i Aust-Finnmark. Hovedfagsoppgave ved Universitetet i Trondheim, 126 s. [upublisert].
- Bruteig, I.E. 1987. Basisundersøkelse av luftkvaliteten i Drammen 1984-1985. Delrapp. A, Lavvegetasjonen på bjørk. Norsk institutt for luftforskning OR 45/87.
- Coppins, B.J. 1973. The "drought hypothesis". S. 124-142. i: Ferry, B.W., Baddley, M.S. & Hawksworth, D.L.(eds.): Air pollution and lichens. The Athlone Press, London, 389 s.
- DNMI 1993. Det norske meteorologiske institutt. Klimatabeller for Mosal, perioden 1964-1986, [upublisert].
- Egerhei, T. 1978. Epifyttiske lav og mosen *Hylocomium splendens* som indikator på luftforurensning i Kristiansand. Hovedoppgave ved Norges Landbrukshøgskole, 271 s. [upublisert].
- Gilbert, O.L. 1971. The effects of airborne fluorides on lichens. *The Lichenologist* 5:26-32.
- Gilbert, O.L. 1975. Effects of air pollution on landscape and land use around Norwegian aluminium smelters. *Environ. Pollut.* 8:113-121.
- Gurholt, G. 1968. Epifyttiske makrolav i relasjon til luftforurensninger fra industrisentra i Breivik, Porsgrunn og Skien. *Blyttia* 26(4):161-204.
- Haugsjå, P.K. 1930. Über den Einfluss der Stadt Oslo auf die Flechtenvegetation der Bäume. *Nyt Mag. Naturv.* 68:1-116.
- Hawksworth, D.L. 1973. Mapping studies. S.38-76. i: Ferry, B.W., Baddley, M.S. & Hawksworth, D.L.(eds.): Air pollution and lichens. The Athlone Press, London, 389 s.
- Hilmo, O. & Wang, R. 1989. Lav på gran i Mo i Rana. Universitetet i Trondheim AVH. Botanisk institutt. 51 s.
- Hornthvedt, R. 1972. Røykskader på furu (*Pinus silvestris* L.) og gran (*Picea abies* (L.) Karst.) omkring en kunstgjødsselfabrikk. Dr. lis. thesis. Norsk institutt for skogforskning, 78 s. [upublisert].
- Hornthvedt, R. 1975. Epiphytic macrolichens of Scots pine related to air pollution from industry in Odda, Western Norway. *Medd. Norsk Inst. Skogforsk.* 31.12:584-604.
- Holopainen, T.H. 1983. Ultrastructural changes in epiphytic lichens, *Bryoria capillaris* and *Hypogymnia physodes*, growing near a fertilizer plant and a pulp mill in central Finland. *Ann.Bot.Fennici* 20:169-185.

- Hultengren, S., Martinsson, P.-O. & Stenström, J. 1991. Lavar och luftföroreningar. Statens naturvårdsverk. Rapport SNV 3967, Uppsala. 113 s.
- Hultengren, S., Martinsson, P.-O. & Stenström, J. 1992. Bilaga til lavar och luftföroreningar. Känslighetslista med tillägg av kväve- och pH-tal. Bilaga til Statens naturvårdsverk, Rapport SNV 3967. 15 s.
- Kauppi, M. 1980. The influence of nitrogen rich pollution components on lichens. Acta Univ. Oul. A. 101 Biol.:1-25.
- Krogh, H., Østhagen, H. & Tønnsberg, T. 1980. Lavflora. Norske busk-og bladlav. Universitetsforlaget, Oslo. 312 s.
- LeBlanc, F., Comeau, G. & Rao, D.N. 1971. Fluoride injury symptoms in epiphytic lichens and mosses. Can.J.Bot. 49:1691-1698.
- Lie, J.Ø. 1971. Epifyttvegetasjonen på *Betula pubescens* Ehrh. i Bergensdalen sett i forhold til den alminnelige luftforurensning. Hovedoppgave i spesiell botanikk, Universitetet i Bergen. 159 s. [upubliseret].
- Moberg, R. & Holmåsén, I. 1982. Lavar, en fälthandbok. 2.utg. 1986. Bohuslänningens Boktryckeri AB. Uddevalla. 240 s.
- Moberg, R. 1984. Artslista over hotade skogsväxter i Sverige-Lavar. S. 266-331 i: Ingelög, T., Thor, G. & Gustafsson, L. (eds.). Floravård i Skogsbruket, Del II. Skogstyrelsen, Jönköping.
- Nash, III, T.H. 1988. Correlating fumigation studies with field effects. Bibl.Lichenol.30: 201-216.
- Rao, D.N. & LeBlanc, F. 1973. Effects of sulphur dioxide on lichen and moss transplants. Ecology 54:612-617.
- Røkke, N.A. 1989. Målinger av NO_x-utslipp fra aluminiumverk. Utredning fra SINTEF, 1989.
- Santesson, R. 1984. The lichens of Sweden and Norway. Grafiska trykkeriet, Uppsala. 333 s.
- Skye, E. 1969. Undersøkning over lavvegetationen i Mosjøen-området. i: Underskjønn vedr. fluorskader på skog i Vefsn-distriktet. Vedlegg til utskrift for rettsbok for Alstahaug herredsrett. Sak 20/1968 B. 23 s. [upubliseret].
- Skye, E. 1972. Lichens as indicators of fluorine compounds. Symposium on the problem in the primary aluminium smelting industry, 24-26.5. 1972. NTH-Trondheim. Symposium paper. 2 s.
- Skye, E. 1993. Lavar på gran i Mosjøenområdet. Industrilandskapets Ekologi HB. Uppsala. 32 s.
- Thrane, K. 1983. Luftkvalitet i Mosjøen. Oppdragsrapport nr.68/83. Norsk institutt for luftforskning. 91 s.
- Turk, R. & Wirth, V. 1975. The pH dependence of SO₂ damage to lichens. Oecologia 19:285-291.

- Westman, L. 1976. Relative effects of air pollution and habitat factors on lichens. S. 67-77. i: Kärenlampi, L. (ed.): Proceedings of the Kuopio meeting on plant damages caused by air pollution. Kuopio, 160 s.
- Westman, L. 1982. Anvendning av lavar i kontrollprogram for punktkällor som släpper ut svavel, fluor och metall. Statens naturvårdsverk rapport SNV PM 1556.
- William, E., Atkinson, Ch.J. & Nash, III, T.H. 1988. Comparisons of SO₂ absorption capacities of mosses, lichens and vascular plants in diverse habitats. *Bibl.Lichenol.*30: 217-230.
- Øiseth, K.B. & Aarvik, S. 1980. Lav og SO₂-forurensning i Oslo- området. Hovedoppgave ved Norges Landbrukshøgskole, 112 s. [upublisert].
- Øyen, B.-H. 1993. Virkningen av fluoridutslipp fra et aluminiumverk i Mosjøen på skogvegetasjonen i omegnen. *Rapp. Skogforsk* 5/93:1-15.
- Aamlid, D. 1992. Lavdekning på bjørkestammer i Sør-Varanger kommune, Finnmark, relatert til luftforurensning. *Rapp. Skogforsk* 4/92:1-11.