

# Lav og luftforurensing: Er trenden snudd?

Hans Jan Bjerkely

**At bysentrum i større byer kan betegnes som lavørken, og at vi må ut i skogen eller til fjells for å finne frodig lav-vegetasjon, er ganske godt kjent. At det er luftforurensning som dreper laven i byene, er nok også noe mange er klar over. Hvilke lav-arter som tåler minst og mest, og hvilken type luftforurensning som er verst, er ikke så godt kjent. Har vi en dominerende utslippskilde, er det forholdsvis enkelt å kartlegge endringene i lav-vegetasjonen i forskjellige retninger etter som avstanden fra utslippskilden øker. Her ble dette gjort i 1976-77, og så på nytt 30 år etter, da utslippene var vesentlig redusert. Det store spørsmålet var i hvilken grad laven hadde erobret tilbake tapte skanser.**

Frodig lav-vegetasjon på trær har lenge vært et tegn på ren luft og gamle, seintvoksende trær. I bystrøkene begynte imidlertid laven å gå tilbake da industrialiseringen tok fart. Vi vet at tilbakegangen var tydelig allerede på 1800-tallet i enkelte bystrøk i Europa. W.

Nylander (1866) observerte at det ikke vokste lav i sentrale deler av Paris, og han så at lavfloraen var dårlig utviklet i byens nærmeste omegn. Etter som forbruket av kull økte, og olje og gass etter hvert kom i tillegg, ble luftforurensningen stadig alvorligere, og laven fikk stadig større problemer i tett befolkede og industrialiserte strøk. Observasjoner, målinger og forsøk i laboratorier og felt, har vist at det først og fremst er svovel-dioksid SO<sub>2</sub> som er årsak til tilbakegangen. Begrepene *lavørken*, *kampson* og *normalson* ble innført av R. Senander (1926), under arbeidet med kartlegging av lav-vegetasjonen i Stockholm.

Lavørken finner vi i svært mange byer og industristrøk. I denne sonen er det ingen lav på trær. Trestammene kan ha et overtrekk av sot. I sonens ytre deler kan en, spesielt der luftfuktigheten er høy, finne grønnalger på trestammene, og en kan finne enkelte lavararter, spesielt skorpelaver, på stein. Lavørkenen går gradvis over i kampsonen, som karakteriseres av at det begynner å komme enkelte lavararter på trær og at lav-vegetasjonen på stein blir rikere.

Kampsonen har som regel stor utstrekning, og den går gradvis over i normalsonen, der en finner de lavararterne som karakteriserer landsdelens "rene" områder. Krog og Brandt (1974) angir at det omkring 1850 knapt var noen lavørken i Oslo, men i 1930 måtte de sentrale sentrumstrøk karakteriseres som lavørken, og kampsonen strakte seg bl.a. til Lysakerelva, Mari-

**Hans Jan Bjerkely (f. 1940)**

ble cand. real. i zoologi ved UIO i 1964, ansatt som høgskolelektor ved Stavanger lærerskole i 1965, ved Halden lærerhøgskole og Høgskolen i Østfold fra 1972. Ble førsteamanuensis i biologi i 1982. Har vært leder i Naturvernforbundets lokallag og kommunepolitiker. Var en av forfatterne i "Natur, samfunn og miljø" på Universitetsforlaget i 1997, og har skrevet en del kompendier.

**Frodig lav-vegetasjon på trær har lenge vært et tegn på ren luft og gamle, seintvoksende trær**



**Figur 1**  
Kvistlav, skogens vanligste plante, tåler ganske mye  $SO_2$  i lufta og brukes som en indikatorart for kampsonen.

dalsvannet og Grefsenåsen. Siden den tid hadde sonene krøpet utover slik at grensen for lavørken i 1974 nærmet seg 1930-grensen for kampsonen.

Både normalsonen og kampsonen, slik de her er beskrevet, rommer store



**Figur 2**  
Elghornslav, en meget vanlig art når luftforurensningen er beskjeden.

variasjoner. Hvis en ønsker mer eksakte data, er det nødvendig å basere kartleggingen på enkelte, lett identifiserbare indikatorarter, arter som påvirkes i ulik grad av forurensningene. Hawksworth og Rose (1970) har utviklet et slikt system for bruk i England og Wales. I dette systemet opererer de med 10 soner, der observasjonene blir satt i direkte sammenheng med svovelinnholdet i lufta.

Når lavene har vist seg å være spesielt sårbare for luftforurensninger, ligger årsaken i deres anatomi og fysiologi. Lav er resultater av et samliv mellom en sopp og en grønnalge eller cyanobakterie. På våre breddegrader er det en



sekksporesopp som inngår i symbiosen, og encellede grønnalger i slekten *Trebouxia* er vanligst som partner. Samlivet er intimt, begge organismene har mistet sitt særpreg og danner nå et plan-telegeme, thallus, som er ganske forskjellig fra de to komponentene.

Algekomponenten, eller mer presist fotobionten, skaffer karbohydrater til seg selv og sin partner ved fotosyntese. Soppkomponenten står for oppbyggingen av thallus omkring fotobiont-celle-ne og tar opp og transporterer vann, næring og produserte stoffer. Vannopp-taket skjer gjennom hele overflaten.

I tørkeperioder fordampes vann uhindret, men lavene kan tåle lange pe-

rioder med tørke uten å ta skade. Når de får regn etter en tørr periode, ”livner ” de til og setter fart i livsprosesser som under tørkeperioden ikke har vært målbare. I store deler av Norge blir lav-ven utsatt for uttørring i perioder av sommeren. Dette, sammen med dårligere tilgang på lys når løvverket er tett, gjør at lavene har sin største produksjon ved lavere temperatur enn blomsterplanter i det samme miljøet. De kan utnytte vår og høst og få sine beste vekstperioder da. Uheldigvis er mengden av SO<sub>2</sub> og andre luftforurensninger en del høyere vår og høst enn på varmeste sommeren. Lavene i by- og industristrøk er derfor henvist til å ta

**Figur 3**

*Papirlav, en av våre vanligste arter på trær, tåler litt SO<sub>2</sub>, men ikke mye.*

**Lav har sine beste vekstperioder vår og høst, når forurensningen er høyere enn midt på sommeren**

**Karplanter, som tar opp vann og næringssalter gjennom rotsystemet, utsettes ikke for luftforurensninger i like stor grad som lav**

**Selv om lavene er seintvoksende og sårbare har de meget stor utbredelse. Dette skyldes nok først og fremst deres store nøysomhet og tørketilpasning, effektive formeringsmåter og store formrikdom**

opp en del forurensninger både gjennom vann og luft i sin beste vekstperiode.

Karplanter, som tar opp vann og næringssalter gjennom rotsystemet, utsettes ikke for luftforurensninger i like stor grad som lav. Regnvannets syreinnhold blir bufret en del i jordsmonnet, og røttene har en evne til å ta opp mineralstoffer selektivt. Karplantene kan også kvitte seg med en del skadelige stoffer, som tungmetaller, ved bladfelling eller visning om høsten. Laven tar opp alle skadelige stoffer som er oppløst i regnvann eller dugg, og gasser får ganske fri tilgang. De lokale utslippene av SO<sub>2</sub> synes å være mest skadelige. Svoveldioksiden løses i vann til svovelsyrling H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, som ødelegger klorofyllet i fotobionten. Fjernforurensning i form av sur nedbør har ikke så stor innvirkning på laven, men kan bety noe på sikt gjennom forsuring av substratet laven vokser på. Det er påvist at lav akkumulerer effektivt både metalliske og ikke-metalliske uorganiske stoffer. Siden lavene dessuten vokser meget langsomt og kan bli svært gamle, kan innholdet av bl.a. miljøgifter bli betydelig.

Selv om lavene er seintvoksende og sårbare og har vanskelig for å hevde seg i konkurransen med karplanter og moser på gunstige vokseplasser, har de meget stor utbredelse. Dette skyldes nok først og fremst deres store nøysomhet og tørketilpasning, effektive formeringsmåter og store formrikdom. I Skandinavia er det til nå registrert omkring to tusen arter, de fleste av dem på de mest ugjestmilde vokseplasser. Når vi arbeider med lav, er det praktisk å grovinnde dem i tre grupper etter vekstform:

Busklav, som vanligvis har forgreinet og buskformet thallus, som reinlavene. De har en bark av sopphyfer, og under dette et fotobiont-sjikt. Thallus kan være sylindrisk eller avflatet, og det kan være styrkevev av langsgående hyfer i sentrum eller like under barken. Når thallus er avflatet og har en tydelig overside, er fotobiont-cellene konsentrert under barken mot oversiden.

Bladlav, som har bladformet eller avflatet thallus, med stor forskjell på over- og underside, ofte uregelmessig, festet til underlaget med rhiziner (eller haptere), eventuelt festet i et sentralt festepunkt som kalles navle. De fleste har en lagdelt (heteromer) struktur med fotobionten i et eget sjikt under barken mot oversiden.

Skorpelav, der thallus er fast sammenvokst med underlaget og danner en flat skorpe som er vanskelig å samle uten å ta med litt av steinen eller barken den sitter på. Skorpelaver på stein danner lavsyrer som løser opp mineralene slik at laven kan være mer eller mindre inngrodd i steinen. Rhiziner og bark på undersiden mangler, og hyfer fra margsjiktet fester laven til underlaget. Skorpelavene har det største arts-mangfoldet, de er ofte vanskelige å bestemme uten mikroskop eller kjemiske metoder, og de er til dels dårlig utredet.

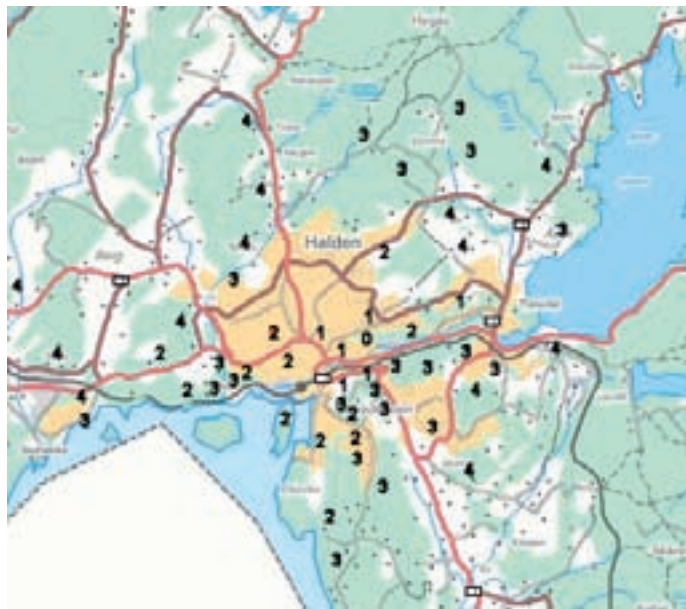
Grovinndelingen i tre grupper har liten systematisk betydning. Overgangsformer finnes, og i noen slekter er flere vekstformer representert. Likevel er betegnelsene nyttige i en del sammenhenger når vi omtaler lav.

Lavenes formeringsmåter skal bare kort omtales i denne artikkelen. Vegetativ formering skjer ved fragmentering, soredier og isidier. Siden både

sopp og fotobiont er med i bitene eller formeringsorganene som spres, kan de vokse opp til et thallus av samme art som de løsnet fra. Der vegetativ formering ikke er tilstrekkelig, som hos skorpelaver, formerer komponentene seg hver for seg. Soppkomponenten danner fruktleger, kalt apothecier eller perithecier, der soppens sporer dannes. Sporene spres med vinden, de kan spire til små soppkyfer, og dersom de treffer en passende algecelle eller cyanobakterie, vokser de omkring disse, og ny lav dannes. Soppkyfene går til grunne om de ikke treffer en passende partner, mens fotobiontene kan leve på egen hånd. Samlivet fører dem inn i et slags konstant slaveri i en beskyttet tilværelse. Siden hver art kan inngå partnerskap med flere andre arter, er det naturlig at artsmangfoldet blant skorpelaver er stort.

### Prosjektet "Lav-vegetasjon og luftforurensning" 1975-77

Registreringsarbeidet startet i Halden våren 1975. Treforedlingsindustrien hadde gjennom lang tid vært den dominerende industrien, livet i Iddefjorden var ødelagt av utslipp til vann, og utslippene til luft var betydelige. I 1973 utplasserte NILU 6 stasjoner for kontinuerlig måling av SO<sub>2</sub>-innholdet i lufta i og nær bysentrum. Ved Halden Lærerhøgskoles biologiseksjon var vi opptatt av å konkretisere miljøproblemer, vise at artskunnskap kunne ha praktisk anvendelse og aktivisere 30 lærerstudenter på halvårsenhet i biologi i et meningsfullt prosjekt. Prosjektet ble i første omgang drevet over tre år, med tre forskjellige studentgrupper. Det ble publisert av undertegnede i tidsskriftet *Pedagog* nr.1, 1979, og det var ett av



**Figur 4**  
Registreringer av lavvegetasjonen i Halden i 1976 og 1977. 0 viser lavørken, 1 viser lav-halvørken, 2 viser kampsone, 3 viser semi-normal sone og 4 viser normal sone.

de norske prosjekter som ble presentert (under overskriften "Luftforurensning dreper lav") på det nordiske miljølære-symposiet i Helsinki i 1987. Nå tar jeg med bare hovedpunkter fra tidligere publisering.

Ved starten i 1975 var det naturlig å ta utgangspunkt i målestasjonene for SO<sub>2</sub>, for å finne ut hvilke lavararter som egnet seg best som indikatorarter. Vi registrerte i første omgang både lav på stein og lav på trær. Siden laven på trær bare er velutviklet på døde trær eller gamle trær i dårlig vekst, med brukbare lysforhold, forsøkte vi å finne fjellrabber der tørke og næringsmangel gjorde at treets vekst gikk langsomt og laven fikk god tid til å etablere seg. Ved to av målestasjonene, i bysentrum, var det umulig å finne slike biotoper, ved de fire andre var det mulig. All lav nær målestasjonene ble re-

**Der vegetativ formering ikke er tilstrekkelig formerer komponentene seg hver for seg**

**Siden hver art kan inngå partnerskap med flere andre arter, er det naturlig at artsmangfoldet blant skorpelaver er stort**

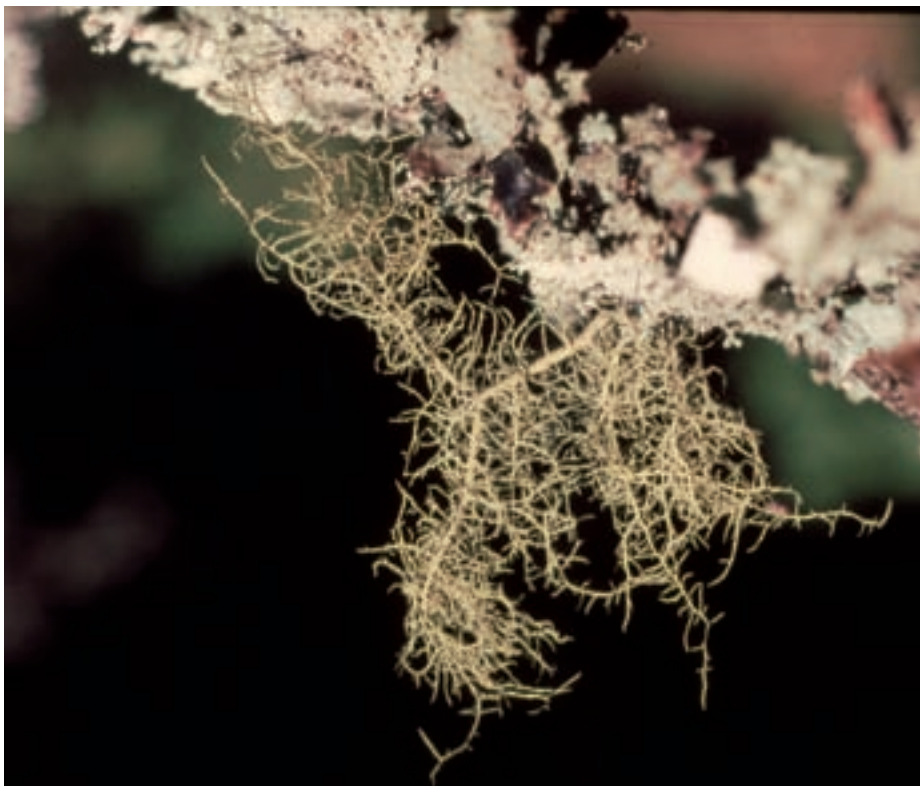
Det viste seg at studentenes vurderinger av hyppighet var noe forskjellige, artskunnskapene kunne svikte litt, og biotopene var ikke helt sammenlignbare

gistrert, skorpelav ble ikke artsbestemt, strylav og skjeggjav ble bestemt til slekt. Forekomsten av de enkelte arter/slekter ble angitt etter en hyppighetsskala fra 1 til 6, basert på studentgruppens inntrykk.

Det viste seg at studentenes vurderinger av hyppighet var noe forskjellige, artskunnskapene kunne svikte litt, og biotopene var ikke helt sammenlignbare. Etter en kritisk gjennomgang av materialet og en sammenligning med dataene fra SO<sub>2</sub>-målingene, kom vi til at følgende lav kunne være aktuelle som indikatorarter: Skorpelav (mange arter), fargelav (*Parmelia saxatilis*), blærelav (*Umbilicaria*

*pustulata*), kvistlav (*Hypogymnia physodes*), lys reinlav (*Cladonia arbuscula*), papirlav (*Platismatia glauca*), elghornslav (*Pseudevernia furfuracea*), strylav (*Usnea sp.*), skjeggjav (*Alectoria sp.*), bleiktjafs (*Evernia prunastri*). Vi brukte under vurderingen tallene for SO<sub>2</sub> fra 1974, maks og middelværdi for hver måned gjennom hele året. Stasjonen med høyest verdier hadde ikke lav på trær, stasjonen med lavest verdier hadde samtlige arter/slekter listet opp ovenfor.

I 1976 startet studentgruppene registreringsarbeidet nær sentrum med den store utslippskilden fabrikkøyken fra Saugbrugsforeningen, og forflyttet seg



**Figur 5**  
Piggstry, en av lavene som karakteriserer normalsonen.

utover i forskjellige retninger mot rene-  
re luft. Bleiktjafs ble kuttet ut som indi-  
katorart fordi den ikke opptrådte på  
bartrær. Observasjonene på 29 registre-  
ringssteder ble brukt til å lage kriterier  
for karakteristikk av lav-vegetasjonen.  
Materialet gjorde det naturlig å operere  
med 5 vegetasjonstyper:

- L<sub>0</sub> Lavørken.* Ingen lav på trær. Ofte  
grønnauger på trær.
- L<sub>1</sub> Lav-halvørken.* Til dels mye skorpe-  
lav på trær, ingen eller ubetydelig  
kvistlav.
- L<sub>2</sub> Kampsoner.* Kvistlav, blærelav, far-  
gelav og reinlav vanlige.
- L<sub>3</sub> Semi-normal sone.* Elghornslav og/  
eller papirlav vanlige.
- L<sub>4</sub> Normalsoner.* Også skjegg-  
lav og strylav kan finnes.

Sammenlignet med de gamle betegnel-  
sene lavørken, kampsoner og normalso-  
ner, har vi her innført mellomsoner på  
begge sider av kampsonen. Navnene  
på mellomsonene er mine forslag (fra  
2007), som passer ut fra erfaringene i  
Halden. Skorpelav, strylav og skjegg-  
lav artsbestemmes ikke, resten av indi-  
katorene bestemmes til art. Om de  
samme indikatorarter og kriterier eg-  
ner seg ved tilsvarende sonekartlegging  
i andre deler av landet, bør vurderes  
lokalt.

Registreringene ble supplert i 1977,  
med 24 nye registreringssteder. Krite-  
riene og typebetegnelsene L<sub>0</sub>-L<sub>4</sub> ble nå  
brukt direkte av studentgruppene og  
plottet inn på kart. Kriteriene syntes  
anvendelige, men det er nødvendig å  
ta forbehold om feil i enkeltregistre-  
ringer, siden forskjellige personer har  
observert og vurdert og lokalitetene  
har vært forskjellige. Registreringene

fra 1976 og 1977 er plottet inn på  
fig. 4.

Hovedinntrykket av registreringene  
i 1976-77 er at vi finner tydelige end-  
ringer i lav-vegetasjonen når vi går fra  
bykjernen og utover. Forandringene  
viser seg ikke like fort i alle retninger,  
topografi og vindretninger spiller inn.  
Lavørken ble funnet i åssiden ca 200 m  
nord for det store utslippsstedet. Ret-  
ning nord-nordøst og retning øst for  
hovedutslippet var sterkest belastet, og  
sterkere enn retning nordøst. Iflg.  
NILU er denne tendensen i samsvar  
med vindmålinger foretatt i februar-  
mai 1975, der retningen mot nord-  
nordøst synes framherskende ved sterk  
vind, mens røyken ofte siger opp gjen-  
nom Tistedalen mot øst ved svak vind.  
Bysentrum og områder langs fjorden  
var også ganske sterkt belastet, noe  
som for haldensere synes naturlig ut  
fra industrirøykens fordeling under  
visse klimatiske forhold. Registrering-  
ene av lav-vegetasjonen synes å gi et  
godt bilde av luftforurensningen, spe-  
sielt SO<sub>2</sub>, i lokalmiljøet. Ut fra under-  
søkelser andre steder vet vi at høyt SO<sub>2</sub>  
-innhold i lufta fører til mer luftveisli-  
delser i befolkningen. Lavregistrering  
kan dermed også gi et inntrykk av en  
av risikofaktorene når det gjelder slike  
sykdommer.

### **Oppfølgende undersøkelse våren 2007**

I 1977 ble det bygget høyere skorstein  
ved Saugbrugs, slik at utslippene fikk  
større spredning. Etter hvert ble også  
utslippskravene fra SFT skjerpet, og  
det ble gjennomført tiltak for å reduse-  
re utslippene. Den største reduksjonen  
skjedde ved reduksjon av luftfyringen i  
årene 1989-91, da cellulosefabrikken

**Hovedinntrykket  
av registreringene i  
1976-77 er at vi fin-  
ner tydelige end-  
ringer i lav-vegeta-  
sjonen når vi går fra  
bykjernen og ut-  
over**

**Registreringen av  
lav-vegetasjonen  
synes å gi et godt  
bilde av luftforu-  
rensningen, spesi-  
elt SO<sub>2</sub>, i lokal-  
miljøet**



**Figur 6**  
 Registreringer av lavvegetasjonen i Halden i 2007. Kun normalsone og semi-normal sone ble funnet.

**Siden SO<sub>2</sub>-belastningen på lavvegetasjonen i Halden er kraftig redusert i løpet av de siste 30 år, var det interessant å undersøke om laven hadde erobret tilbake tapte skanser**

**De SO<sub>2</sub>-følsomme lavartene er på frammarsj, strylav i noe større grad enn skjeggjav**

ble nedlagt. Totalutslippene av SO<sub>2</sub> gikk ned fra ca. 1000 tonn/år til under 200 tonn/år fra 1986 til 1998.

Siden SO<sub>2</sub>-belastningen på lavvegetasjonen i Halden er kraftig redusert i løpet av de siste 30 år, var det interessant å undersøke om laven hadde erobret tilbake tapte skanser. Derfor gjennomførte jeg våren 2007 en ny lavregistrering i det samme området som i 1976-77. Denne gang var det ikke studenter med på feltarbeidet, så feilkilden med forskjeller i artskunnskap og observasjonsevne var fjernet. Der det var mulig, prøvde jeg å bruke de samme registreringsstedene som 30 år tidligere. Imidlertid var det nødvendig å finne nye steder inntil 300 m unna når de gamle trærne fra 30 år tilbake var fjernet ved flatehogst, boligbygging eller andre tiltak. Noen registreringssteder lot seg ikke erstatte

innen rimelig avstand, men området er etter min vurdering tilstrekkelig dekket opp til at resultatet er sammenlignbart med undersøkelsen 30 år tidligere

Erfaringene fra forrige undersøkelse viste at det var unødvendig å registrere lav på fjell, derfor ble blærelav, fargelav og reinlav fjernet fra kriteriene. I kampsjonen er det (etter mine kriterier) alltid kvistlav, mer eller mindre frodig, men de mer SO<sub>2</sub>-følsomme artene mangler. De lavene det nå var nødvendig å se etter, var alle på trær, skorpe-lav(L<sub>1</sub>), kvistlav(L<sub>2</sub>), elghornslav og papirlav(L<sub>3</sub>), strylav og skjeggjav(L<sub>4</sub>). Årsaken til at strylav og skjeggjav er mest SO<sub>2</sub>-følsomme, har trolig sammenheng med at stor overflate gir gassen lett tilgang til det indre av laven og dermed til fotobiont-cellene. Elghornslav og papirlav har også stor overflate, men ikke så stor som skjegg og stry.

Resultatet av registreringen i 2007 er vist på fig.6. Trenden er tydelig i alle retninger fra sentrum og hovedutslipp. De SO<sub>2</sub>-følsomme lavartene er på frammarsj, strylav i noe større grad enn skjeggjav. Der det var nyetablering av strylav, var den stort sett under 6 cm lang. Elghornslav og papirlav kunne finnes i frodige forekomster der de manglet helt i forrige undersøkelse, og de var å finne på samtlige registreringssteder. Det vil si at det nå ikke ble registrert kampsone noe sted i undersøkelsesområdet. Selv 200-300m nord for hovedutslippet, der det var lavørken 30 år tidligere, vokste det nå elghornslav og papirlav. I sentrale bygater mangler de gamle trærne, derfor er det vanskelig, ut fra mine kriterier, å trekke slutninger om hvor stor forbedringen der er blitt.



## Konklusjon

Lav-registreringene som er gjort i Hal- den i 1976-77 og på nytt i 2007 viser at det i 30-års-perioden har skjedd en be- tydelig endring. Mens det i 1976-77 ble registrert både lavørken, lav-halvør- ken, kampsone, semi-normal sone og normalsone, ble det i 2007 funnet bare semi-normal sone og normalsone. Det vil si at en lav-vegetasjon som var sterkt redusert både i mangfold og mengde på grunn av de lokale SO<sub>2</sub>-ut- lippene, nå i stor grad har tatt seg opp igjen ved re-etablering av mer følsomme arter. Semi-normal sone kan finnes nær hovedutslipp og bysentrum, mens normalsonen, som karakteriserer skog- områder med ren luft, har rykket bety- delig nærmere bysentrum. Hovedårsak til den positive utviklingen er en kraftig reduksjon i SO<sub>2</sub>-utslippene fra Norske Skog Saugbrugs. Overgang til mer svo- velfattig olje i bedrifter, forretninger og privatboliger i byen har trolig også bi- dratt positivt. Undersøkelsen viser at når utslippene reduseres mye, er 30 år tilstrekkelig tid til å gi en betydelig

gjeninnvandring av de mer SO<sub>2</sub>-føl- somme artene.

## Videre lesning:

- Bjerkely, Hans Jan 1979. *Lav-vegeta- sjon og luftforurensninger*. Pedago- gen nr.1/79.
- Bjerkely, Hans Jan 2008. Norske na- turtyper. Økologi og mangfold. Universitetsforlaget.
- Brandt, N. og Krog, H 1974. *Lav som indikatorplante ved studiet av luft- forurensninger*. NILU
- Gruteig, Inga E. 1987. Basisundersø- kelse av luftkvaliteten i Drammen 1984-1986: lavvegetasjon på bjørk. SFT- rapport 275/87
- Hallanaro, Eeva-Lisa 2001. *Nature in Northern Europe*. Nordisk Minis- terråd, København.
- Hawksworth, D.L. og Rose, F 1970. Qalitative Scale for Estimating Sulphur Dioxide Air Pollution in England and Wales using Epiphytic Lichens. *Nature*, London 227, 145-148.
- Krog, H. 1970. Lav og luftforurens- ninger. NILU

Undersøkelsen vi- ser at når utslippe- ne reduseres mye, er 30 år tilstrekkelig tid til å gi en bety- delig gjeninnvand- ring av de mer SO<sub>2</sub>- følsomme artene