

0 18

# Moseskader i skog i Sør-Norge

Arne A. Frisvoll

oppdragsmelding



NINA

Naturens tålegrenser  
Miljøverndepartementet  
Fagrapport 6

NORSK INSTITUTT FOR NATURFORSKNING

# Moseskader i skog i Sør-Norge

Arne A. Frisvoll

Naturens tålegrenser  
Miljøverndepartementet  
Fagrapport 6

Frisvoll, A.A. 1989  
Moseskader i skog i Sør-Norge  
NINA Oppdragsmelding 18: 1-41

ISSN 0802-4103  
ISBN 82-426-0036-8

Klassifisering av publikasjonen:  
Norsk: Forurensning og miljøovervåkning i  
terrestrisk miljø  
English: Pollution and monitoring of terrestrial  
ecosystems

Copyright (C) NINA  
Norsk institutt for naturforskning  
Oppdragsmeldinga kan siteres fritt med  
kildeangivelse

Redaksjon:  
Eli Fremstad, Bodil Wilmann

Opplag: 150

Kontaktadresse:  
NINA  
Tungasletta 2  
7004 Trondheim  
Tlf. (07) 91 30 20

## Referat

Frisvoll, A.A. 1989. Moseskader i skog i Sør-Norge. - NINA Oppdragsmelding 18: 1-41.

I alt 42 lokaliteter i Sør-Norge er undersøkt for moseskader; de ligger i Oppland (5), Buskerud (2), Telemark (6), Aust-Agder (11), Vest-Agder (14) og Rogaland (4). Lokalitetene fins mellom 30 og 560 m o.h., med overvekt på høgdelaget 100-350 m.

Skade er registrert når mosen har døde eller misfarga partier. Noen ganger er den helt bleik i nedre del, med litt grønt i toppen. Denne skadetyper er bare funnet i sterkt forurensa områder i Sør-Norge. De største skadene er registrert i Telemark, Aust-Agder og østlige del av Vest-Agder.

Blanksigd *Dicranum majus* og krussigd *D. polysetum* er oftest og mest skadd. De vokser henholdsvis fuktig og tørt, og utfyller hverandre økologisk. De vurderes som svært gode overvåkningsarter for skader fra luftforurensning.

De to artene er transplantert fra forurensa områder i sør til reinere områder i Trøndelag og Nord-Østerdalen. Så langt er 76 gjensidige flyttinger utført.

Emneord: miljøovervåkning - moseskader - skog - Sør-Norge.

Arne A. Frisvoll, Norsk institutt for naturforskning, Tungasletta 2, 7004 Trondheim.

## Abstract

Frisvoll, A.A. 1989. Damage to forest mosses in South Norway. - NINA Oppdragsmelding 18: 1-41.

Forty-two localities in South Norway have been visited to look for dead or damaged bryophytes. The localities are situated in six counties, viz. Oppland (5), Buskerud (2), Telemark (6), Aust-Agder (11), Vest-Agder (14) and Rogaland (4). They are situated between 30 and 560 m a.s.l.

Damage was recorded when the bryophyte was dead or discoloured. Sometimes, the damaged bryophytes were pale from base towards apex, with a short green top or a few green leaves. This category of damage was only found in the most heavily polluted areas in South Norway. The most disquieting damage was found in Telemark, Aust-Agder and eastern parts of Vest-Agder.

The most frequently and seriously damaged species are *Dicranum majus* and *D. polysetum*. The former grows in moist and the latter in dry sites, and they complement each other ecologically. Therefore, they are considered useful monitoring species with regard to pollution from acid rain.

A reciprocal transplant experiment is being carried out, using *D. majus* and *D. polysetum* from the heavily polluted South Norway and the less polluted Central Norway.

Key words: monitoring - forest mosses - damage - South Norway.

Arne A. Frisvoll, Norwegian Institute for Nature Research, Tungasletta 2, N-7004 Trondheim.

## Forord

Sommeren 1988 vart det første gang meldt om omfattende skader på moser på Sørlandet. Norsk institutt for naturforskning (NINA) fikk i oppdrag av Direktoratet for naturforvaltning (DN) å undersøke omfanget av skadene. Forfatteren har vært prosjektleder.

Denne oppdragsmeldinga er basert på feltundersøkelser fra tidsrummet 28.5.-11.6, 22.8.-26.8. og 18.9.-20.9.1989. Feltarbeidet falt i to faser: (1) kartlegging av moseskader; (2) lokalisering av spesialområder, og transplantasjoner.

Jeg takker professor Kjell Ivar Flatberg ved Universitetet i Trondheim, Vitenskapsmuseet, for godt og nyttig samarbeid i andre del av feltarbeidet, og for tillatelse til å bruke bilder han har tatt av lokaliteter og moser. Den engelske teksten er kontrollert av R. Binns.

Trondheim 11.12.1989

Arne A. Frisvoll

To some of us who study the ecology of these small plants, the beauty of bryophytes and lichens may be more apparent than to others who do not notice them. If they continue to disappear from our ecosystems with continued occurrence of air pollution, however, we will lose both their aesthetic values and their very important ecological functions ...

Nancy G. Slack

## Innhold

Referat .....	3
Abstract .....	3
Forord .....	4
<b>1 Innledning .....</b>	<b>6</b>
1.1 Indikatorverdi og egenverdi .....	6
1.2 Moseskader og voksested .....	7
1.3 Skader på jordboende moser .....	7
1.4 Botnmosenes betydning i skogøkosystemet .....	8
<b>2 Feltarbeid og resultat .....</b>	<b>8</b>
2.1 Befaring i Sør-Norge .....	8
2.1.1 Skader .....	12
2.1.2 Voksested og skade .....	13
2.1.3 Oversikt over registrerte skader - geografi og høgdslag .....	29
2.1.4 Valg av overvåkingsarter .....	29
2.1.5 Oppsummering .....	31
2.2 Oppfølgende undersøkelser .....	31
2.2.1 Referanseområder .....	32
2.2.2 Transplantasjoner .....	35
2.2.3 Foreløpige slutninger, oppfølging .....	39
<b>3 Sammendrag .....</b>	<b>40</b>
<b>4 Summary .....</b>	<b>40</b>
<b>5 Litteratur .....</b>	<b>41</b>

## 1 Innledning

At sunnhetstilstanden i skogene på Sørlandet ikke har vært god i det siste, har nok vært antatt og også observert. Blant annet er det blitt nevnt av lokalbefolkningen at 'mosen' - dvs. laven på trea er forsvunnet. Så lenge trea ikke viste skade, vart ikke dette sett eller tillagt vekt av skogforskere.

I ettertid må de kunne bebreides for å ha vært for bastante i sin konklusjon og informasjon: "Fiskedøden på Sørlandet er en katastrofe, og som sur nedbør effekt er den nå vitenskapelig dokumentert. Hva så med skogøkosystemene? ... Ulike symptomer som misfarging av barmassen i unge og eldre bestand, glisne trekroner og punktskader på gran har vært vurdert av skogforskere på NISK. Bortsett fra sistnevnte fenomen har det for forskerne vært snakk om kjente symptomer knyttet til klimaskader, insekt-/soppangrep og næringsmangel. ... Forskeren kan fortelle sørlendingen at det i dag ikke finnes tegn som viser at skogen er skadet av sur nedbør" (Tverrfaglig etatgruppe for forsuringsspørsmål i Agderfylkene 1988; utheving her). Året etter går den samme institusjonen ut i media og forteller at skogene på Sørlandet har store skader.

Ei mer helhetlig vurdering vil finne at dersom laven og mosen på trea er skadd, er skogen også skadd. Det er på tide at hele skogøkosystemet dras inn når sunnhetstilstanden hos skogen i Norge skal vurderes og overvåkes. For dette angår ikke bare næringsinteressene. Vi vet det er noe drastisk galt med lufta og atmosfæren vi lever i når lav og moser forsvinner (Slack 1988).

### 1.1 Indikatorverdi og egenverdi

Det er klart at mange kryptogamer (moser, lav, sopp) er glimrende indikatorer på forskjellige terrestriske miljøskader. Dette må en sjølsagt utnytte når naturmiljøet skal overvåkes. Men mose- og lavartene i skog og mark har en egenverdi. Det er en tragedie at en art forsvinner fra vår flora, uansett hvilken gruppe den tilhører. Vi står nokså sikkert i fare for å miste mange barkboende moser og lav - kanskje skulle flere allerede vært strøket fra listene over norske arter. Det skjer en snikende utarming av mangfoldet i naturen, og mosene er en viktig del av dette mangfoldet.

En vet på forhånd sjelden hvilke arter som reagerer på ulike påvirkninger, og for å kunne gi en fullgod beskrivelse og oppfølging av hva som skjer i alle økosystem, må en ha oversikt over flest mulig arter (planter og dyr). Det er kjent omkring 1000 norske mosearter (Frisvoll et al. 1984). I et variert skogøkosystem er det rundt tiendeparten så mange markboende moser: Ved analysering av 200 ruter à 1 m<sup>2</sup> i skog i Høylandet (Nord-Trøndelag), vart det registrert 112 mosearter (Frisvoll et al. under arbeid). Dette er nesten halvparten av det totale antall registrerte arter (karplanter, moser, lav) i disse analysene. Til dette kommer tallrike barkboende arter der en har stort lauvtreinnslag, mange råtearter i gammel skog, og ei stor artsgruppe der en har berg og knauser i skogen.

Hver art har spesielle krav til substrat- og næringsforhold. Noen har vide toleransegrenser og vokser mange plasser; et godt eksempel er etasjehusmose (*Hylocomium splendens*, figur 3j) som trives i de fleste skogtyper og også på fjellet og i Arktis. Andre arter er langt mer spesialiserte; som eksempel nevnes krussigd (*Dicranum polysetum*, figur 3b) som enkelt sagt vokser på svært tørre plasser under skoggrensa. Ingen arter tåler at miljøet endres ut over visse (ukjente) grenser, ved forsuring, inngrep og annen menneskelig aktivitet. Skjer det, vil de gå tilbake eller forsvinne. Grøfting av myr er eksempel på et katastrofalt inngrep: hele økosystemet ødelegges, og antakelig overlever ingen av de tallrike fuktighetskrevenne artene på myra. Flatehogst av humid skog er litt mindre dramatisk; men av mosene er en hel delfuktighetskrevenne råtearter på sterk tilbakegang av den grunn, og for mange epifyttiske lav er et slikt dagligdags inngrep ødeleggende.

## 1.2 Moseskader og voksested

Forsuringsforsøk har vist at moser lett får skader ved låg pH (< 3-3.5). Skadene viser seg gjennom død, misfarging, og redusert dekning, høgdevekst, tørrvekt og forgreining. Litteraturen på feltet er ganske omfattende og gjengis ikke her (se f.eks. Nygaard s.a., for et kort sammendrag). Det har mye å si hvor mosen vokser; generelt øker følsomheten fra jordboende (*epigeiske*) til steinboende (*epilitiske*) og barkboende eller vedboende (*epifyttiske*, *epixyliske*) moser (Rao 1982: 447). Arter som vokser på trær er vanligvis langt mer følsomme enn de som vokser på andre substrat.

Skader på epifytter er beskrevet i tallrike studier. Kravfulle epifytter har hatt en katastrofal tilbakegang i sterkt forurensa områder i bl.a. Mellom-Europa: "Zu den epiphytischen Moosen, die immer seltener werden, akut vom Aussterben bedroht oder bereits völlig verschwunden sind, zählen alle *Orthotrichum*-, *Ulota*- und *Tortula*-Arten" (Marstaller 1985: 312). Noe liknende gjelder i Sør-Sverige (Floravårdskomiteen för mossor 1988). Det er liten grunn til å tro at forholda for disse artene i Sør-Norge er uproblematiske. Nøye undersøkelser mangler, men egne observasjoner tyder på svært dårlig status på Sørlandet. Dette er ikke uventa, for barkboende moser er omtrent like utsatt som barkboende lav (som er mye bedre undersøkt på dette feltet).

## 1.3 Skader på jordboende moser

Det har vært antatt at skader på jordboende skogs-moser ikke har forekommet eller forekommer hos oss: "Direkte påvirkning av jordboende moseflora fra sur nedbør er ikke dokumentert i Norge, ..." (Nygaard s.a.: [4]); direkte effekter er et annet sted (s. 22) definert som "skader som oppstår som følge av fysisk kontakt mellom overflaten av planter og den sure nedbøren". Denne oppdragsmeldinga presenterer derfor helt nye data, og viser at det er store og vidt utbredte skader på flere viktige jordboende skogsmoser i Agder-fylkene og Telemark. Den samme informasjonen er gitt populær form i en artikkel i Verdens Gang (Bondø 1989).

Nå er det ikke noe i det framlagte materialet som beviser at skadene skriver seg fra sur nedbør, og stor skepsis til en slik kobling er uttrykt fra NISK-hold (i brev, hvor klimaskader antydes som forklaring). Den som kjenner mosene vil ikke lett bruke klimastress som forklaring. Dette er hardføre planter som ikke kan sammenliknes med karplantene - og slett ikke med trea - når det gjelder frostømfintlighet under vekslende perioder av mildvær og kulde. Heller ikke fravær av et beskyttende dekke i en snøfattig vinter gir noen brukbar forklaring. Mosene er tilpassa å vokse i mildværsperioder om vinteren, og sporeutvikling og -modning skjer hos mange av artene nettopp da. Høst, vinter og vår er det fuktighet nok; om sommeren stopper ofte veksten pga. tørke. Vinteren 1988-89 var svært snøfattig i låglandet i Trøndelag, med mye mildvær i veksling med frost. Dette ga ingen moseskader. De skadene som er sett, er store nettopp i de områdene som får tilført størst mengder forurensning med sur nedbør. På Sørlandet har en også de største forsuringsskadene i vatn og vassdrag. Det er så sterke grunner som taler for en direkte sammenheng mellom sur nedbør og de moseskadene som omtales nedafor, at det er rimelig å anta at denne koblingen er der. Undersøkelser planlegges for å finne den mer direkte skadeårsaken; dette kan som ellers ved forurensningsskader være vanskelig.



## 1.4 Botnmosenes betydning i skog- økosystemet

At viktige arter i skogbotnen skranter eller dør, vil trolig de fleste skogfolk finne mer betenkelig enn at epifytter dør. I skogbotnen er en nær jordsmonnet og sjølve forutsetninga for at trea skal kunne vokse. Forskning har vist at mosene spiller ei viktig økologisk rolle i skogen. Temaet er omfattende og vil bare bli berørt her.

En har målinger og overslag over mengden mose i skog. I skoger i Alberta, Canada, utgjorde mosene 1,5-1,9 tonn per hektar målt i tørrvekt (Winner 1988). Jordboende moser er viktige for omsetning av næringsstoff og vatn. Mosene konkurrerer ikke med trea om næringsstoffa, men utgjør en næringsreserve for dem ved å sørge for rask omsetning (Slack 1988: 35). En studie fra eikeskoger i Wales (neppe særlig forskjellig fra mange eikeskoger i Norge), viste at jordboende skogsmoser som kystkransmose *Rhytidadelphus loreus* og blanksigd *Dicranum majus* (figur 3a) inneholdt 90 % av det kalsium, kalium, magnesium og natrium (Ca, K, Mg, Na) som var bundet i all vegetasjon i skogbotnen - medrekna karplantene (Slack 1988). Et sammenhengende mosedekke hindrer også jorderosjon; i norsk terreng med bratte lier og høg nedbør må det ha stor betydning.

## 2 Feltarbeid og resultat

### 2.1 Befaring i Sør-Norge

I alt vart 42 lokaliteter undersøkt: 5 i Oppland, 2 i Buskerud, 6 i Telemark, 11 i Aust-Agder, 14 i Vest-Agder og 4 i Rogaland. Det tettest befarte området strekker seg langs kysten fra Tvedestrand til Egersund, med ei avgrensing mot nord ved Øvre Sirdal i Vest-Agder, Valle i Setesdal i Aust-Agder, og Dalen og Bø i Telemark (figur 1, tabell 1).

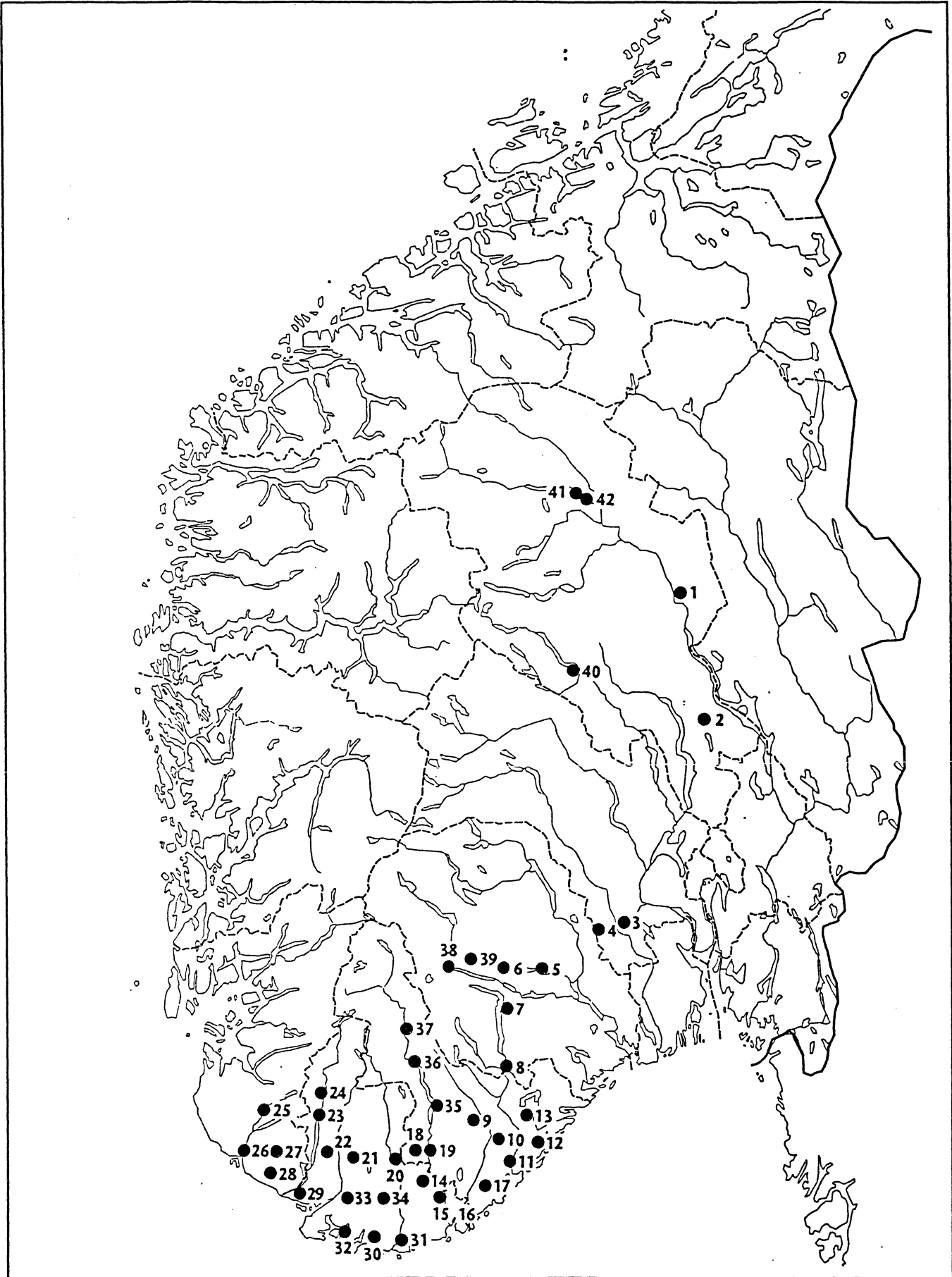
Lokalitetene vart valgt fra bil. Mye leting med tanke på å finne svært godt egna områder vart det ikke tid til; og dersom en mulig lokalitet ikke viste seg å være mye skadd eller helt uegna av andre årsaker, vart den registrert og undersøkt. Det vart fort klart at de store moseskadene fins i skog. Kontroller i mange vegetasjonstyper (våtmark, vegkanter og dyrkamark, myrer, ulike fjelltyper, strand) viste ingen lett observerbare skader. Større ombrotrofe myrer er det lite av på Sørlandet, og det kan være at de bør oppsøkes spesielt senere.

Av nevnte årsaker er alle mine lokaliteter lagt til skog. Ulike skogtyper er undersøkt; bestandsdannende treslag er gran (12 lokaliteter), furu (14), gran + furu (10), furu + eik (2), eik (1) og bjørk (2) (figur 2). I tillegg vart sentrale indikatorarter fra busk- og feltsjikt notert. De besøkte lokalitetene vart nummerert fortløpende og tegna inn på kart (M-711, 1:50 000). De ligger mellom 30 og 560 m o.h., med overvekt på høgdelaget 100-350 m (0-50 m o.h.: 4 lokaliteter, > 50-100: 2, > 100-150: 4, > 150-200: 9, > 200-250: 6, > 250-300: 8, > 300-350: 5, > 350-400: 2, > 400-450: 1, > 550-600: 1; figur 2).

De viktige botnsjiktmosene vart kryssa ut på ei liste over norske moser. Forekomst i egna habitat vart angitt i en tregradig skala:

- 1 sparsom
- 2 frekvent
- 3 dominerende

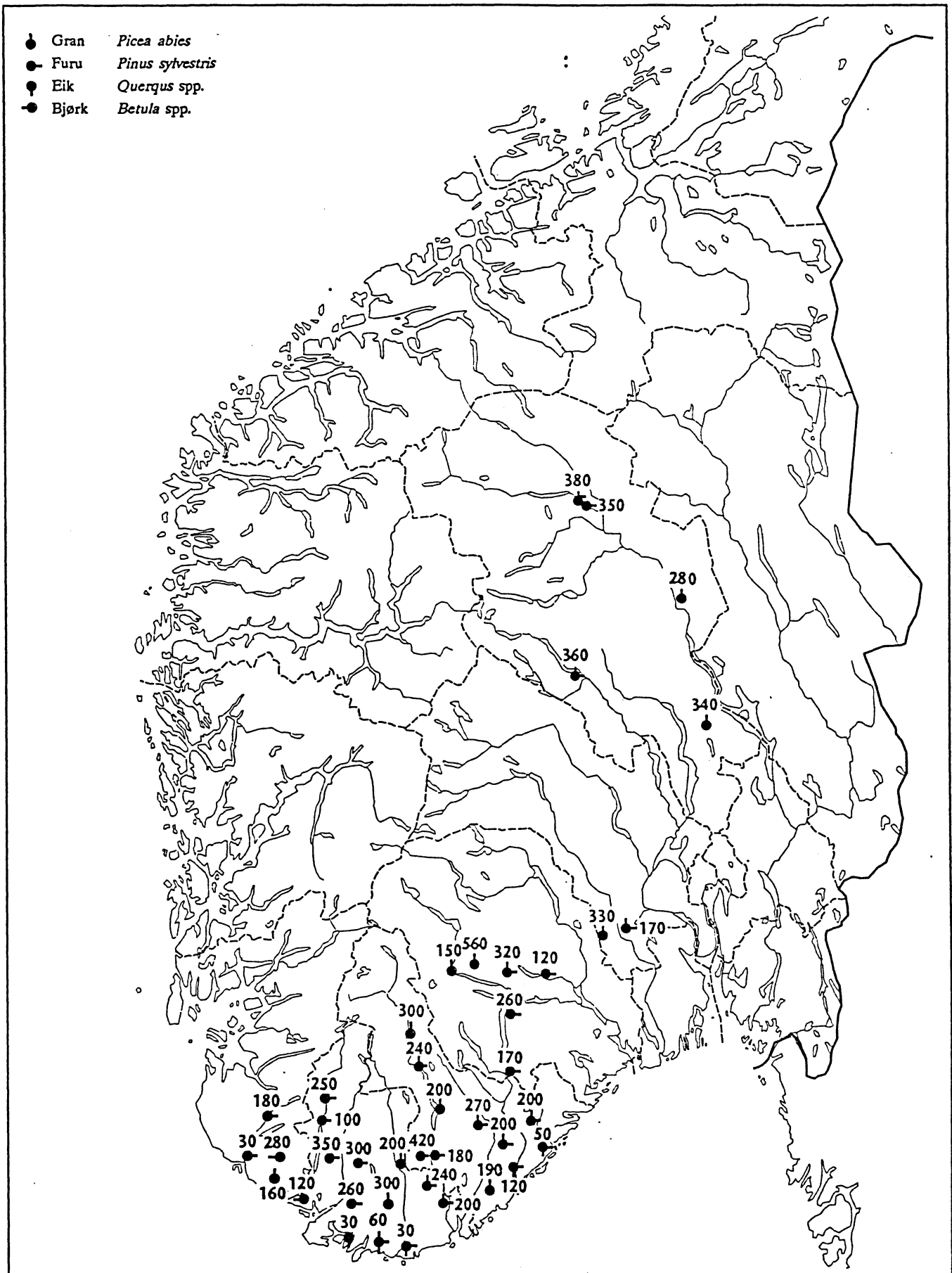
I gjennomsnitt vart det brukt 1 time per lokalitet.



Figur 1. Besøkte lokaliteter; nøyaktige data i tabell 1. - Visited localities; exact data in Table 1.

Tabell 1. Oppsøkte lokaliteter, med fylke, kommune, lokalitetsnavn, himmelretning (0 = flatt), h.o.h., kartblad (M 711) og rutehenvisning. - Localities visited, including county, municipality, name of locality, facing direction (0 = flat), m a.s.l., map sheet (M 711), and sample reference.

1	Op	Øyer, Tretten	V	280 m	1817 IV	NP 0069
2	Op	Vestre Toten, V for Reinsvoll	0	340 m	1816 II	NN 8828
3	Bu	Øvre Eiker, Kofstadmoen	SØ	170 m	1714 II	NM 4116
4	Bu	Kongsberg, Ø for Buvatnet	Ø	330 m	1714 III	NM 2609
5	Te	Bø, Forbergåsen	NV	120 m	1613 I	ML 9986-87
6	Te	Kviteseid, Ø for Hovland	SV	320 m	1613 IV	ML 72-7389
7	Te	Kviteseid, Bjorviki	SV	260 m	1613 IV	ML 72-7369
8	Te	Nisserdal, Gaukås	0	170 m	1612 IV	ML 7331-32
9	AA	Froland, Vedhogget	NØ	270 m	1512 II	ML 5704
10	AA	Froland, Ø for Middagshatten	NV	200 m	1512 II	MK 68-6994
11	AA	Froland, Reiersel	Ø	120 m	1611 IV	MK 7781
12	AA	Tvedestrand, Kvåstad	SV	50 m	1612 II	MK 9293
13	AA	Vegårshei, Eikåsen	SV	200 m	1612 III	ML 8606
14	VA	Vennesla, Eikeland	NV	240 m	1511 IV	MK 2771
15	VA	Vennesla, ml Tjåvatn og Drivenesvatn	SV	220 m	1511 IV	MK 3662
16	VA	Vennesla, ml Tjåvatn og Drivenesvatn	NØ	200 m	1511 IV	MK 3662
17	AA	Birkenes, V for nedre Holte	V	190 m	1511 I	MK 5669
18	AA	Evje og Hornnes, Fjelestad	SØ	420 m	1412 II	MK 2486
19	AA	Evje og Hornnes, Klepp	Ø	180 m	1512 III	MK 2985
20	VA	Audnedal, v Sveindal	N	200 m	1411 I	MK 0983
21	VA	Hægebostad, Haddeland	NØ	300 m	1412 III	LK 9187
22	VA	Flekkefjord, V for Laugstøl vegdele	S	350 m	1311 I	LK 7383
23	VA	Sirdal, S for Bjørnøyeni	NØ	100 m	1312 II	LL 6806-07
24	VA	Sirdal, ned for Bakkestøl	0	250 m	1312 I	LL 6918-19
25	Ro	Bjerkreim, Høgmoen	Ø	180 m	1212 II	LL 3709
26	Ro	Eigersund, Slettebø	Ø	30 m	1211 I	LK 2685
27	Ro	Lund, Sandmork	Ø	280 m	1311 IV	LK 4484
28	Ro	Sokndal, Barstad	V	160 m	1311 IV	LK 4075
29	VA	Flekkefjord, ved Skolla	N	120 m	1311 IV	LK 5463
30	VA	Lindesnes, Vigeland	NØ	60 m	1411 III	LK 9939
31	VA	Mandal, Skoje	NØ	30 m	1411 II	MK 1337
32	VA	Lyngdal, V for Sveneik	Ø	30 m	1411 III	LK 8343
33	VA	Kvinesdal, Ø for Nordhellevatnet	S	260 m	1411 IV	LK 8358
34	VA	Audnedal, SØ for Barstad	NV	300 m	1411 IV	MK 0060
35	AA	Bygland, NØ for Rakkenes	NV	220 m	1512 III	ML 3111
36	AA	Bygland, Moismoan	0	240 m	1412 I	ML 2338
37	AA	Valle, S for Sandnes	V	300 m	1413 II	ML 1658
38	Te	Vinje, Vistad	N	150 m	1513 IV	ML 4090
39	Te	Tokke, Høydalsmo	N	560 m	1513 I	ML 5694
40	Op	Nord-Aurdal, Leira	V	360 m	1716 IV	NN 1559
41	Op	Våvå, S for Lalm	SV	380 m	1718 IV	NP 1453
42	Op	Våvå, S for Jukulbergi	S	350 m	1718 IV	NP 1752



Figur 2. Bestandsdannende treslag og m o.h. på lokalitetene. - Dominating forest trees and m a.s.l. at all localities.

## 2.1.1 Skader

Med skade menes her døde eller misfarga (brune eller bleike) partier hos den grønne moseplanten (gametofytten). Skadebildet vart angitt i en femgradig skala:

- 0 uskadd
- 1 lite skadd, dvs. med små skader som kan være normale
- 2 noe skadd, dvs. skadene større enn hva som vart rekna for normalt
- 3 mye skadd, dvs. skadene var markerte, men dominerte ikke helhetsbildet av arten
- 4 store skader, dvs. skadene dominerte helhetsbildet av arten

Gametofyttskadene synes grovt sett å kunne føres til to grupper: (1) Skuddet dør i øvre del. Toppen av skuddet blir brun og tørker, og resten synes å dø som en følge av dette (gjenvekst fra nedre del eller fra toppknoppen kan skje). (2) Skuddet dør nedaft; toppen er grønn, og de nedre delene er døde og toppen dør også ofte eller faller av. Dette er særlig tilfelle hos sigdmose (*Dicranum*-arter).

Slik moseskader er definert her, fins de i større og mindre grad over alt. De er observert også i Trøndelag og må trolig tolkes som en normal foreteelse. Antydningvis kan slike skader i noen tilfeller føres tilbake til (1) fugleskitt og anna gjødsel - og trolig også urinpåvirkning (elg), (2) sopp, ved at mosene kan dø under sopphatter, (3) mekaniske tråkkskader o.l., (4) endra mikroklimaforhold ved vindfall og mer ekstremt ved hogst. Andre ganger er årsakssammenhengen uklar uten at den dermed må trenge komplekse forklaringer. At moseskudd tørker og dør i mindre målestokk kan ikke være alvorlig. Som referanse må en derfor undersøke omfanget av normale skader i lite forurensa områder. Men tilsvarende skader oppstår også ved forsurningsforsøk (se avsnitt 1.2), og dermed blir dette viktige mengdemessige forhold som må følges nøye. På Sørlandet er det oftest en sammenheng mellom slike symptomer og en antatt redusert friskhet hos mosene.

At skuddet dør nedaft synes mer uforklarlig, og i stor målestokk er det så langt bare kjent fra Sør-Norge. Det vart observert i alle fylker fra Buskerud til Rogaland. Tydeligst kan det ses på sigdmose, men fins også ofte hos furumose (*Pleurozium schreberi*, figur 3i) og andre. Jeg tolker dette som akutttskader som må ha skjedd siste og kanskje nest siste vekstsesong. Dersom skadene utvikler seg videre med samme fart som i 1988, er det nærliggende å tro at noen sigdmoser vil gå tilbake over store områder. Det skjedde noe nytt og dramatisk i botnsjiktet i mange skoger i Sør-Norge i fjor, og for

en moseforsker er det urovekkende å gå på de verst angrepne lokalitetene.

Når skadene ikke økte nevneverdig i 1989, antydes følgende forklaring: Sommeren 1988 var uvanlig nedbørsrik på Sørlandet. Ved Birkenes målestasjon i Aust-Agder vart det satt nedbørsrekord for juli med 350 mm, og pH lå mellom 4.0 og 4.3 (normalt ca. 5.5); svovelnedfallet var ca. 900-1000 mg per m<sup>2</sup> i frittfallende nedbør i perioden juni - oktober. Verdien for nitrogen gir et enda verre bilde. Birkelandstasjonen fikk tilført ca. 950 mg nitrogen (NH<sub>4</sub> + NO<sub>3</sub>) per m<sup>2</sup> i samme periode, og det er nesten fire ganger landsgjennomsnittet. Sammen med Søgne målestasjon i Vest-Agder hadde Birkeland det største nitrogen- og svovelnedfallet av 18 landsdekkende stasjoner. (Overvåkningsprogram for skogskader 1989, Tverrfaglig etatgruppe for forsurningsproblemer i Agderfylkene 1988). Tilførselen av forsurnings- og gjødselkomponenter var derfor betydelig. Dette kan ha utløst de store skadene det året.

Det er kjent at skader kan komme som følge av én eller få alvorlige forurensningsepisoder, eller som følge av langvarig påvirkning på et lågere forurensningsnivå. Opptaket av skadelige stoff i mosen har direkte sammenheng med hvor lenge den er våt (Winner et al. 1988: 218). Sommeren 1989 var tørt og varm på Sørlandet, og nye skader av samme omfang vart ikke observert da. Men store skader må forventes å komme igjen i ugunstige perioder og med samme forurensningsnivå.

## 2.1.2 Voksested og skade

Mosene kan grupperes etter hvor de vokser (se avsnitt 1.2). Noen moser trives mange plasser og må føres til ulike grupper alt etter voksested, men det er ikke kommentert her. Skade- og frekvenskart for de artene som nevnes nedafor fins i figur 4-17; der er artene ordna alfabetisk på latinsk navn. I figur 3 er tolv arter illustrert; tabell 2 gir ei liste over omtalte moser.

**Jordboende (epigeiske) moser.** Alle arter i skogbotnen hører til her. Det er laga skade- og frekvenskart for 10 arter [blanksigd *Dicranum majus* (figur 3a, 5), krussigd *D. polysetum* (figur 3b, 6), ribbesigd *D. scoparium* (figur 3c, 7), etasjehusmose *Hylocomium splendens* (figur 3j, 8), blåmose *Leucobryum glaucum* (figur 3g, 10), kystjammemose *Plagiothecium undulatum* (figur 12), furumose *Pleurozium schreberi* (figur 3i, 13), kystbjørnemose *Polytrichum formosum* (figur 14), fjørmose *Ptilium crista-castrensis* (figur 3k, 15), kystkransmose *Rhytidiadelphus loreus* (figur 17)].

**Steinboende (epilittiske) moser.** Skogene på Sørlandet er ofte blokkrike, og det kan være mye steinboende mose der. Kart er laga for 2 arter [sigdnervemose *Paraleucobryum longifolium* (figur 3e, 11), heigråmose *Racomitrium lanuginosum* (figur 3h, 16)].

**Bark- og vedboende (epifyttiske og epixyliske) moser.** Kart over 1 art [bergsigd *Dicranum fuscescens* (figur 3f, 4)]. De barkboende artene burde vies spesiell oppmerksomhet. Det er den mosegruppa som er verst stilt i områder med forurensa nedbør. Da artsrikdom og utvikling hos disse mosene er størst og best i lauvskog er i bratte lier og urer, vart de bare sporadisk observert denne gangen. Observasjonene tyder på at de er sterkt skadd, og at noen kanskje allerede er delvis utrydda i de verst forurensa områdene. To artsrike bladmoseslekter består stort sett av epifytter (bustehette *Orthotrichum* og gullhette *Ulota*), og de har størst indikatorverdi i en slik studie. Også vitaliteten hos den svært vanlige levermosen hjelmblæremose (*Frullania dilatata*) kan være sterkt redusert.

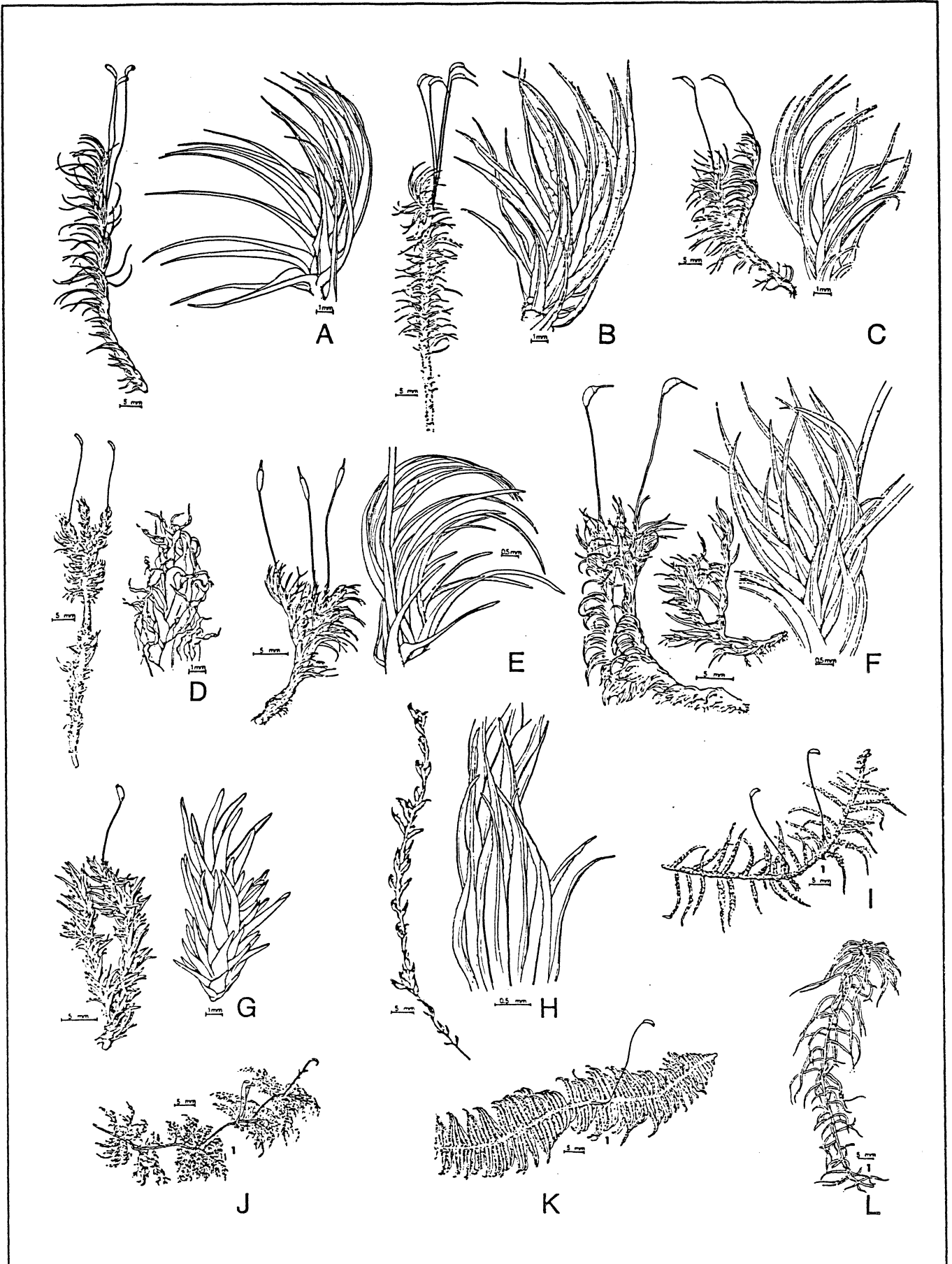
Skadene er større i barskog enn i lauvskog. Ei av årsakene er trolig at bartrea gir et surere strø enn lauvtree; ei anna årsak kan være at trekronene gir ulik fordeling av nedbøren ved avrenning (Barkman 1989).

Tabell 2. Alfabetisk liste over omtalte moser. - Alphabetical list of bryophyte names mentioned in the text.

Vitenskapelige navn	Norske navn
<i>Dicranum</i>	sigdmose
<i>Dicranum drummondii</i>	kjempesigd
<i>Dicranum fuscescens</i>	bergsigd
<i>Dicranum majus</i>	blanksigd
<i>Dicranum polysetum</i>	krussigd
<i>Dicranum scoparium</i>	ribbesigd
<i>Dicranum spurium</i>	rabbesigd
<i>Frullania dilatata</i>	hjelmbælremose
<i>Hylocomium splendens</i>	etasjehusmose
<i>Leucobryum glaucum</i>	blåmose
<i>Orthotrichum</i>	bustehette
<i>Paraleucobryum longifolium</i>	sigdnervemose
<i>Plagiothecium undulatum</i>	kystjammemose
<i>Pleurozium schreberi</i>	furumose
<i>Polytrichum formosum</i>	kystbjørnemose
<i>Ptilium crista-castrensis</i>	fjørmose
<i>Racomitrium lanuginosum</i>	heigråmose
<i>Rhytidiadelphus loreus</i>	kystkransmose
<i>Sphagnum capillifolium</i>	furutorvmose
<i>Sphagnum girgensohnii</i>	grantorvmose
<i>Sphagnum quinquefarium</i>	lyngtorvmose
<i>Tortula</i>	hårstjerne
<i>Ulota</i>	gullhette

Norske navn	Vitenskapelige navn
bergsigd	<i>Dicranum fuscescens</i>
blanksigd	<i>Dicranum majus</i>
blåmose	<i>Leucobryum glaucum</i>
bustehette	<i>Orthotrichum</i>
etasjehusmose	<i>Hylocomium splendens</i>
fjørmose	<i>Ptilium crista-castrensis</i>
furumose	<i>Pleurozium schreberi</i>
furutorvmose	<i>Sphagnum capillifolium</i>
grantorvmose	<i>Sphagnum girgensohnii</i>
gullhette	<i>Ulota</i>
heigråmose	<i>Racomitrium lanuginosum</i>
hjelmbælremose	<i>Frullania dilatata</i>
hårstjerne	<i>Tortula</i>
kjempesigd	<i>Dicranum drummondii</i>
krussigd	<i>Dicranum polysetum</i>
kystbjørnemose	<i>Polytrichum formosum</i>
kystjammemose	<i>Plagiothecium undulatum</i>
kystkransmose	<i>Rhytidiadelphus loreus</i>
lyngtorvmose	<i>Sphagnum quinquefarium</i>
rabbesigd	<i>Dicranum spurium</i>
ribbesigd	<i>Dicranum scoparium</i>
sigdmose	<i>Dicranum</i>
sigdnervemose	<i>Paraleucobryum longifolium</i>



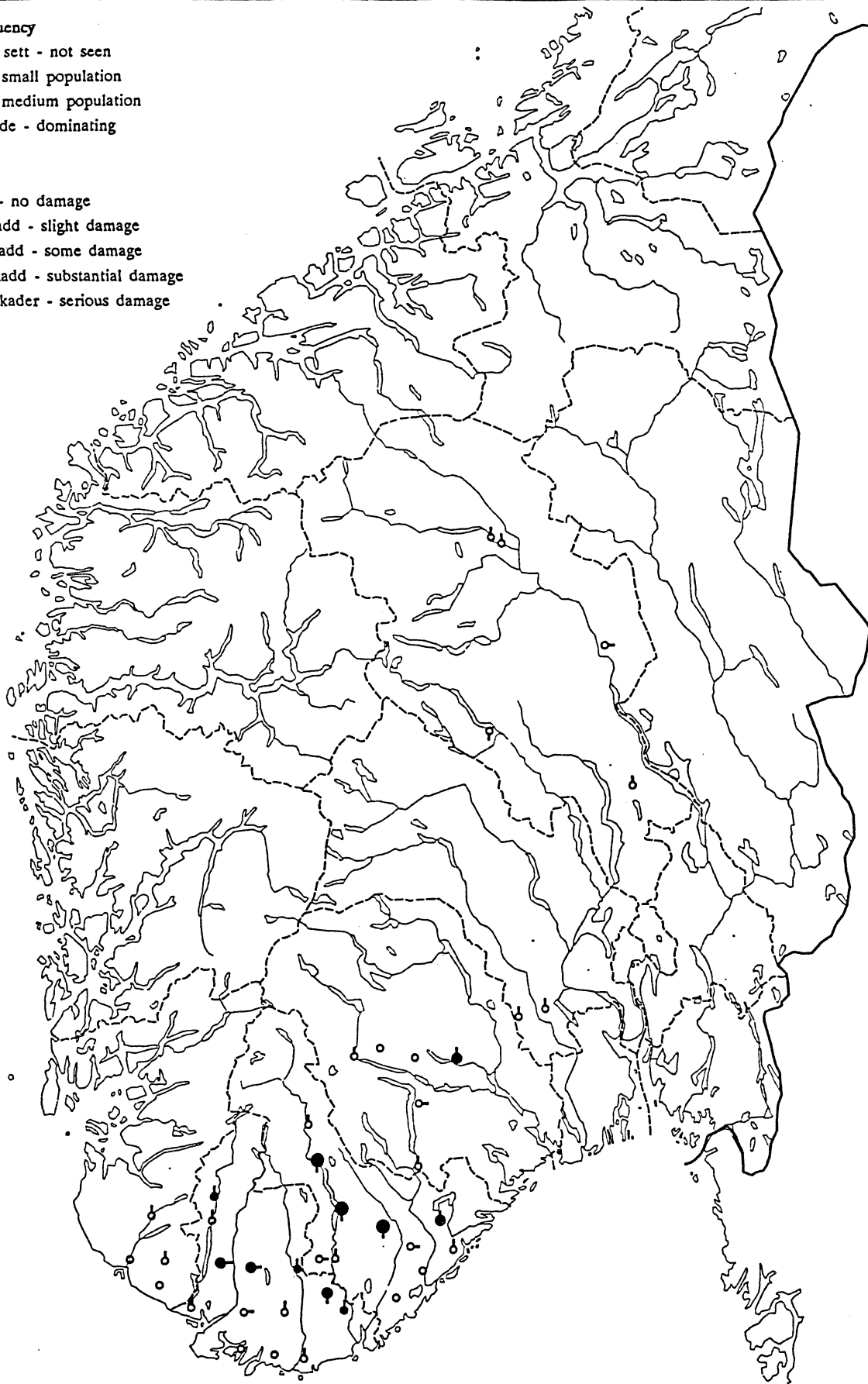
Figur 3. Noen av de omtalte mosene. - Some of the mosses mentioned. a. *Dicranum majus* blanksigd. b. *Dicranum polysetum* krussigd. c. *Dicranum scoparium* ribbesigd. d. *Dicranum spurium* rabbesigd. e. *Paraleucobryum longifolium* sigdnervemose. f. *Dicranum fuscescens* bergsigd. g. *Leucobryum glaucum* blåmose. h. *Racomitrium lanuginosum* heigråmose. i. *Pleurozium schreberi* furumose. j. *Hylocomium splendens* etasjehusmose. k. *Ptilium crista-castrensis* fjørnrose. l. *Sphagnum girgensohnii* grantorvmose. Fra Ireland (1982).

Frekvens - frequency

- arten ikke sett - not seen
- sparsom - small population
- frekvent - medium population
- dominerende - dominating

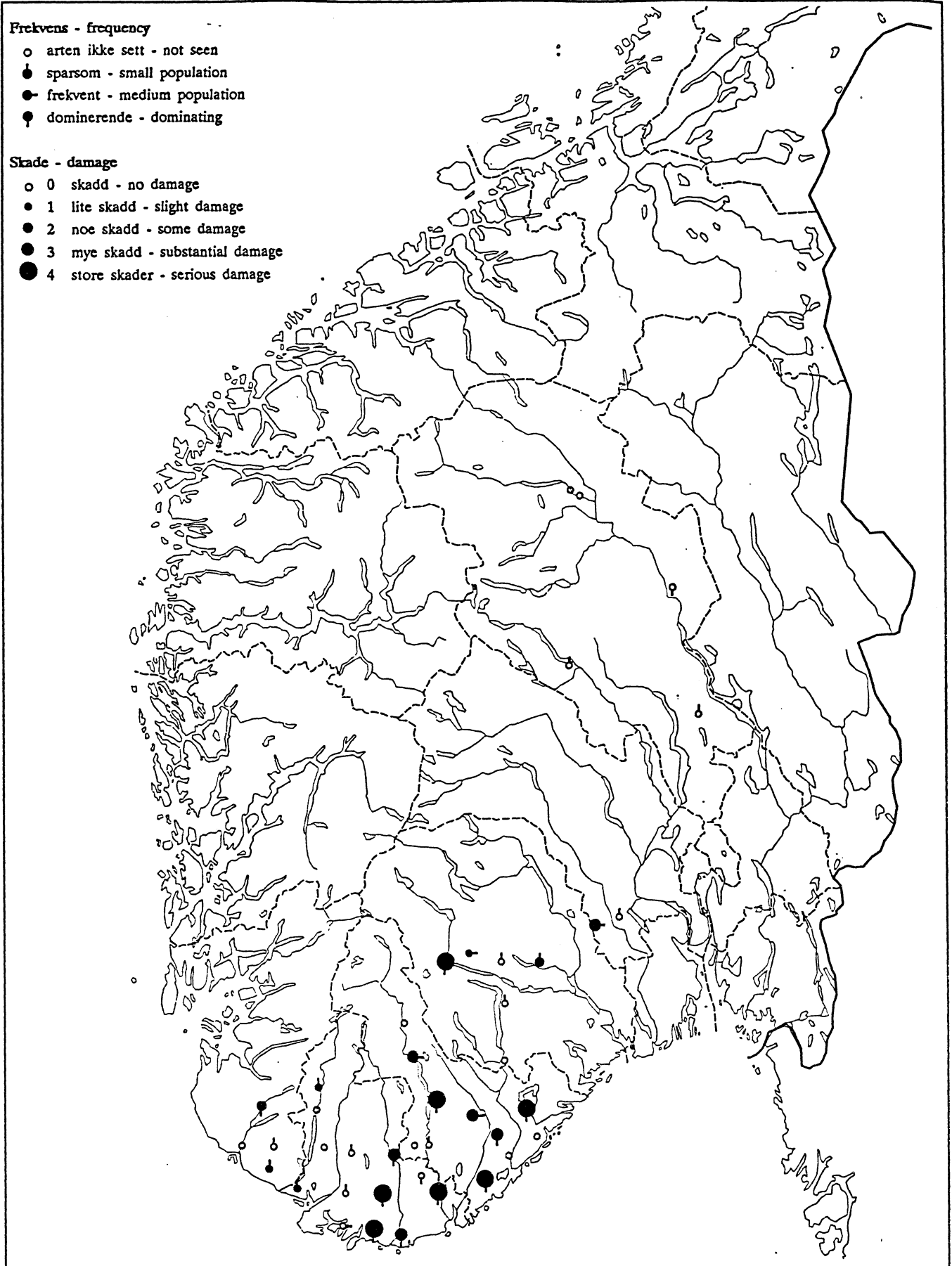
Skade - damage

- 0 skadd - no damage
- 1 lite skadd - slight damage
- 2 noe skadd - some damage
- 3 mye skadd - substantial damage
- 4 store skader - serious damage



Figur 4. *Dicranum fuscescens* bergsigd. Frekvens og skade - Frequency and damage.





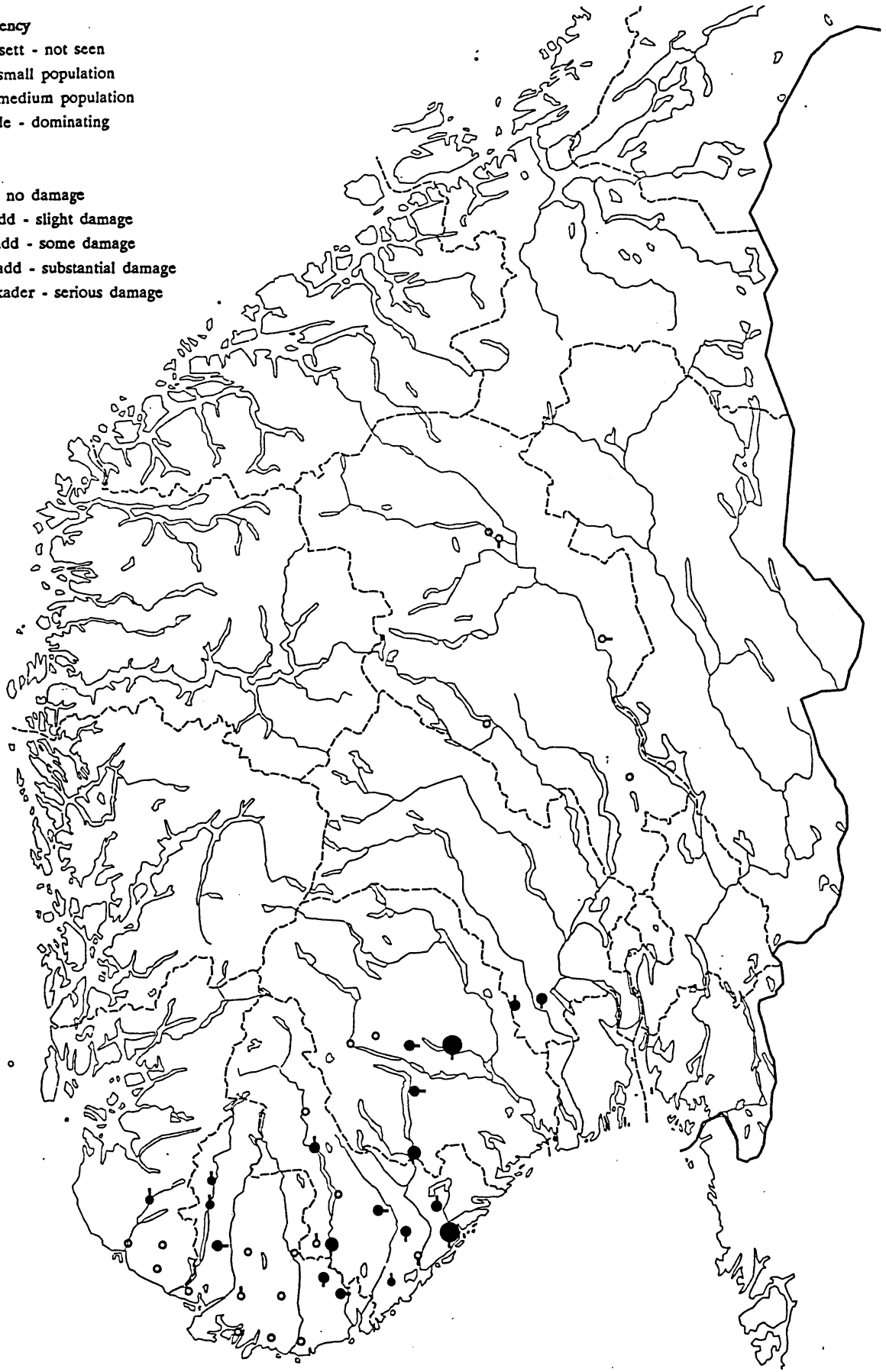
Figur 5. *Dicranum majus* blanksigd. Frekvens og skade. - Frequency and damage.

Frekvens - frequency

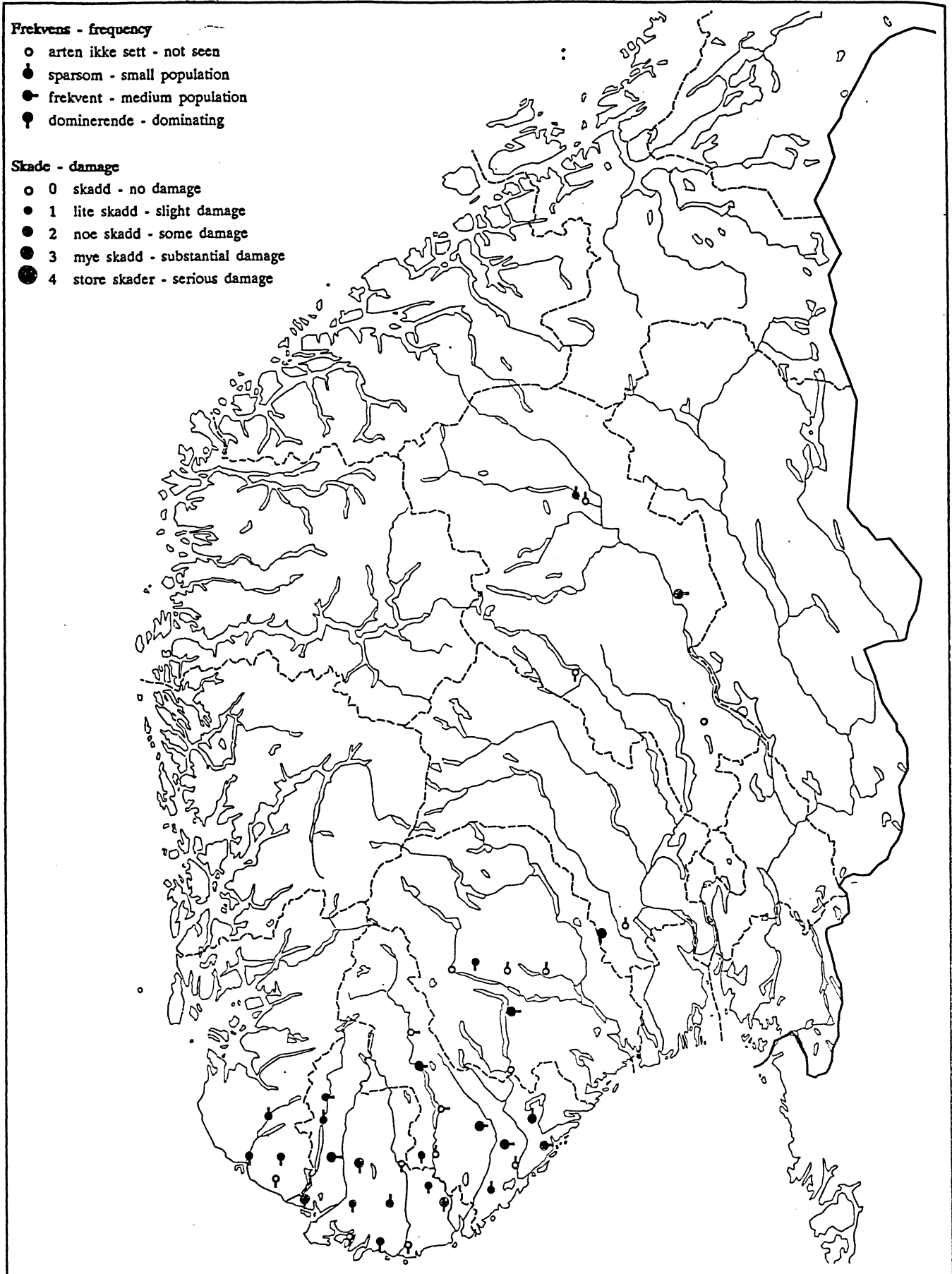
- arten ikke sett - not seen
- sparsom - small population
- frekvent - medium population
- dominerende - dominating

Skade - damage

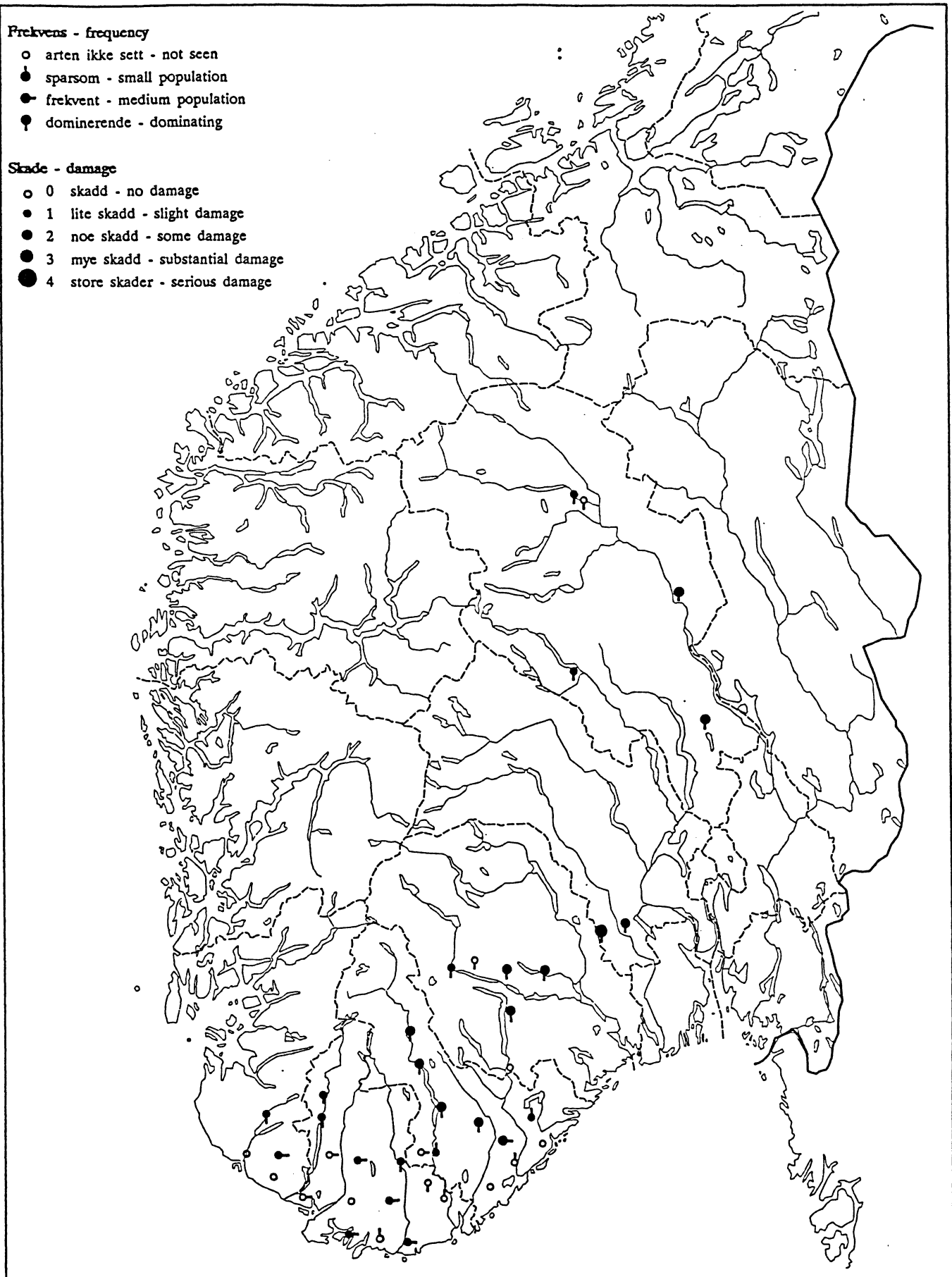
- 0 skadd - no damage
- 1 lite skadd - slight damage
- 2 noe skadd - some damage
- 3 mye skadd - substantial damage
- 4 store skader - serious damage



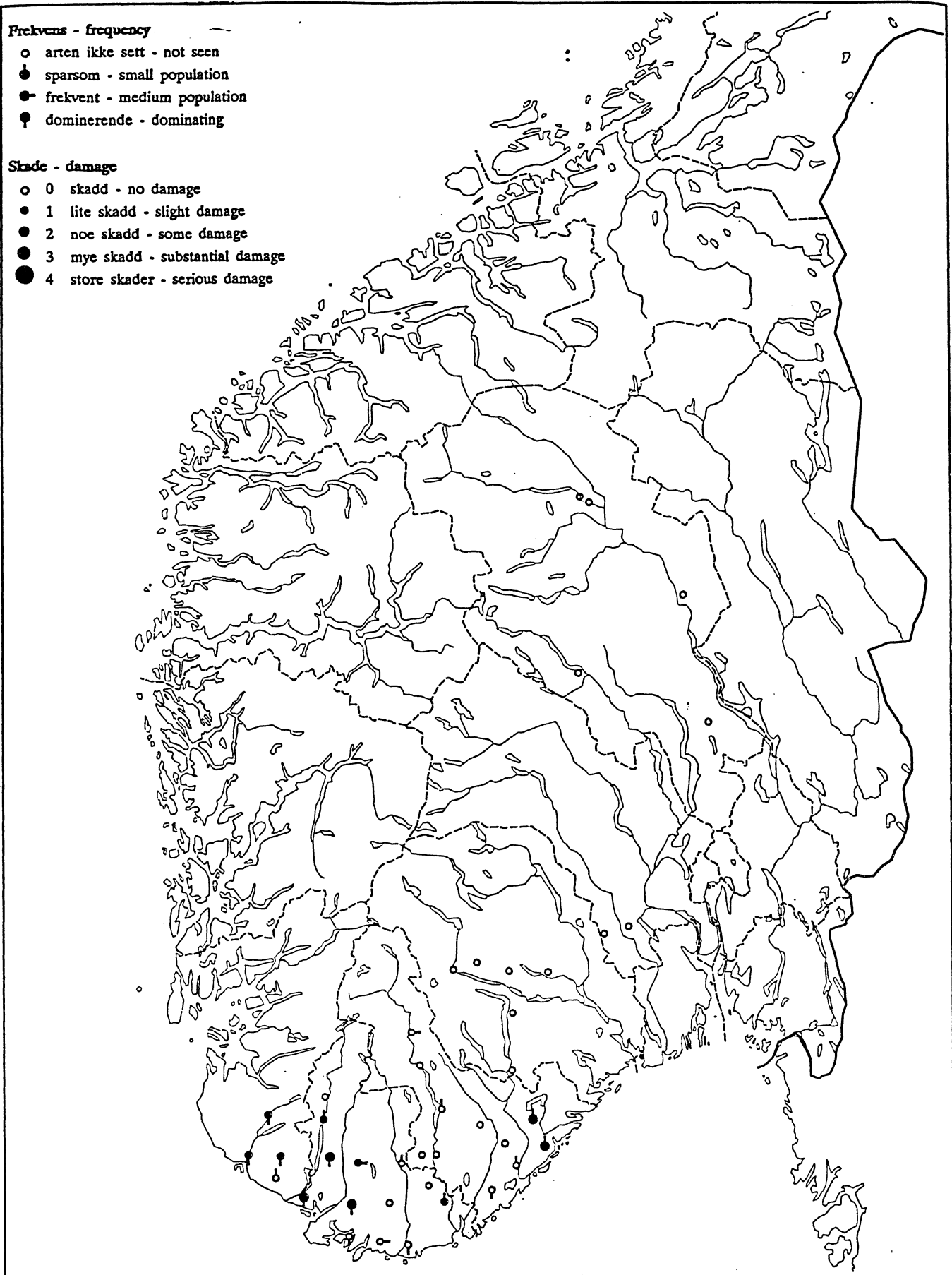
Figur 6. *Dicranum polysetum* krussigd. Frekvens og skade. - Frequency and damage.



Figur 7. *Dicranum scoparium* ribbesigd. Frekvens og skade. - Frequency and damage.



Figur 8. *Hylocomium splendens* etasjehusmose. Frekvens og skade. - Frequency and damage.



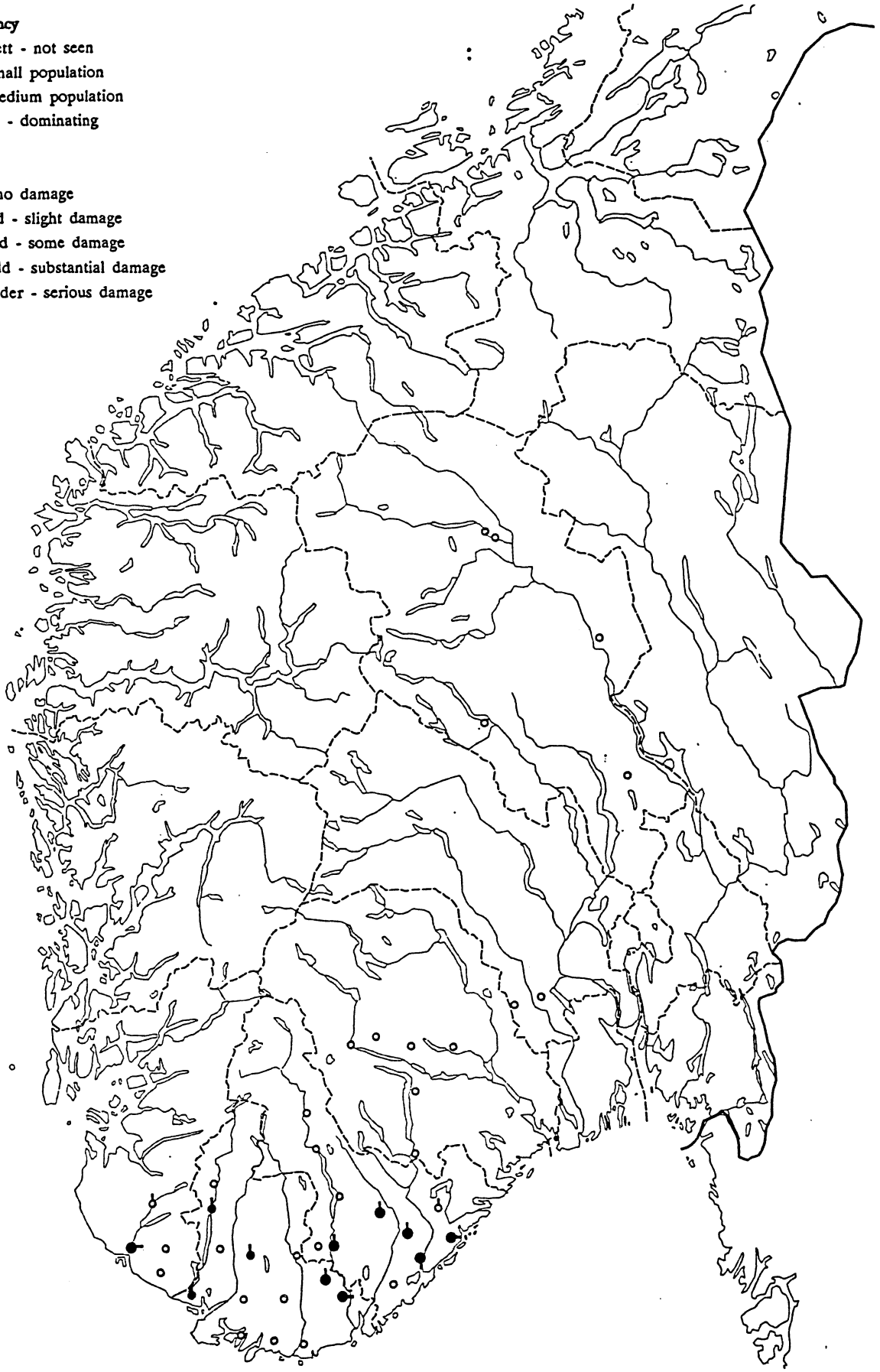
Figur 9. *Hypnum cupressiforme/jutlandicum* flettemose. Frekvens og skade. - Frequency and damage.

Frekvens - frequency

- arten ikke sett - not seen
- sparsom - small population
- frekvent - medium population
- dominerende - dominating

Skade - damage

- 0 skadd - no damage
- 1 lite skadd - slight damage
- 2 noe skadd - some damage
- 3 mye skadd - substantial damage
- 4 store skader - serious damage



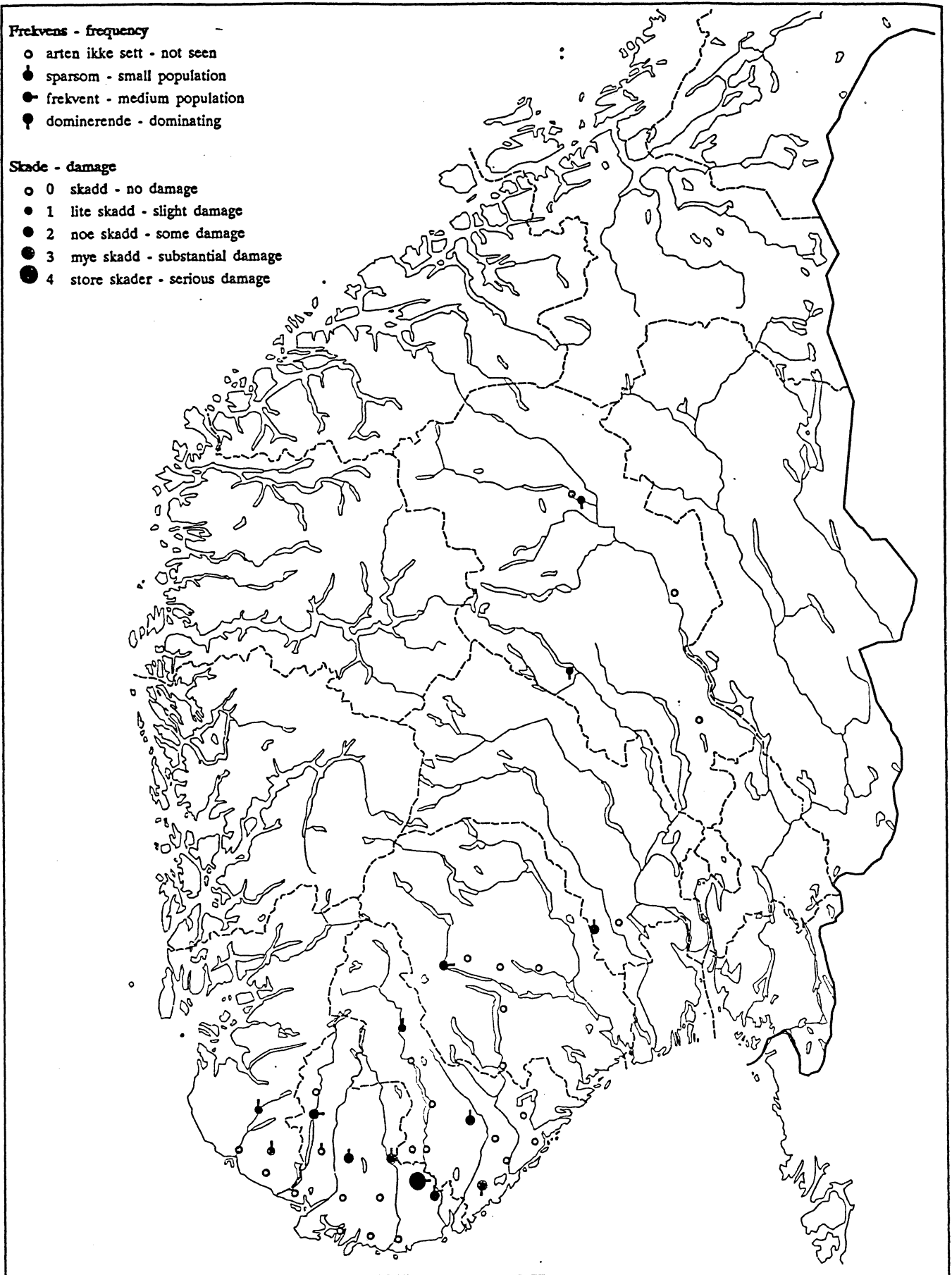
Figur 10. *Leucobryum glaucum* blåmose. Frekvens og skade. - Frequency and damage.

**Frekvens - frequency**

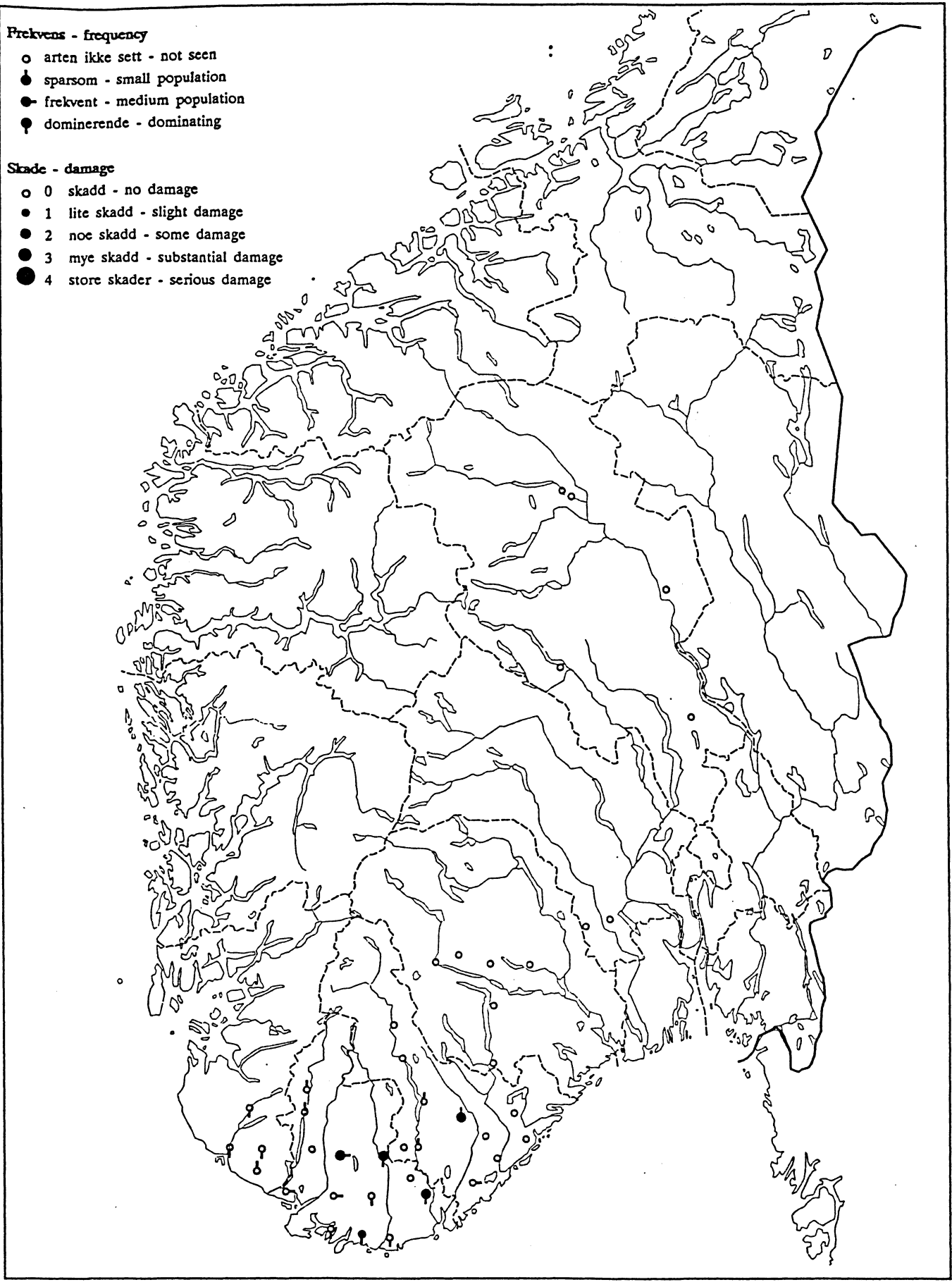
- arten ikke sett - not seen
- sparsom - small population
- frekvent - medium population
- dominerende - dominating

**Skade - damage**

- 0 skadd - no damage
- 1 lite skadd - slight damage
- 2 noe skadd - some damage
- 3 mye skadd - substantial damage
- 4 store skader - serious damage



Figur 11. *Paraleucobryum longifolium sigdnervemosc.* Frekvens og skade. - Frequency and damage.



Figur 12. *Plagiothecium undulatum* kystjammose. Frekvens og skade. - Frequency and damage.

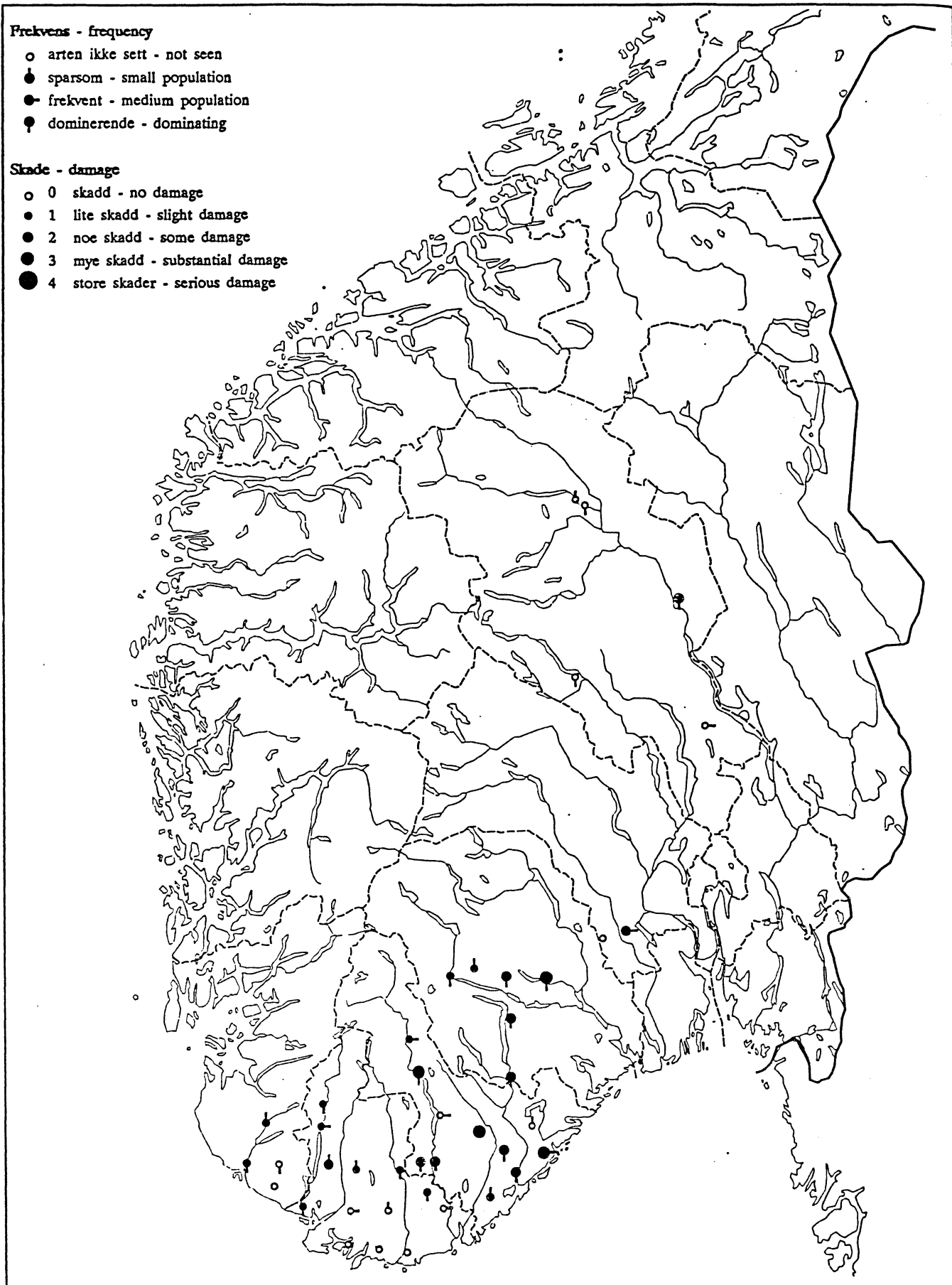


Frekvens - frequency

- arten ikke sett - not seen
- sparsom - small population
- frekvent - medium population
- dominerende - dominating

Skade - damage

- 0 skadd - no damage
- 1 lite skadd - slight damage
- 2 noe skadd - some damage
- 3 mye skadd - substantial damage
- 4 store skader - serious damage



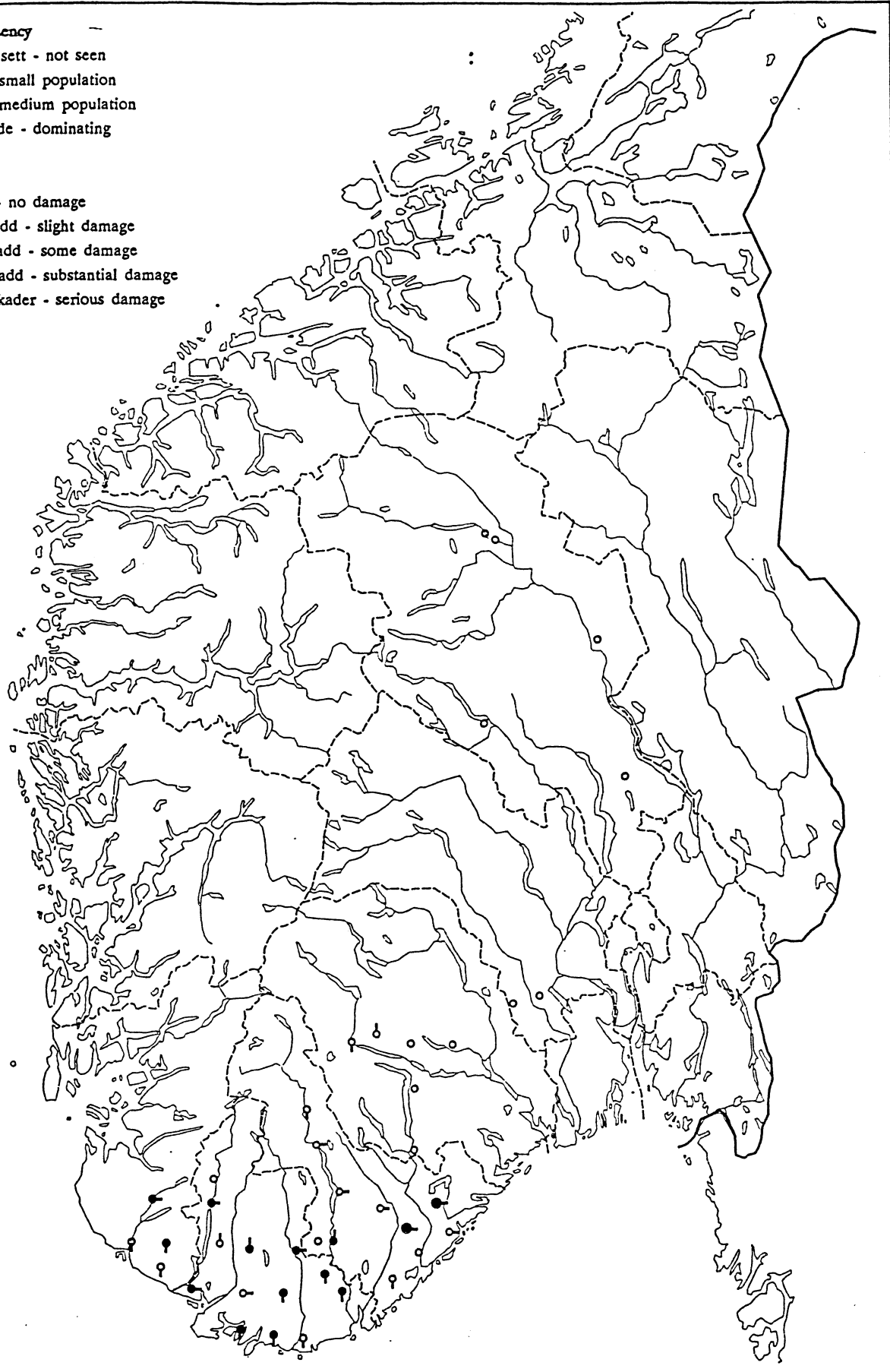
Figur 13. *Pleurozium schreberi furmose*. Frekvens og skade. - Frequency and damage.

Frekvens - frequency

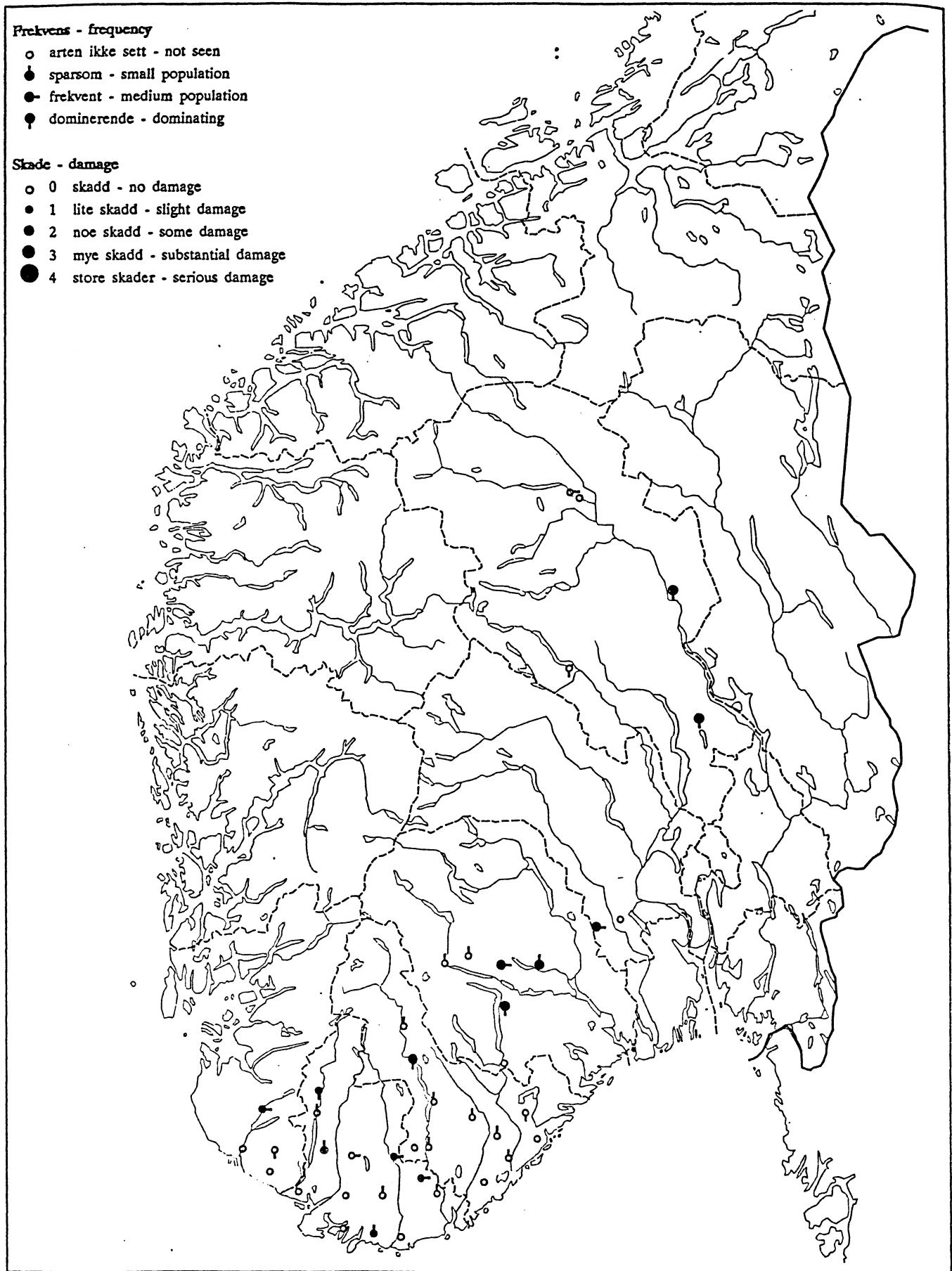
- arten ikke sett - not seen
- sparsom - small population
- frekvent - medium population
- dominerende - dominating

Skade - damage

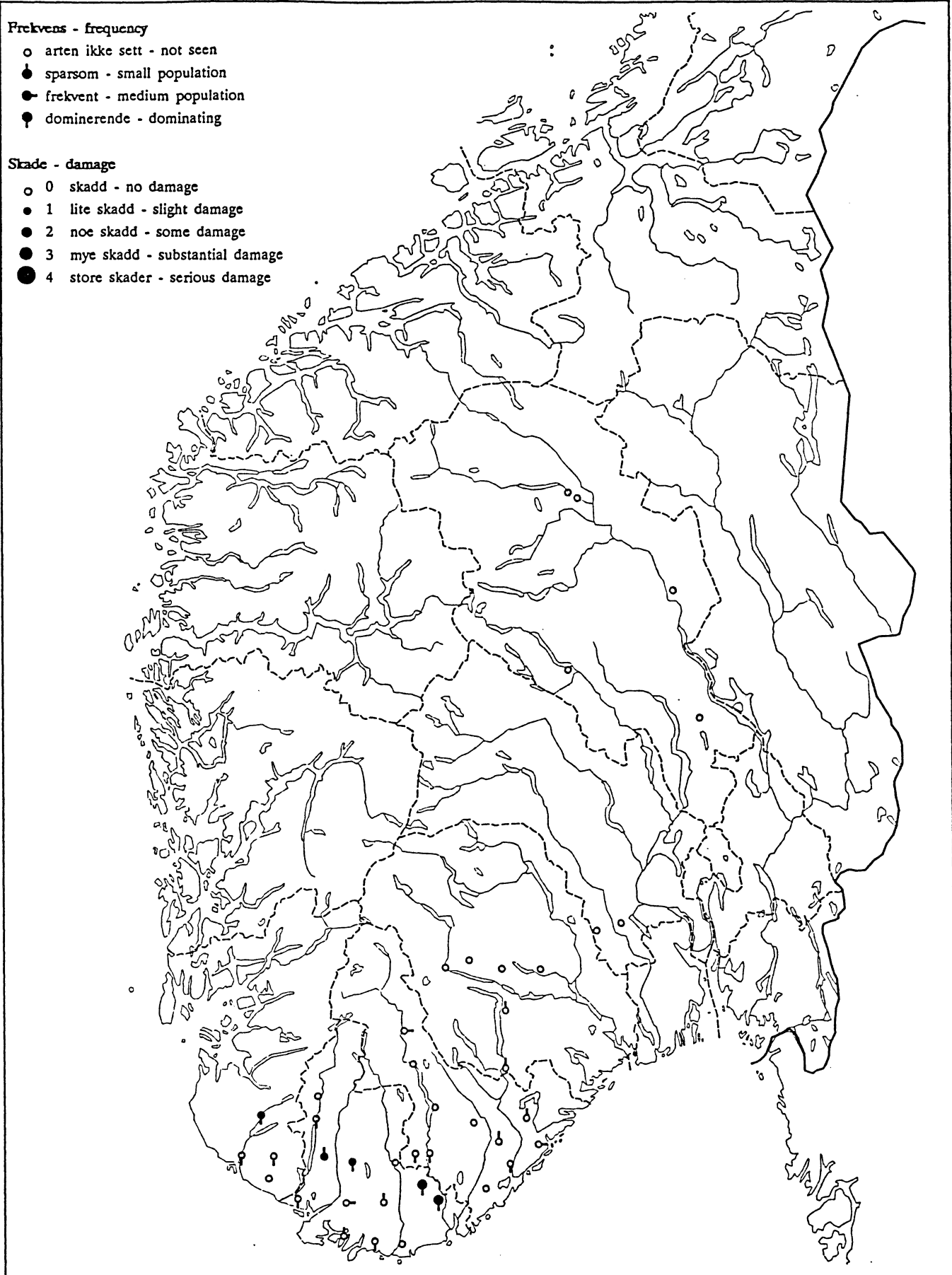
- 0 skadd - no damage
- 1 lite skadd - slight damage
- 2 noe skadd - some damage
- 3 mye skadd - substantial damage
- 4 store skader - serious damage



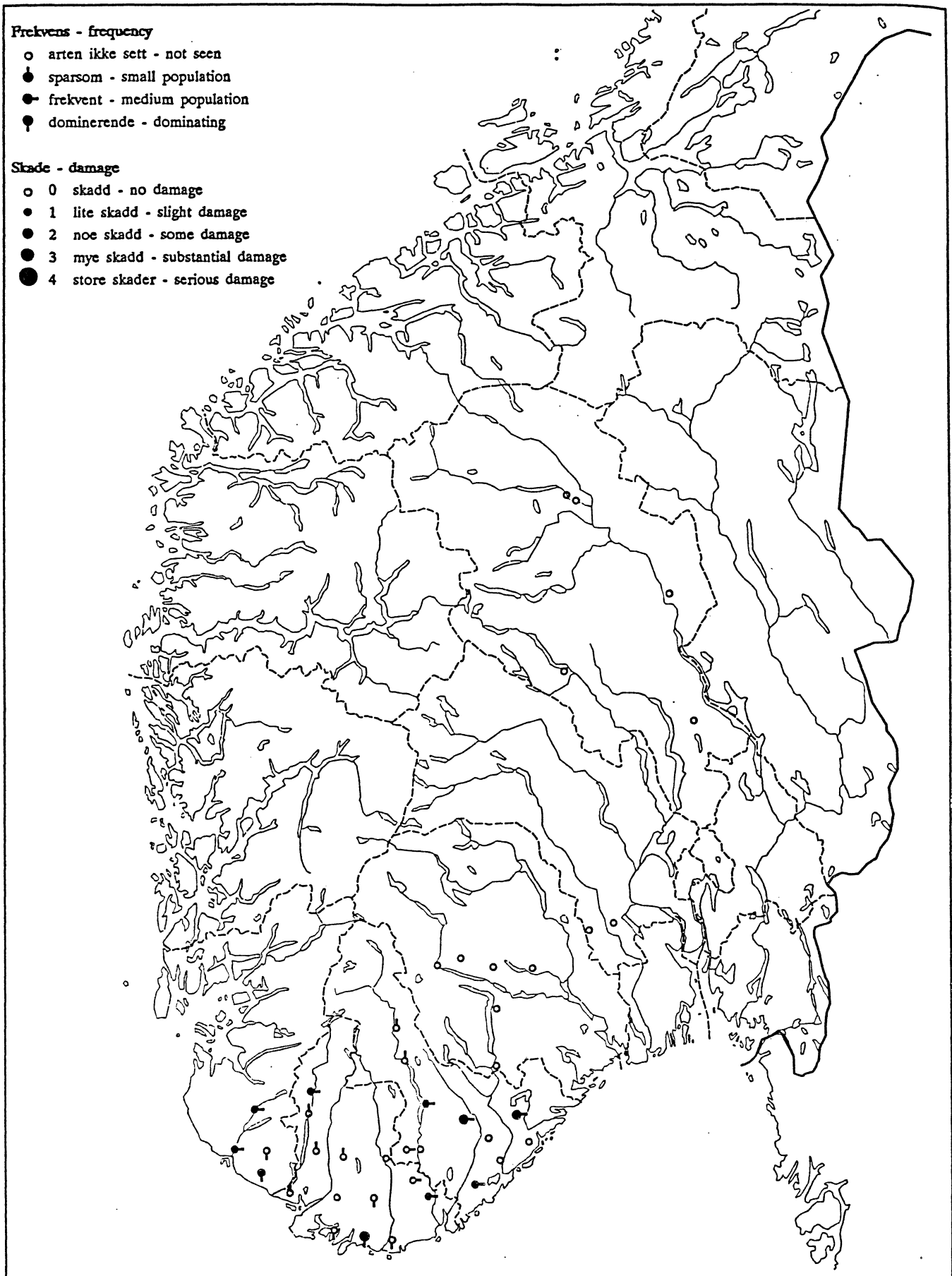
Figur 14. *Polytrichum formosum* kystbjørnemose. Frekvens og skade. - Frequency and damage.



Figur 15. *Ptilium crista-castrensis* fjørmose. Frekvens og skade. - Frequency and damage.



Figur 16. *Racomitrium lanuginosum* heigråmose. Frekvens og skade. - Frequency and damage.



Figur 17. *Rhytidadelphus loreus* kystkransmose. Frekvens og skade. - Frequency and damage.

### 2.1.3 Oversikt over registrerte skader - geografi og høgdelag

De største moseskadene vart observert i Telemark, Aust-Agder og østlige del av Vest-Agder; i Rogaland og vestlige del av Vest-Agder var de mindre (figur 18, tabell 3). Dette er en indikasjon på forskjell i skadenivå, men befarung av større områder på Sørvestlandet må foretas før dette kan bli en endelig konklusjon. Det synes også som skadene er små i Oppland.

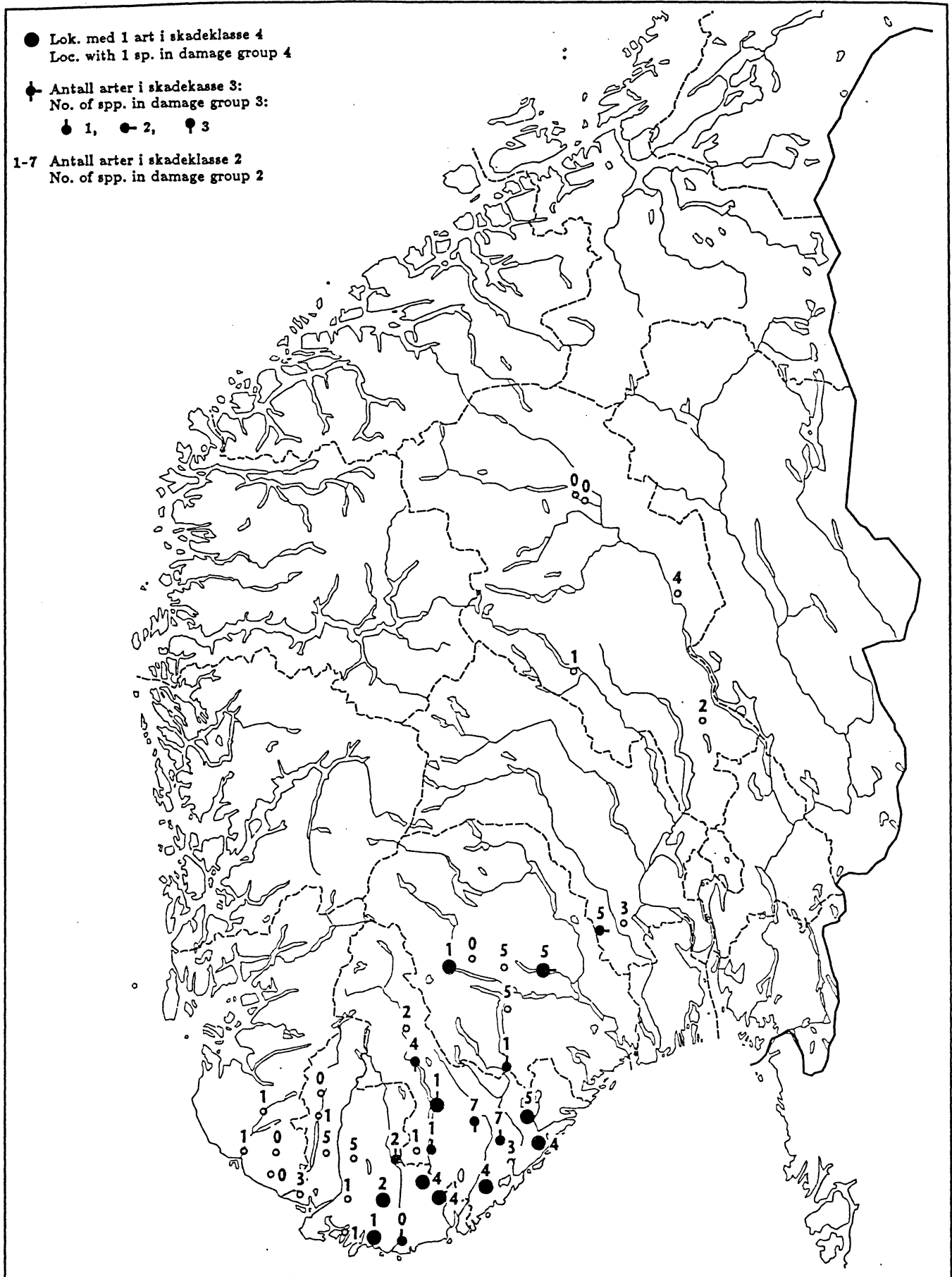
Som før forklart (se avsnitt 2.1.1) vart skadeomfang hos enkeltarter vurdert etter en femgradig skala. Et uttrykk for skadeomfanget for lokaliteter er forsøkt uttrykt ved å summere (i) antall arter i skadegruppe 2 med (ii) antall arter i skadegruppe 3 multiplisert med to og (iii) antall arter i skadegruppe 4 multiplisert med tre. Det er en relativ overvekt av lokaliteter med høg skadesum i høgdenivået 200-250 m. Men materialet er noe tilfeldig på dette punktet og kan ikke tillegges for stor betydning. Store skader er registrert både høyere og lågere.

### 2.1.4 Valg av overvåkingsarter

De største skadene vart funnet hos blanksigd (figur 3a) og krussigd (figur 3b). Dette er store jordboende moser (skudd 5-10 cm eller mer) som danner vide tuer (25 x 25 cm eller ofte mye større) i reinbestand. Krussigd er en karakterart for tørre næringsfattige skoger (med furu eller lauvtre som bjørk og eik), og blanksigd for fuktigere skoger (med gran eller edle lauvtre); en av dem fins derfor i de fleste viktige skogtyper i Sør-Norge. Når unntas bark- og vedboende moser og lav (som ikke vurderes her), gir de to artene etter alt å dømme det tidligste og beste varsel om at økosystemet er i alvorlig ubalanse. Blanksigd og krussigd vil være svært brukbare som indikatorarter for den generelle sunnhetstilstanden på en lokalitet. Liknende befaringer andre steder kan nå forenkles ved å sjekke hovedsakelig disse mosene - og som kontroll de andre en vet skades, særlig bergsigd (figur 3f), etasjehusmose (figur 3j), sigdnervemose (figur 3e), furumose (figur 3i), og i kyststrøk blåmose (figur 3g) og kanskje flere.

Tabell 3. Registrerte arter i skadegruppe 1-4 for alle lokaliteter - Recorded species in damage group 1-4 in all localities.

Lokalitet	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Skadegr. 1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	5
Skadegr. 2	4	2	3	6	5	5	5	1	7	7	3	4	5	4
Skadegr. 3	-	-	-	2	1	-	-	1	3	1	-	-	-	-
Skadegr. 4	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	1	1
Sum skadegr. 2-4	4	2	3	8	7	5	5	2	10	8	3	5	6	5
Lokalitet	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Skadegr. 1	4	7	7	1	2	9	6	2	7	8	12	6	5	2
Skadegr. 2	4	3	4	1	1	2	5	5	1	-	1	1	-	-
Skadegr. 3	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Skadegr. 4	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
Sum skadegr. 2-4	4	4	5	1	2	3	5	5	1	0	1	1	0	0
Lokalitet	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
Skadegr. 1	6	6	1	2	1	5	2	-	2	5	3	2	3	1
Skadegr. 2	3	1	-	1	1	2	1	4	2	1	-	1	-	-
Skadegr. 3	-	-	1	-	-	-	1	3	-	-	-	-	-	-
Skadegr. 4	-	1	-	-	-	1	1	-	-	1	-	-	-	-
Sum skadegr. 2-4	3	2	1	1	1	3	3	7	2	2	-	1	-	-



Figur 18. Totaloversikt over registrerte skader. - Recorded damage, overall survey.

### 2.1.5 Oppsummering

Det er vanskelig å tenke seg naturlige årsaker til de største moseskadene som er observert i Sør-Norge. Skadene må være utvikla de aller siste åra. De mest alarmerende skadene (skadeklasse 4) er funnet hos blanksigd, krussigd og sigdnervemose. En god del skader (skadeklasse 3) er funnet hos bergsigd og furumose. En høg frekvens av noe mindre omfattende, men tydelige skader (skadeklasse 2) er funnet særlig hos ribbesigd, etasjehusmose og blåmose; ellers er mange arter registrert i denne gruppa. I tillegg til dette skadebildet virker mosene også ofte lite friske. Det kan synes som de vantrives, og de har en tendens til å ha forholdsvis korte grønne og friske skuddtopper. Store skader er særlig sett i Agder-fylkene og Telemark. Det er uklart hvor langt nord på Østlandet det kan påvises skader av samme type som i sør. Buskerud med Numedal, Sigdal/Eggedal og Hallingdal er antakelig et grenseområde i denne sammenhengen.

### 2.2 Oppfølgende undersøkelser

Når et område er forurensa fra mange kilder, anbefales det å foreta standardisert flytting av moser fra et reint område til det forurensa (Muhle 1984). Mange arbeid har vist at moser fra reine områder skranter eller dør når de flyttes til forurensa steder. Så langt er ingen studier kjent som viser reaksjonen hos skadd mose når den flyttes til et reint område.

Spesialområder på Sørlandet og i Trøndelag vart valgt ut for nærmere studier, og gjensidige transplantasjoner satt i gang. Dersom det gis anledning til det, vil forsøket følges i mange år. Når det nedafor skrives om frisk mose i sør, menes planter som ikke har lett synlige brune eller bleike partier. Mye tyder på at de likevel kan ha flere døde bladceller enn moser fra reinere områder, og de er ofte unormalt grønne.

Alt tilsa å satse på de to viktige indikatorartene krussigd og blanksigd. En valgte å finne to områder for hver av artene i sør, og det samme i nord. Ved hjelp av skogsjefen i kommunene fikk en grunneierne med på å båndlegge lokalitetene noen år. Dette arbeidet vart utført sammen med K.I. Flatberg, Universitetet i Trondheim (UNIT), Vitenskapsmuseet.

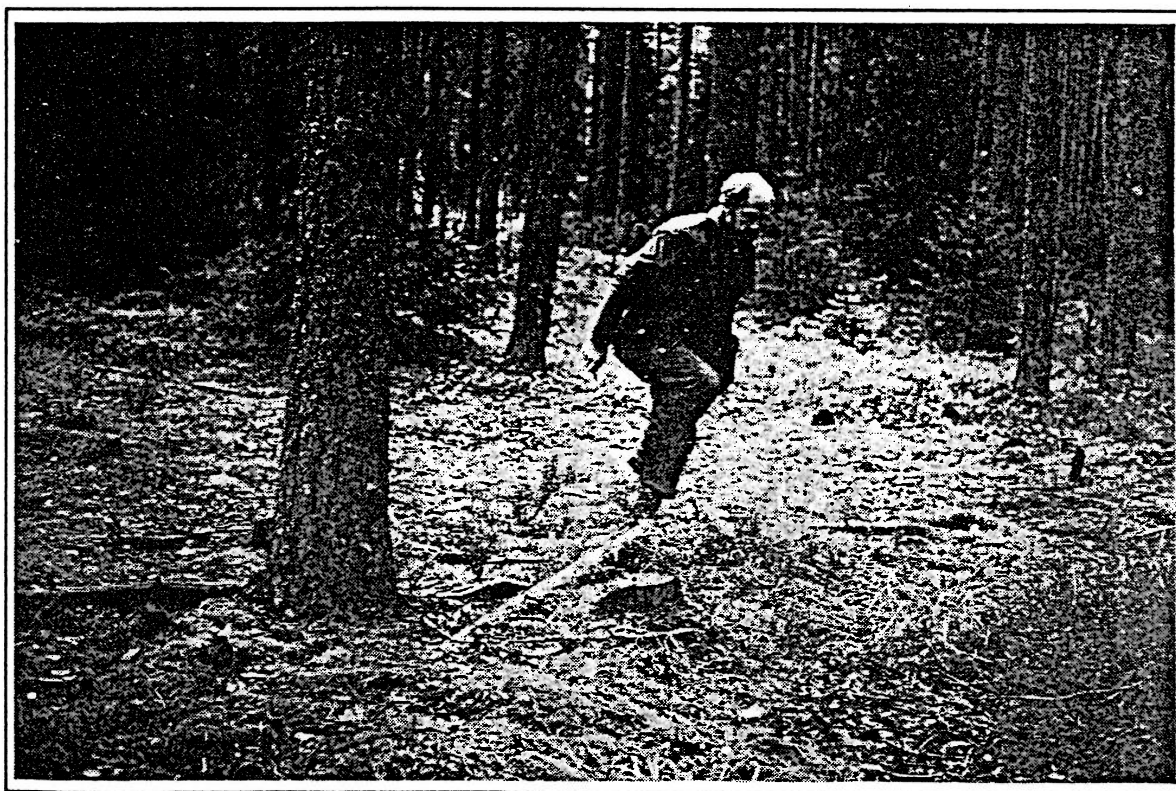


## 2.2.1 Referanseområder

Områder i sør. Referanseområder vart valgt ut med bakgrunn i den omtalte befarings. Fra før hadde UNIT-miljøet botanisk aktivitet i Åmli kommune, Aust-Agder. Området viste seg å huse svært velegna lokaliteter for krussigd og blanksigd. Det andre området for krussigd vart funnet i Birkeland kommune, Aust-Agder, og det andre for blanksigd i Vennesla kommune, Vest-Agder. Vegetasjonstyper som nevnes er beskrevet hos Fremstad & Elven (1987).

- Lokalitet A-Flatemo (figur 19). AA: Åmli. kbl. 1612 IV, ML 737.212, 150 m. - Vegetasjonstype A2a: Tyttebærskog, tyttebærtype. Flat tørr mo med spredte furutre. Krussigd dominerer i tilnærma reinbestand over store flater, og ellers er det et godt utvalg av tørkesterke arter som kjempesigd *Dicranum drummondii*, rabbesigd *D. spurium* (figur 3d), bergsigd, furumose - og i tillegg mye lav, særlig rein- og begerlavarter (*Cladina*, *Cladonia*). Krussigd er mye skadd, med en god del døde flekker og mange og store misfarga og utbleika partier.

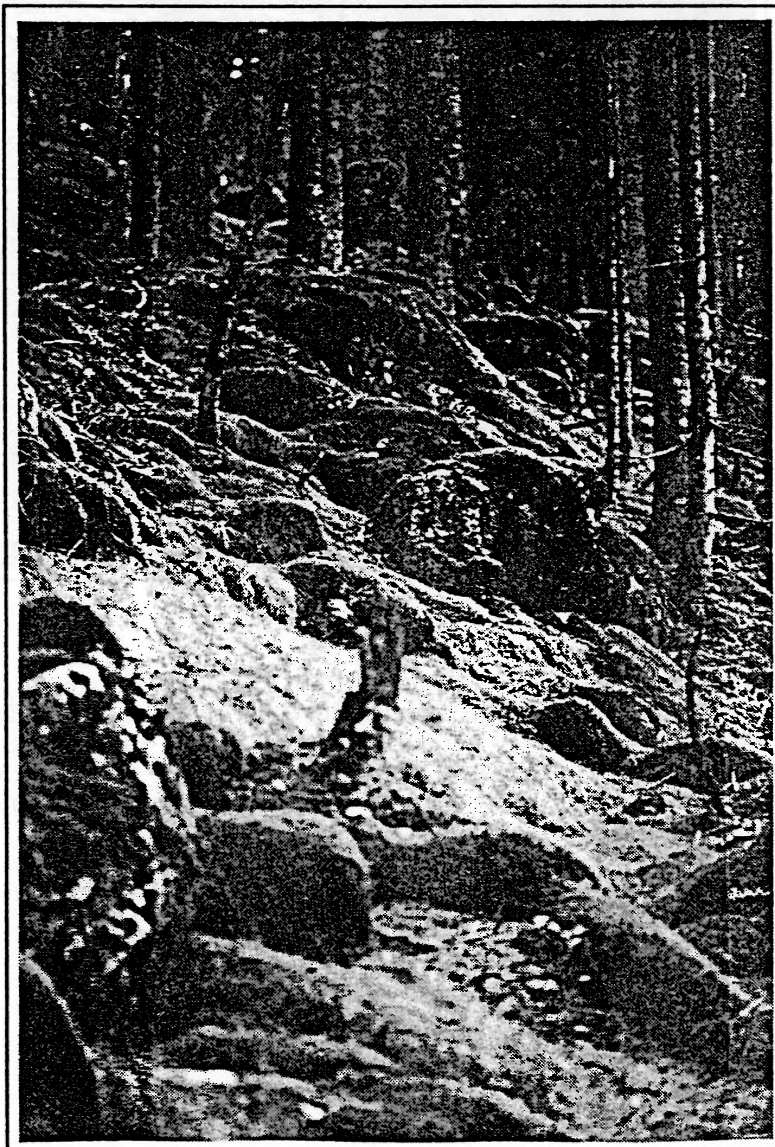
- Lokalitet B-Gangsei. AA: Åmli. kbl. 1612 IV, ML 694.188, 180m. - Vegetasjonstype A4a/A5a: Blåbærskog, blåbærtype/småbregneskog, småbregne-låglandstype. Nordvendt og skyggefull, delvis bratt li med gammel storvokst granskog. Blanksigd er en viktig art, og ellers er det mye etasjehusmose. Blanksigd har middels store skader i hele lia, mest store og små misfarga flekker.
- Lokalitet C-Rugsland moer (figur 20). AA: Birkenes. kbl. 1511 I, MK 516.626, 60 m. - Vegetasjonstype A4a: Blåbærskog, blåbærtype. Flat mo med blandingsskog av gran og furu. Krussigd fins spredt på tørre plasser i skogen, særlig på låge forhøyninger i terrenget. Ellers er furumose, ribbesigd og bergsigd vanlige. Krussigd er middels hardt skadd, med noen døde flekker og mest misfarga partier.
- Lokalitet D-Ruenes (figur 21). VA: Vennesla. kbl. 1511 IV, MK 427.643, 100-125 m. - Vegetasjonstype A4a/A5a: Blåbærskog, blåbærtype/småbregneskog, småbregne-låglandstype. Bratt nordvendt li med grovvokst gran. Blanksigd dominerer, og ellers er kystjammemose vanlig. Blanksigd viser store skader i hele lia, med vide utbleika og misfarga partier og en del døde flekker.



Figur 19. Lokalitet A-Flatemo i Åmli kommune, Aust-Agder. 26.8.1989. - Locality A-Flatemo. Foto: K.I. Flatberg.



Figur 20. Lokaltet C-Rugsland moer i Birkenes kommune, Aust-Agder. 20.9.1989. - Locality C-Rugsland moer. Foto: K.I. Flatberg.



Figur 21. Lokaltet D-Ruenes i Vennesla kommune, Vest-Agder. 20.9.1989. - Locality D-Ruenes. Foto: K.I. Flatberg.



Figur 22. Lokalitet P-Skauvollen i Malvik kommune, Sør-Trøndelag, 11.10.1989. - Locality P-Skauvollen. Foto: K.I.Flatberg.

Områder i nord. Her vart det lett etter tilsvarende lokaliteter for blanksigd og krussigd. Da krussigd er østlig og forholdsvis sjelden i Trøndelag, vart en lokalitet lagt til Nordøsterdalen.

- Lokalitet P-Skauvollen (figur 22). ST: Malvik. kbl. 1621 I, NR 864.271, 220-270 m. - Vegetasjonstype A5a: Småbregneskog, småbregnelåglandstype. SØ-vendt li med gran og litt furu, skyggefull og fuktig i nedre del og tørrere øverst. Blanksigd er en viktig art, og ellers er de fleste barskogsmosene til stede, som etasjehusmose, furumose, grantorvmose *Sphagnum girgensohnii* (figur 31) og kystjammemose.
- Lokalitet Q-Mørkdalstjønna (figur 23). ST: Malvik. kbl. 1621 IV, NR 837.283, 230 m. - Vegetasjonstype A5a: Småbregneskog, småbregnelåglandstype. Skyggefull og fuktig NØ-vendt granskogsli. Blanksigd er vanlig, men dominerende er grantorvmose og lyngtorvmose *Sphagnum quinquefarium*.
- Lokalitet R-Djupsjøåsen (figur 24). ST: Skaun. kbl. 1521 I, NR 564.153, 360 m. - Vegetasjonstype A3ab: Røsslyng-blokkebærskog, overgang innlandstype-fjellskogtype. Grønnlendt rygg kledd med furu, gran og bjørk, i myrlendt terreng. Krussigd er nokså sjelden men fins i tilstrekkelig store flekker. Ellers domineres lokaliteten av vanlige skog- og heimoser som etasjehusmose, furumose og furutorvmose *Sphagnum capillifolium*.

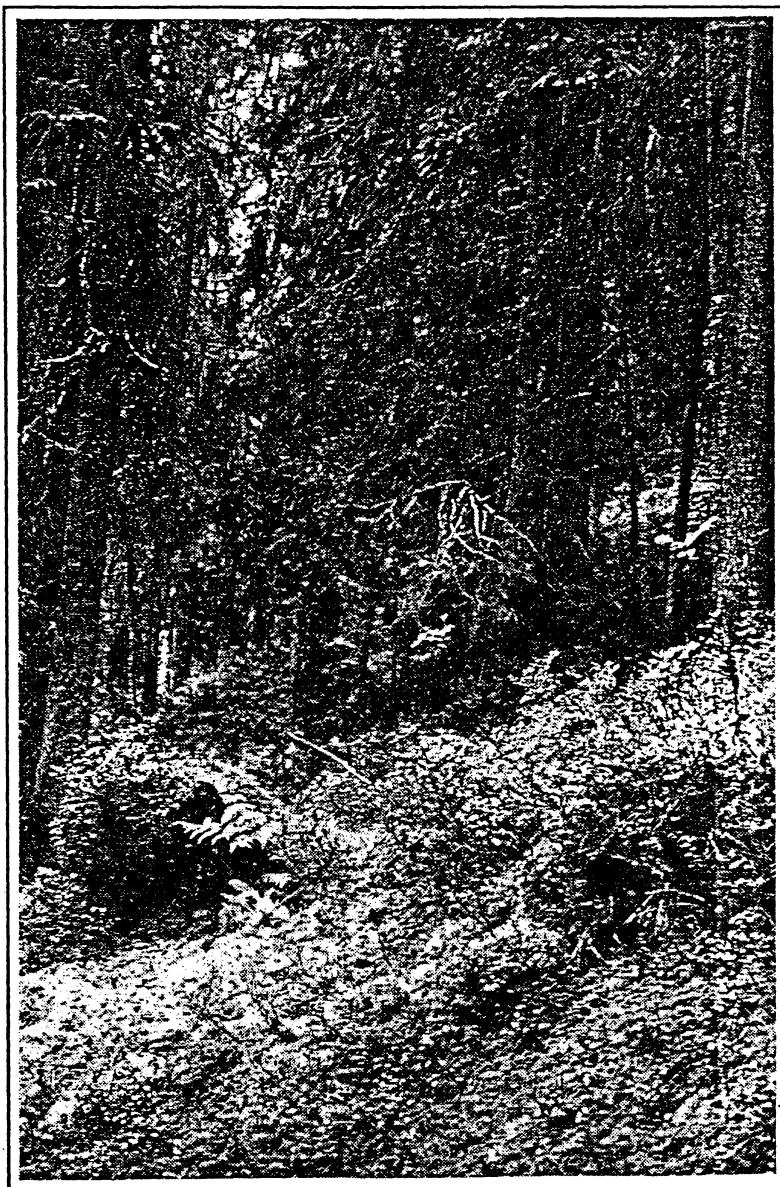
- Område S-S for Urset (figur 25). He: Tolga. kbl. 1619 I, PQ 028.199, 530 m. - Vegetasjonstype A2a: Tyttebærskog, tyttebærtype. Flat furumo med dominans av tyttebær, etasjehusmose og furumose i felt- og botnsjiktet. Flekkvis forekomst av krussigd.

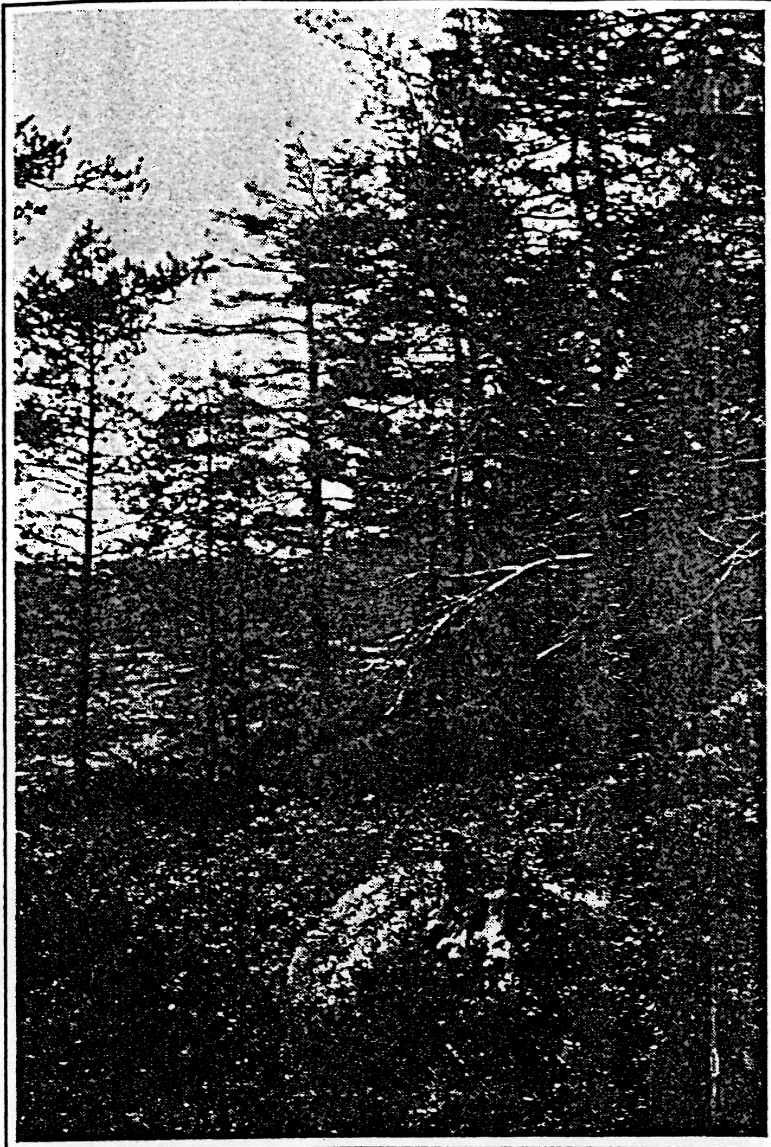
## 2.2.2 Transplantasjoner

Til å ta opp og flytte mose blir brukt klare plastsyndre med diameter 14.2 cm og høyde 10 cm. Følgende arbeidsrutine blir fulgt: Plastsynderen trykkes fast ned mot det utvalgte stedet; en tilsvarende stor mosesylinder blir skåret fri ved å følge kanten rundt med en skarp kniv; plastsynderen blir pressa ned i det utskårne sporet; mosen blir forsiktig løsna fra underlaget med fingrene; og ei nokså urørt moseprøve kan tas opp i plastsynderen.

Det presiseres at alle flyttingene har skjedd gjensidig, dvs. slik at den sylindere som skjæres løs på det andre stedet settes ut på det første. Erfaringene

Figur 23. Lokalitet Q-Mørkdalstjønnna i Malvik kommune, Sør-Trøndelag. 11.10.1989. - Locality Q-Mørkdalstjønnna. Foto: K.I.Flatberg.





Figur 24. Lokalitet R-Djupejsåsen i Skaun kommune, Sør-Trøndelag. 10.10.1989. - Locality R-Djupejsåsen. Foto: K.I. Flatberg.

Figur 25. Lokalitet S-S for Urset i Tolga kommune, Hedmark. 30.9.1989. - Locality S-S of Urset. Foto: K.I. Flatberg.



med metodikken er til nå gode. Prøvene kan fraktes uten å skades, og de er så å si urørt av menneskehand når de settes ut. Da friseres skudda godt, og dersom fargen er lik (se avsnitt 2.2.3) er det ofte vanskelig å se grensa mellom stedlig og flytta mose. En plastring (ca 1.5 cm høg og med samme diameter) blir satt nederst på den transplanterte mosen for å sikre gjenfunn (se figur 26, der en slik ring er lagt oppå). Følgende transplantasjoner er utført:

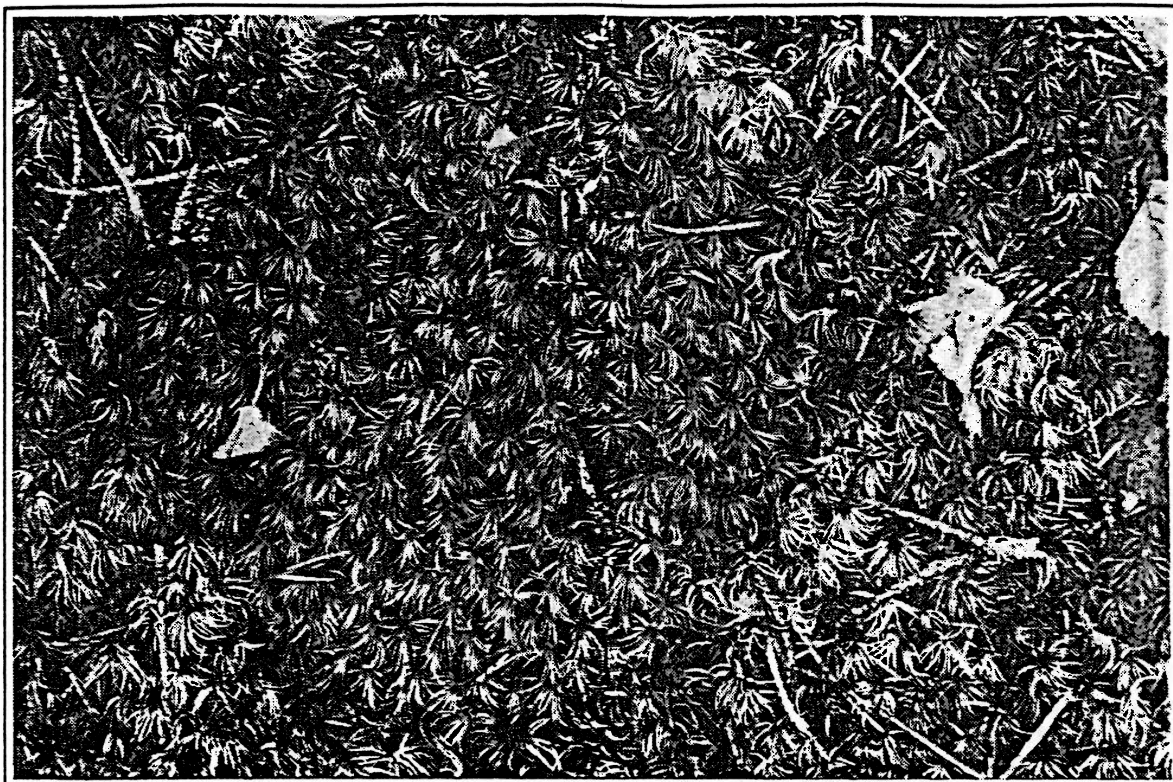
- På alle åtte lokalitetene er 3 prøver frisk mose flytta, som kontroll på at metodikken, dvs. sjølv flyttinga ikke gjør skade. Disse stasjonene er merka med lokalitetsbokstav, nummer med og uten \*, og i sør f (frisk); eksempelvis fins på lokalitet P (se avsnitt 2.2.1) de gjensidig omflytta prøvene P1/P1\*, P2/P2\*, P3/P3\*, og på lokalitet A prøvene A6f (figur 26)/A6f\*, A7f/A7f\* og A8f/A8f\*.
- På hver av de fire lokalitetene i sør er 5 sylindre skadd mose flytta til et sted med tilsynelatende frisk eller i hvert fall mindre skadd mose, og vise versa. Stasjonene er merka med bokstav for lokalitet, nummer, og s (skadd) eller f. Eksempelvis har lokalitet D stasjonene D1s/D1f (figur 27), D2s/D2f, ... D5s/D5f.

- Fra hver av de fire lokalitetene i nord er 8 sylindre frisk mose frakta sørover, og fra hvert område i sør fire skadd og fire friske sylindre nordover. Disse stasjonene er merka T/S (dvs. Trøndelag/Sørlandet) 1-32 både i sør og nord; det betyr at nr. 1 fra nord er skifta ut med nr. 1 i sør, osv. T/S 1-16 gjelder blanksigd, T/S 17-36 (figur 28) krussigd; og utplasseringa er slik (vegetasjonstype er tilføyd, se avsnitt 2.2.1):

T/S 1- 8:  
 P-Skauvollen (A5a) <-> D-Ruenes (A4a/A5a)  
 T/S 9-16:  
 Q-Mørkdalstjønna (A5a) <-> B-Gangsei (A4a/A5a)  
 T/S 17-24:  
 R-Djupsjøåsen (A3ab) <-> A-Flatemo (A2a)  
 T/S 25-36:  
 S-S for Urset (A2a) <-> C-Rugsland moer (A4a)



Figur 26. Lokalitet A-Flatemo i Åmli kommune, Aust-Agder; stasjon A6f. Dicranum polysetum krussigd; intern flytting av friskt materiale til friskt sted. 26.8.1989. - Locality A-Flatemo; station A6f. Local removal of undamaged material to undamaged site. Foto: K.I. Flatberg.



Figur 27. Lokaltet D-Ruenes i Vennesla kommune, Vest-Agder; stasjon D1f. *Dicranum majus* blanksigd; intern flytting av uskadd mose til skadd sted. 20.9.1989. - Locality D-Ruenes; station D1f. Local removal of undamaged material to damaged site. Foto: K.I. Flatberg.



Figur 28. Lokaltet S-Sør for Urset i Tolga kommune, Hedmark; stasjon T/S 25. *Dicranum polysetum* krussigd; transplantert uskadd materiale fra lokalitet C-Rugsland moer i Birkenes kommune, Aust-Agder. 30.9.1989. Det transplanterte materialet (sentrum) er mye grønnere enn det stedegne (til høyre). - Locality S-South of Urset; station T/S 25. - Transplanted undamaged material from locality C-Rugsland moer. The transplanted material (centre) is much greener than the local one (right). Foto: K.I. Flatberg.



Figur 29. Lokalitet P-Skauvollen i Malvik kommune, Sør-Trøndelag; stasjon T/S 5. *Dicranum majus* blanksigd; transplantert skadd materiale fra lokalitet D-Ruenes i Vennesla kommune, Vest-Agder. 11.10.1989. - Locality P-Skauvollen; station T/S 5. Transplanted damaged material from locality D-Ruenes. Foto: K.I. Flatberg.

### 2.2.3 Foreløpige slutninger, oppfølging

Det er en klar fargeforskjell på mose fra nord og sør. Mosen i sør er mye grønnere. Det tyder på større klorofyllinnhold, og må være en gjødslingseffekt. Områdene på Sørlandet tilføres 20 kg nitrogen per hektar og år, og i løpet av en tiårsperiode er det tilført nitrogenmengder tilsvarende ei skog-gjødsling. Det er klart at dette i det lange løp må få alvorlige følger for artssammensetninga. Næringsfattige økosystem som fattige skogtyper, lyngheier og ombrotrof myr vil være spesielt utsatt.

Nitrogenkrevende eller -tolerante arter vil øke på bekostning av mer konkurranseutsatte arter. Det er angitt at mer enn 50 % av karplantene i Vest-Tyskland bare kan konkurrere på voksesteder med låg nitrogentilførsel (Nygaard s.a.: 34). Tilsvarende vurderinger for mosene er ikke kjent, men vi har en hel del konkurransesterke ugrasmoser. Hvordan dette i det lange løp slår ut på mosefloraen i ulike vegetasjonstyper vet ennå ingen, men virkningene vil komme.

I nord har skogsmosene ofte kapsler, mens mange av de samme mosene i sør er sterile. Symptomatisk nok var det kapsler på noen av de prøvene som vart

flytta sørover, men ingen på de som gikk motsatt veg. Og når kapsler fins i sør, virker utvikling og vekst ofte unormal. Det er kjent at kjønnceller og tidlige stadier tåler mindre forurensning enn den utvokste moseplanten. Dette kan på lengre sikt bli en svært alvorlig trussel for mosene. Det er planlagt undersøkelser for å følge forekomst og utvikling av sporofytter hos utvalgte arter.

Mosene spiller stor rolle i skogøkosystemet (se avsnitt 1.4). Status og forandringer hos skogsmosene bør derfor undersøkes videre og overvåkes. Målet må sjølsagt være å redusere forurensningene så en begynnende katastrofe, slik som mosedøden i Sør-Norge, ikke får utvikle seg til en virkelig katastrofe. Først døde fisken i vatn og vassdrag. Tilstanden hos moser og lav tyder på at barskogsøkosystema i Sør-Norge også er i ferd med å få varige skader.



### 3 Sammendrag

De lågere plantene (moser, lav, sopp) er gode indikatorer på luftforurensninger. Mest ømfindtlige er barkboende (epifyttiske) arter, etterfulgt av steinboende (epilittiske) og markboende (epigeiske). Skader på barkboende moser har lenge vært kjent. Skader på markboende moser utenom byer og industristrøk, har ikke vært omtalt fra Norge. Denne oppdragsmeldinga viser, som noe helt nytt, at det er store skader på flere markboende skogsmoser på Sørlandet.

I alt vart 42 lokaliteter undersøkt for moseskader; de ligger i Oppland (5), Buskerud (2), Telemark (6), Aust-Agder (11), Vest-Agder (14) og Rogaland (4). Alle viktige vegetasjonstyper vart besøkt, men skader av betydning bare funnet i skog. Derfor inngår bare skogtyper i de registrerte lokalitetene; på de fleste dominerer gran, furu eller begge i blanding. Lokalitetene ligger mellom 30 og 560 m o.h., med overvekt på høgdelaget 100-350 m o.h.

Med skader menes i dette arbeidet døde eller misfarga (brune eller bleike) partier hos den utvokste moseplanten. Etter en slik definisjon er moseskader vidt utbredt. Noen ganger er hele mosen brun og død. Andre ganger har plantene noen grønne blad i toppen, mens de for resten er bleike og uten klorofyll. Dette vurderes som den alvorligste skadetyper, og den er bare sett i sterkt forurensa områder i Sør-Norge. I felt er skadene registrert i en femgradig skala (0 *uskadd*, 1 *lite skadd*, 2 *noe skadd*, 3 *mye skadd*, 4 *store skader*).

De største skadene vart funnet hos blanksigd *Dicranum majus* og krussigd *D. polysetum*. Disse vanlige artene vokser henholdsvis fuktig og tørt, og er gode indikatorarter på forurensnings-skader i barskog. Store skader vart også funnet hos furumose *Pleurozium schreberi*, sigdnervmose *Paraleucobryum longifolium*, bergsigd *Dicranum fuscescens* og blåmose *Leucobryum glaucum*. De største skadene vart observert i Telemark, Aust-Agder og østlige del av Vest-Agder.

Gjensidige transplantasjoner mellom Sørlandet og Trøndelag/Nordøsterdal er satt i gang, og en bruker indikatorartene blanksigd og krussigd. En vil studere hvordan uskadd mose fra nord reagerer på å komme til forurensa områder i sør, og omvendt. Formålet er å kunne si mer om hvorfor skadene oppstår. De åtte utvalgte lokalitetene (4 i sør, 4 i nord) er beskrevet i avsnitt 2.2.1. Foreløpig er 76 gjensidige flyttinger foretatt.

### 4 Summary

In many areas, epiphytic bryophytes are seriously damaged by acid rain. Until now, damage to epigeic bryophytes has been unknown in Norway (except in large towns and near industrial plants). This paper shows that several epigeic forest mosses are strongly affected in South Norway.

Forty-two localities in South Norway have been visited to look for dead or damaged mosses. The localities are situated in six counties, viz. Oppland (5), Buskerud (2), Telemark (6), Aust-Agder (11), Vest-Agder (14) and Rogaland (4). Most of the important vegetation types in the area have been checked, but seriously damaged moss was only found in conifer forests. Therefore, nearly all localities described in this study are sections of forests dominated by spruce, pine or both. They are situated between 30 and 560 m a.s.l., with a predominance of localities between 100 and 350 m a.s.l.

Damage was recorded when the moss was dead or discoloured. Following this definition, damaged mosses are found everywhere. Partly dead or dead, brown shoots are most frequent. Sometimes, the damaged bryophytes were pale or discoloured from the base towards the apex, with a short green top or a few green leaves. This category of damage is considered to be the most serious one. It is so far only known from the most heavily polluted areas in South Norway. The damage occurs in small spots as well as larger areas (several m<sup>2</sup>, or, in some forests, in up to more than 50 % of the total quantity of the species).

The field work was done in the following way: Intact localities were selected. The most important mosses and liverworts were checked off on a list of Norwegian bryophytes. The extent of damage to each species was indicated as follows:

- 0 no visible damage
- 1 slightly damaged, i.e. the damage was not easily observed and/or of limited extent, and was perhaps normal
- 2 somewhat damaged, i.e. the damage was easily observed and could not be considered as normal
- 3 substantial damage, i.e. the damage was marked but not dominating in the species' population concerned
- 4 seriously damaged, i.e. the damage was extensive and dominating in the species' population concerned

The most seriously damaged species (in the above sense), were *Dicranum majus* and *D. polysetum*. The former grows in moist and the latter in dry sites, and they complement each other ecologically.

Therefore, they are considered useful monitoring species with regard to pollution from acid rain.

Somewhat or substantial damage was found in e.g. *Pleurozium schreberi*, *Paraleucobryum longifolium*, *Dicranum fuscescens* and *Leucobryum glaucum*.

A reciprocal transplant experiment is being carried out between the heavily polluted South Norway and the much less polluted Central Norway. Four sites have been selected in each area, two of them include *Dicranum majus* and two *D. polysetum*. Thirty-two transplants of damaged moss have been moved from South to Central Norway, and as many fresh transplants the opposite way. Additionally, damaged moss has been exchanged with undamaged moss, and vice versa, at each locality in the South. And in all eight localities, undamaged moss has been exchanged with undamaged, in order to ascertain whether the transplant process does any harm to the plant material.

## 5 Litteratur

- Barkman, J.J. 1989. Some remarks on the texture and structure of forests and their implications for the functioning of forest ecosystems. - s. 37-44 i Schmidt, P., Oldeman, R.A.A. & Teller, A., red. Unification of European forest pattern research. Proceeding of a workshop organized by the Forest Ecosystem Research Network (FERN) of the European Science Foundation (ESF), Strasbourg, France, 24-26 April 1989.
- Bondø, T.-H. 1989. Alarm i Sørlandets barskoger: - sur nedbør dreper mosen. - Verdens Gang 16.9 1989: 8-9.
- Floravårdskomiteen för mossor. 1988. Preliminär lista över hotade mossor i Sverige. - Svensk bot. Tidskr. 82: 423-445.
- Fremstad, E. & Elven, R., red. 1987. Enheter for vegetasjonskartlegging i Norge. - Økoforsk Utred. 1987, 1.
- Frisvoll, A.A., Elvebakk, A., Flatberg, K.I., Halvorsen, R. & Skogen, A. 1984. Norske navn på moser. - Polarflokket 8: 1-59.
- Ireland, R.R. 1982. Moss flora of the maritime provinces. - National Museum of Natural Sciences. Publications in Botany 13: 1-738.
- Marstaller, R. 1985. Die Moosgesellschaften der Ordnung Orthotrichetalia Hadac in Klika et Hadac 1944. 19. Beitrag zur Moosvegetation Thüringens. - Gleditschia 13: 311-355.
- Muhle, H. 1984. Moose als Bioindikatoren. - s. 65-89 i Schultze-Motel, W., red. Advances in Bryology 2.
- Nygaard, P.H. s.a. [1989]. Forurensningens effekt på naturlig vegetasjon. Et [sic] litteraturstudie. - Norsk institutt for skogforskning. 46 s. + indeks. Overvåkningsprogram for skogskader. 1989. Årsrapport 1988. - Norsk institutt for skogforskning.
- Rao, D.N. 1982. Responses of bryophytes to air pollution. - s. 445-471 i Smith, A.J.E., red. Bryophyte ecology.
- Slack, N.G. 1988. The ecological importance of lichens and bryophytes. - s. 23-53 i Nash III, T.H., & Wirth, V., red. Lichens, bryophytes and air quality. Bibl. Lichenol. 30.
- Tverrfaglig etatgruppe for forsuringsspørsmål i Agderfylkene. 1988. Skogdød på Sørlandet? - s. 77-79 i Luft og miljø -88. Drammen 15.-16. August. - Norges jeger- og fiskerforbund.
- Winner, W.E. 1988. Responses of bryophytes to air pollution. - s. 141-173 i Nash III, T.H. & Wirth, V., red. Lichens, bryophytes and air quality. Bibl. Lichenol. 30.
- Winner, W.E., Atkinson, C.J. & Nash III, T.H. 1988. Comparisons of SO<sub>2</sub> absorption capacities of mosses, lichens, and vascular plants in diverse habitats. - s. 217-230 i Nash III, T.H. & Wirth, V., red. Lichens, bryophytes and air quality. Bibl. Lichenol. 30.

0 18

nina  
oppdrags-  
melding

ISSN 0802-4103  
ISBN 82-426-0036-8

Norsk institutt for  
naturforskning  
Tungasletta 2  
7004 Trondheim  
Tel. (07) 913020