



# Maglemose i Gribskov: Analyse af vegetationsudviklingen gennem 40 år

Peter Milan Petersen<sup>1</sup> Henning Emil Adersen<sup>2</sup> og Irina Goldberg<sup>3</sup>

Gribskov i Nordsjælland er et af Danmarks største sammenhængende skovområder. Undergrunden er moræneaflejringer af forskellig beskaffenhed, og terrænet er kuperet, med mange nord-sydgående store og små bakkedrag og lavninger. Mange af lavningerne har rummet mosevegetation, men tidligere tiders omfattende tørvegravning og/eller dræning og tilplantning med skov har fra 1857 til 1988 reduceret

mosearealet fra 20,8 til 3,25 % af skovens areal (Rune 1997, 2009).

Maglemose er med sine 22 ha en af de få store moser i Gribskov, der kun i mindre grad er blevet påvirket af disse aktiviteter. Den ligger i en nord-sydgående lavning i morænebakkerne i den centrale del af Gribskov, ca. 69 meter over havet (m.o.h.). Punktet med koordinaterne N 56,000028

E 12,316098 (EPSG: 4326) ligger omtrent midt i mosen. Størstedelen, ca. 18 ha, blev administrativt fredet i 1911, hvor det blev bestemt, at denne del af mosen fremover skulle ligge hen uden yderligere indgreb fra menneskets side. De nordligste ca. 4 ha var i 1881 blevet tilplantet med Rød-Gran (*Picea abies*) og blev forstligt drevet frem til 1992, hvorefter også denne del af mosen fik lov at ligge hen uden direkte indgreb.

## Summary

### Maglemose in Gribskov: Analysis of vegetation changes in a forest bog during 40 years

Maglemose is 22 ha. bog situated in the central part of Gribskov forest on the island of Zealand in Denmark. In the second half of the 19th century, Maglemose was ditched, and hence gradually invaded by birch (*Betula* spp.) and spruce (*Picea abies*). The northernmost part was planted with spruce. Although planned, peat cutting has never taken place.

The present study describes how the vegetation of Maglemose has developed over the past 40 years (1981–2021). In this period attempts have been made to restore the original hydrological conditions by damming outflow ditches in the southeast (in 1986 and 2014) and north (in 1992 and 2014) corners of the bog.

The cover of the two most important canopy trees, spruce and birch was mapped in 1976–81, 2001 and 2021, combining aerial photographs and field observations. In 1981, the field layer was registered within 13 permanent plots of 20 m x 20 m and along a 29 m long transect (also considered a “plot”). These plots recorded the variation in species composition, age and structure of the tree layer. In 1989, two additional plots were established in a treeless part of Maglemose. All 16 plots were examined again in 2001 and 2021.

In 20 circular subplots of 0.1 m<sup>2</sup> within each of these plots, the occurrence of all species of vascular plants and bryophytes was recorded. For each plot, the percentage frequency of each species in the 20 subplots was calculated, and these were used to generate various vegetation diversity parameters. Weighted averages of Ellenberg's indicator values for moisture, light and nutrients (EF, EL and EN) were also calculated for the registered species, and soil water pH was measured at a depth of 40 cm.

In 1976 and the early 1980s, when the first survey took place, Maglemose was almost completely tree covered, except for the lagg (the zone bordering an ombrogenous bog, influenced by surface and/or groundwater). The raising of water levels in the outflow ditches from Maglemose in the period 1986–2014 has led to significant dieback of spruce and ground vegetation changes, particularly in the northern and southeastern part of the bog, where the water table has been most elevated. The vegetation that has replaced the spruce forest can be best characterized as poor fen. Although other parts of Maglemose (i.e. the western, central and southernmost parts of the bog) seem less affected by water level rise, there have been changes in the field layer here as well.

An ordination analysis (NMS) identified a group of 10 plots where there had been obvious and similar changes in the field layer over the 40 years. In the 1980s, the tree canopy at these plots were dominated by or had a high proportion of *Picea abies*. A correlation analysis shows that the frequency of peat mosses (*Sphagnum* spp.) and purple moor-grass (*Molinia caerulea*) in these plots has increased significantly, and the weighted Ellenberg's values for moisture and light (EF and EL) have increased as well. pH of the soil water has increased slightly, especially where there was local surface water flow. In three plots dominated by birch during the entire 40-year period, as well as the plot in the lagg-zone, the field layer has not changed substantially throughout the study.

Overall, the general picture is that Maglemose has become more wet throughout and especially in proximity to the blocked outflow ditches, and that more light has penetrated the tree canopy to the field layer.

**Keywords:** afforested bog, træbevokset tørvemose, water level rise, vandstandshævning, vegetation changes, vegetationsændring

<sup>1</sup> Biologisk Institut, Københavns Universitet, Universitetsparken 15, 2100 København Ø, e-mail: petermilan@tofttevang.dk

<sup>2</sup> Biologisk Institut, Københavns Universitet, Universitetsparken 15, 2100 København Ø, e-mail: adser@bio.ku.dk

<sup>3</sup> Myos Consult, Herstedhøje Allé 1, 2620 Albertslund, e-mail: irina.goldberg@gmail.com

Maglemose var på tidspunktet for fredningen omgivet af gammel bøgeskov, som med tiden er blevet erstattet, først af bevoксninger af Rød-Gran, og senere stedvis af Hybrid-Lærk (*Larix x marschlinii*) og Stilk-Eg (*Quercus robur*).

En række undersøgelser (omend under anvendelse af forskellige metoder) gør det muligt at følge vegetationsudviklingen siden 1913-14 (Petersen 1917, Olsen 1920). Omkring 1980 blev der udlagt et system af vegetationsprøveflader, som blev undersøgt i 1981 og 2001 (Petersen 2014, Petersen & Mogensen 2016). En bevilling fra Nationalpark Kongernes Nordsjælland har efterfølgende gjort det muligt at genundersøge plantedækket i Maglemose i 2021 for at beskrive udviklingen i de forløbne 40 år i lyset af de ændringer, der er sket i og omkring mosen i denne periode – bl.a. hævnningen af udløbene fra mosen, som Naturstyrelsen gennemførte ad flere omgange i perioden 1986–2014.

Rapporten (Goldberg & Petersen 2022) om denne undersøgelse er af beskrivende karakter. Den indeholder detaljer vedrørende artssammensætningen i de enkelte prøveflader og på mosen som helhed.

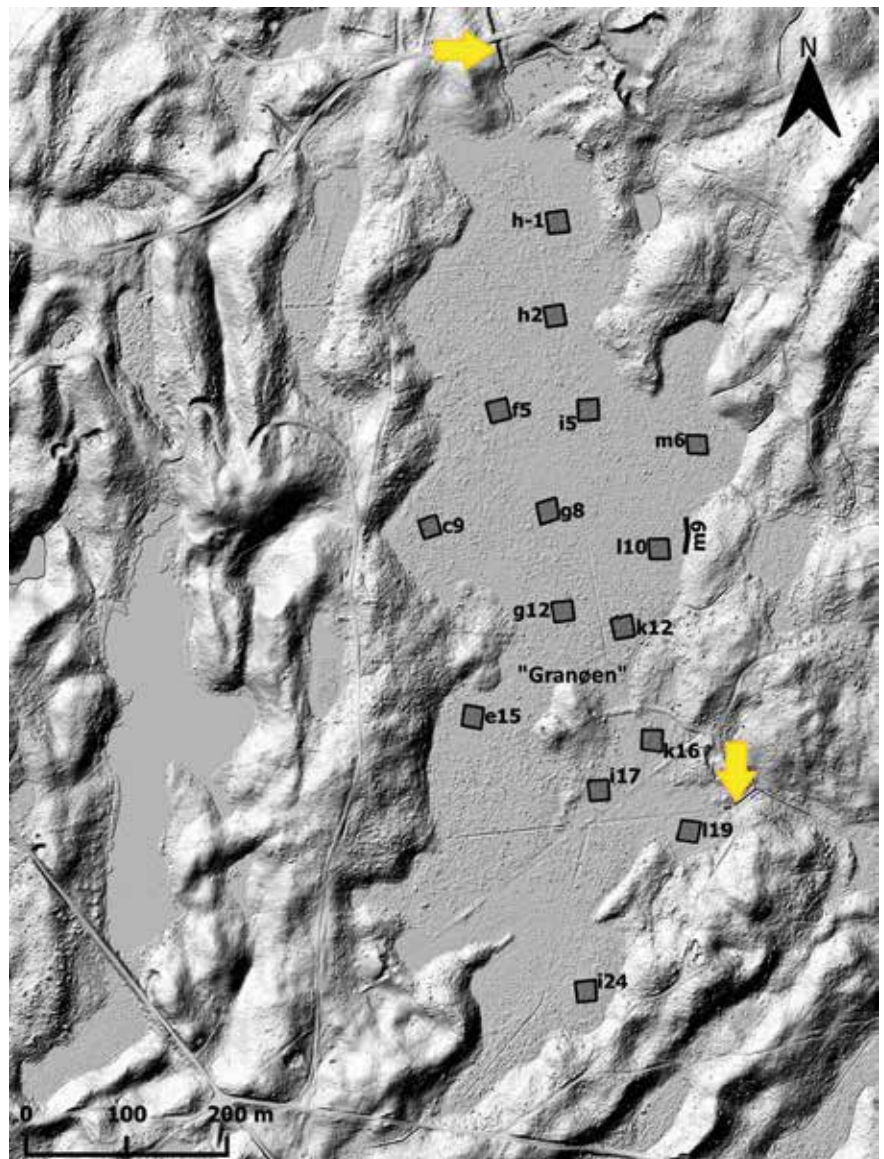
Formålet med den foreliggende artikel er at analysere vegetationsudviklingen i Maglemose gennem de sidste 40 år ud fra prøvefladernes plantedække under anvendelse af statistiske metoder, som er almindeligt benyttet i nyere vegetationsanalyser.

### Hydrologi

Maglemose er en forsumpningsmose (Jessen 1920). Den er opstået som følge af, at en relativt tør bund er blevet fugtigere, hvorved tørvedannelsen er blevet indledt. Mosebassinet består af to lavninger delt af en barriere, hvis top udgøres af "Granøen" (Figur 1). I den nordlige lavning fandtes der ved undersøgelsen i 1914–15 tørvedyber på 6-8 og indtil 10 m, mens tørvelaget i den sydlige lavning var ca. 2 m tykt (Jessen 1920).

Vandstanden i mosen som helhed og i de forskellige dele af mosen bestemmes af flere faktorer. Tilførslen af vand sker primært med nedbøren. Maglemose er således i det

væsentlige en ombrogen mose, men den er ikke en egentlig højmosse med dennes karakteristiske tværnsnitprofil og med tuer og højler.



**Figur 1.** Placering af de 15 prøveflader, transektet (m9) og moræneknolden "Granøen" vist med terrænskyggekort fra Danmarks Højdemodel (DHM) som baggrund. Grøfteudløbene mod sydøst og nord er markeret med gule pile.

Location of the 15 permanent plots, the transect (m9), and the moraine barrier "Granøen" shown on the Danish Elevation Model map as a background. Two outlets, to the southeast and to the north, are marked with yellow arrows.

Der er ikke noget naturligt tilløb, og de få grøfter, der fører til mosen, er normalt ikke vandførende. Formentlig siver der nogle steder langs bredden overfladevand fra det omgivende terræn ud i mosen, afhængigt af, om terrænet er uden træer, eller det er bevokset med Rød-Gran eller løvtræer. Efter stormfald eller renafrift kan der i en periode tilføres større mængder af overfladevand fra det omgivende terræn (Goldberg & Petersen 2022).

For at lede vand væk fra mosen blev der i 1857–78 gravet et system af grøfter. Den N-S-gående grøft, som blev gravet i den østlige rand, leder stadig vand frem til et udløb mod sydøst under Dronning Ingrid's Vej. I de nordligste ca. 4 ha af mosen ligger grøfterne tæt, og herfra løb der indtil 2014 vand ud mod nord gennem en stenkiste under Maglemosevej (Figur 1).

Bundniveauet i udløbet mod sydøst blev hævet i 1986. I forbindelse hermed blev et areal på ca. 1 ha ud for udløbet sat under vand. Målinger foretaget i den vestlige udkant af dette område, lige sydøst for ”Granøen”, har vist, at vandstanden steg ca. 40 cm (Petersen & Mogensen 2016). Udløbet mod nord blev hævet lidt i 1992 – umiddelbart uden synderlig effekt. Begge udløb blev derefter i 2014 opstemmet til et niveau svarende til, hvad der med de givne topografiske forhold ville have været naturligt. Ifølge DHM højdekurver (2014–15) ligger udløbet mod nord nu 69,25 m.o.h. og udløbet mod sydøst 68,5–68,75 m.o.h., dvs. at mosefladen hælder svagt (ca. 0,3 %) fra nord til syd. Der foreligger ingen vandstandsmålinger efter 1993, men umiddelbart ser hævningsen af udløbet mod sydøst i 2014 ikke ud til at have haft yderligere effekt på vandstanden i den tilgrænsende del af mosen. I mosens nordlige del skete der derimod efter hævningsen af udløbet i 2014 en betydelig vandstandsstigning.

#### **Vegetationsudviklingen frem til 1981**

Vegetationsudviklingen i Maglemose siden birke-fyrretid (ca. 9.700–7.900 f.Kr.) er beskrevet af Jessen (1920). Forsumpningen

af en sandsynligvis lysåben vegetation med birk, fyr og bævreasp (*Populus tremula*) begyndte først i den nordlige del af mosen, efterfulgt af tørvedannelse i den sydlige del. Med tiden er den lysåbne mosevegetation groet til med træer i den sydlige del af mosen og i randområderne i dens nordlige del, mens der centralt i den nordlige del vedblev at være en træfri sphagnum-domineret vegetation. Samtidig med indvandringen af Bøg (*Fagus sylvatica*) til Gribskov (ca. 1.000 f.Kr., Odgaard 2017), begyndte et nyt forsumpningsstadium.

I 1913 var mosen lysåben med en vegetation domineret af Tue-Kæruld (*Eriophorum vaginatum*), arter af tørvemos (*Sphagnum* spp.) og – i den nordlige del – Hedelyng (*Calluna vulgaris*). Spredt over mosefladen, især mod syd, voksede der selvsåede birke- og grantræer. Størstedelen af mosen havde ombroget karakter med en soligen randzone med fattigkærvegetation (lagg). Siden grøftegravningen har den udviklet sig til en træbevokset tørvemos domineret af Dun- og Vorte-Birk (*Betula pubescens* og *B. pendula*) samt Rød-Gran med en lagg af varierende bredde, som det fremgår af luftfotos gengivet i Petersen (1980). Laggen er tydeligst og vådest langs østbredden.

#### **METODE**

##### **Feltundersøgelser**

I 1981–89 blev der udlagt 15 permanente prøveflader (Figur 1), hvor feltlaget (dværgbuske, urter og mosser) blev undersøgt. Undersøgelserne blev gentaget i 2001–02 (Petersen 2014, Petersen & Mogensen 2016) og i 2021. For hver prøveflade findes altså tre registreringer med 20 års mellemrum. Hver prøveflade blev betegnet med et bogstav og et tal nogenlunde svarende til dens placering i det kvadratnet, som Maglemose blev inddelt i 1911 (Petersen 1917), men som ikke blev afmærket i feltet (Petersen 2014). Prøvefladerne er kvadratiske, 20 m x 20 m, og blev i 1980'erne markeret med grå plastikrør. Enkelte hjørnemarkeringer er forsvundet i tidens løb og blev i 2021 genoprettet (med

30 cm høje træpæle). I prøvefladerne h-1 og k12 skete det ud fra et eneste tilbageværende rør, så et par meters forskydning i forhold til den oprindelige placering kan ikke udelukkes. Hjørnernes position er nu bestemt vha. GPS, så de kan genfindes.

Ved beskrivelsen af feltlaget udlagdes i hver af prøvefladerne 20 delprøvefelter i form af 0,1 m<sup>2</sup> store cirkler på diagonalerne, 2, 4, 6, 8 og 10 m fra hvert af de fire hjørner. I hver cirkel noteredes forekomsten af alle rodfæstede karplantearter inkl. dværgbuske og opvækst af træer ≤ 0,5 m, samt alle mosser. Arternes frekvens (hyppighed) i cirklerne i hver enkelt prøveflade beregnedes i procent. Tilsvarende blev gjort for tørvemosserne under ét (*Sphagnum* spp.). En supplerende artsliste blev fremstillet ved gennemgang af hele prøvefladen.

I laggen blev der parallelt med mosens østbred udlagt et 29 m langt transekt (m9) med 20 0,1 m<sup>2</sup> cirkler på en ret linje med en indbyrdes afstand på 1,5 m. Arternes frekvens er beregnet på samme måde som i prøvefladerne. I det følgende omtales m9 som en prøveflade.

Trælaget i prøvefladerne (artssammensætning, struktur, opvækst) blev kort beskrevet og dokumenteret ved hjælp af fotos fra faste punkter, svarende til fotos taget i 1981–82 og 2001–02.

Midt i hver prøveflade blev der taget en prøve af jordvandet i 40 cm dybde ved hjælp af et piezometerrør jf. NOVANA-metoden (Fredshavn et al. 2019). I i24 var tørven stærkt omsat, så det var nødvendigt at grave et hul for at tage en prøve af jordvandet. pH blev målt i laboratoriet med et Mettler Toledo pH-meter efter filtrering af vandprøven.

##### **Dataanalyse**

De beregnede artsfrekvenser blev via et excel-regneark indlæst i PC-ORD, en programpakke, der er udviklet til at udføre multivariat analyse af økologiske data (McCune & Mefford 1999, se Boks 1).



Baseret på den herved fremkomne plot/artsmatrix (plot er i denne sammenhæng en prøveflade i et givet år) blev en række diversitetsmål beregnet for hver prøvetagning: antal af alle arter, samt af karplanter, bladmosser, levermosser og tørvemosser hver for sig, og frekvenssummer af samme. Det samme blev udført for de forskellige livsformer af karplanter: graminoider (græsser, halvgræsser, siv og frytler), øvrige urter og dværgbuske.

For hver prøveflade blev der desuden beregnet et vægtet gennemsnit af Ellenberg-værdierne for lys (EL), fugtighed (EF) og næringsrigdom (EN), dvs. at de enkelte arters Ellenberg-værdi blev vægtet med deres frekvens. De britiske værdier for arter af karplanter (Hill et al. 1999) og mosser (Hill et al. 2007) blev benyttet, da de i højere grad end de oprindelige centraleuropæiske værdier afspejler arternes økologi i Danmark (Nygaard et al. 2009). Visse arter er meget bredspektrede i deres respons på økologiske faktorer som fugtighed, lys og næringsstatus – for dem er det vanskeligt at angive én bestemt værdi. Blåtop (*Molinia caerulea*) er en sådan art, og da den samtidig er én af de hyppigste arter i mosen (se resultatafsnittet), udelod vi den fra beregningen af de vægtede Ellenberg-værdier.

Alle disse data blev sammen med de kår, der blev registreret i felten (pH og UTM-koordinater), indlæst i en plot/faktor-matrix.

Ændringer over tid af de enkelte faktorer eller af arternes frekvens i hver enkelt prøveflade sker på en skala, der er forskellig fra prøveflade til prøveflade. For at få sammenlignelige værdier til at belyse eventuelle tendenser må man normalisere resultaterne. Det har vi gjort ved for hver prøveflade at dividere hver af de tre års målinger af en faktor eller artsfrekvens med middelværdien af de tre målinger. Herved kommer alle måleværdier ind på en skala omkring 1.

### Boks 1

PC-ORDs facilitet til Non-metric Multidimensional Scaling (NMS) blev benyttet til at foretage en ordination af plot/artsmatrixen. Denne ordinationsmetode blev foretrukket, fordi den kan behandle data uden forudsætninger om bestemte parametriske fordelinger af de data, der indgår i analysen. Princippet i metoden er, at plottene opfattes som punkter i et  $n$ -dimensionalt rum, hvor de  $n$  artsdata betragtes som koordinataksler. De floristiske afstande mellem de  $p$  plots beregnes, og ved en iterativ metode findes en afbildning af punktsværmen i et rum med færre dimensioner (Mather 1976). Kvaliteten af afbildningen måles ved korrelationsanalyse mellem de floristiske afstande og de metriske afstande i afbildningens rum. Vi valgte at benytte Sørensens similaritetsindeks til bestemmelse af de floristiske afstande, idet dette indeks ikke giver vægt til arter, der har dobbeltfravær i plotpar. Vi besluttede at anvende en 2-dimensional afbildning, idet den gav en overskuelig løsning.

Indlæsning af plot/faktor-matrixen gør det muligt at beregne determinationskoefficienter (Pearsons  $r^2$ ) mellem alle faktorer (herunder diversitetsmål og artsfrekvenser) og ordinationsakserne. Herved estimeres vigtigheden af de enkelte faktorer for datasættets floristiske struktur (men det viser ikke, om den enkelte faktor er en afhængig eller en uafhængig variabel).

NMS-beregningen fremstiller en graf af plot-punkterne i to dimensioner – en ordinationsgraf. Punktskyen er det primære resultat af analysen – akserne tilføjes i anden omgang. Det gør, at akserne kan roteres frit. Da undersøgelsen foregår over et tidsforløb, har vi valgt at lade førsteaksen være parallel med tidsfaktoren. Korrelationer mellem faktorerne og akserne kan afbildes i grafen som vektorer, der udgår fra centrum af punktskyen, og hvis længde og retning bestemmes af korrelationskoefficienten ( $r$ ) mellem den pågældende faktor og akserne. I sådan et ”joint plot” afbildes kun faktorer med en determinationskoefficient, der overstiger et valgt signifikansniveau, i dette tilfælde 5%, dvs.  $p \leq 0,05$ .

Herefter har vi for hver faktor og art foretaget en korrelationsanalyse (Pearsons korrelationskoefficient) med tiden som uafhængig variabel for at fastslå, om eventuelle tendenser er signifikante.

Hvis et kår eller en art på en prøveflade har værdien 0 på alle tre tidspunkter, kan normaliseringen ikke gennemføres. I sådanne tilfælde er prøvefladen ikke medtaget i analysen for det pågældende kår eller art. Det sker især for arter, der forekommer på få prøveflader.

## RESULTATER

### Trælaget

En analyse af kronelaget i Maglemose på basis af luftfotos dels fra 1976 (gengivet i Petersen 1980) dels fra 2002 og 2021 (begge tilgængelige på Danmarks Miljøportal) viser, at der de seneste 40 år er sket omfattende forandringer af skovdækket i Maglemose (Figur 2).

I 1976 og i begyndelsen af 1980'erne, da 14 prøveflader blev udlagt og undersøgt

første gang, var Maglemose næsten helt skovdækket, bortset fra laggen. Tilsammen dækkede prøvefladerne den variation, som trælaget på mosen udviste. Kronelaget i 6 prøveflader (h-1, h2, i5, k12, i17 og i24) bestod i 1980'erne af gran og i 3 prøveflader (m6, l10 og e15) af birk. I de resterende prøveflader (f5, g8, c9, g12) var der både gran og birk. I de fleste af prøvefladerne var der frem til 1992 sket en reduktion af antallet af såvel små som store (> 2 m) træer af Rød-Gran (Petersen 2014).

I forbindelse med hævnningen i 1986 af udløbet mod sydøst blev en rødgranbevoksning på mosen ud for udløbet fældet. Her blev der i 1989 udlagt to prøveflader (k16 og l19), som i 2021 fortsat var lysåbne. Prøveflade i17 mistede trædækket i 1990'erne.

I 1997–99 døde samtlige birketræer på ca. 0,7 ha i den sydvestlige del af Maglemose efter renafdrift af en gammel rødgranbevoksning, der grænsede op til mosen. Der var ikke nogen prøveflade her, men der er et fotografi af vegetationen (Figur 11 i Petersen 2014).

Længst mod nord i mosen begyndte enkelte træer af Rød-Gran ifølge luftfotos at gå ud i perioden 2004–2006. Lidt syd herfor, omkring prøvefladerne h2, f5 og i5, begyndte de første store rødgraner at gå ud i 2008–2010, og de døde stammer begyndte at falde i 2012–2014. Omfattende død af rødgraner på mosefladen i den nordlige del af mosen ses dog først i 2015. I 2021 målte arealet med mange liggende, døde granstammer ca. 0,4 ha. Syd herfor var de fleste rødgraner på et areal på ca. 2,3 ha døde eller døende, men stammerne stod for de flestes vedkommende endnu tilbage, således i prøvefladerne h-1 og h2 (Figur 3).

I 2021 indgik gran ikke længere i kronelaget på f5, g8 og g12, og birk var blevet dominerende. I 4 prøveflader var der fortsat gran i kronelaget, idet gran enten forblev dominerende (k12 og i24) eller var blandet med birk (c9 og i5). Prøvefladerne m6, l10 og e15 forblev domineret af birk.

**Tabel 1.** Antal prøveflader, hvor de hyppigste træarter forekom i 2021.  
*The number of plots where the most frequent tree species occurred in 2021.*

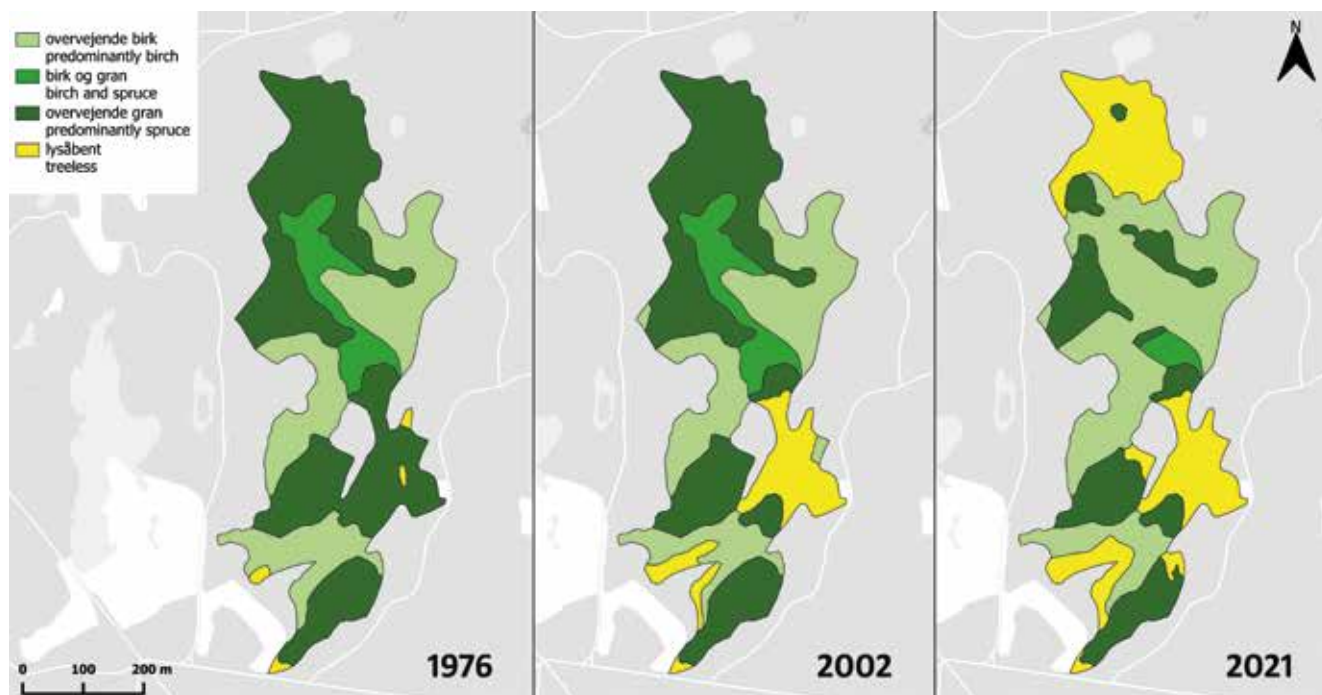
Art	Højdeklasser, cm				I alt
	<50	51-100	101-200	>200	
Birk ( <i>Betula</i> sp.)	15	3	0	11	16
Rød-Gran ( <i>Picea abies</i> )	13	12	11	11	13
Hybrid-Lærk ( <i>Larix x marschlinsii</i> )	7	3	5	3	10

Således var store partier af mosen i nord og syd blevet lysåbne i 2021, og en endnu større del var domineret af Birk (Figur 2). Flere områder havde hele tiden været uden gran, og i den centrale del af mosen, nord for ”Granøen”, stod grantræerne så spredt, at der kom en del lys ned til feltlaget.

I resten af mosen døde der også en del graner, men kun få birketræer. Eksempelvis var der en del liggende dødt ved i senere nedbrydningsstadier samt gamle stubbe af

gran i prøveflade k12. Det vidner om, at der også her var sket ændringer i kronelaget, om end i mindre omfang.

På prøvefladerne blev der i 2021 i alt registreret 13 træarter, men kun Birk, Rød-Gran og – i mindre omfang – Hybrid-Lærk var hyppige (Tabel 1). I prøveflade g12 stod en stor Sitka-Gran (*Picea sitchensis*). Opvækst af Stilk-Eg blev registreret i 6 prøveflader, Almindelig Ædelgran (*Abies alba*), Skov-Fyr (*Pinus sylvestris*), Skarntydegran



**Figur 2.** Artssammensætning i kronelaget baseret på luftfototolkning. ”Overvejende” betyder mindst 50% af det afgrænsede areal.

*Tree canopy species composition based on aerial photo interpretation. “Predominantly” indicates that a minimum of 50% of the demarcated area is covered by the species.*

**Figur 3.** Døde og døende store rødgraner på prøveflade h-1 i Maglemose set fra nordvest, september 2021.

*Dead and dying large trees of Picea abies on plot h-1 in Maglemose seen from the north-west, September 2021.*



(*Tsuga heterophylla*), Rød-Eg (*Quercus rubra*), Fugle-Kirsebær (*Prunus avium*), Almindelig Røn (*Sorbus aucuparia*) og Poppel (*Populus* sp.) blev kun registreret i enkelte prøveflader.

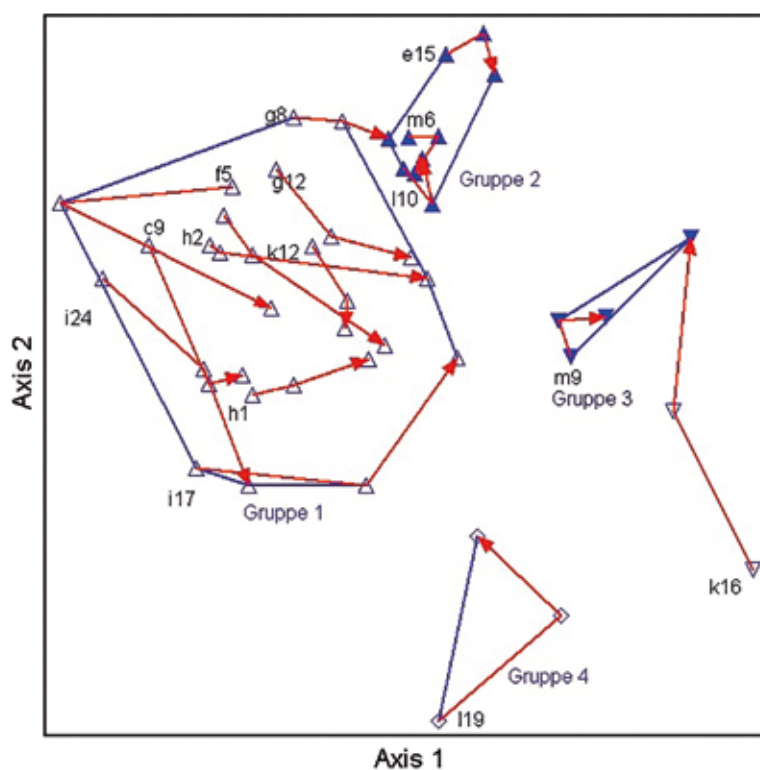
### Feltlaget i prøvefladerne

De permanente prøveflader, som i 1981 blev udlagt, dækker også den heterogenitet, som feltlaget i mosen nu (2021) udviser. Det viser NMS-analysen, der blev gennemført på det totale materiale (i alt 16 prøveflader x 3 år = 48 plots og 119 arter). På en enkelt prøveflade (f5) var tørveмосregistreringerne fra 2001 bortkommet. Her lod vi gennemsnittet af tørveмосarternes frekvens i 1981 og 2021 repræsentere deres frekvens i 2001.

Pilene i ordinationsgrafen viser, hvor meget og i hvilken retning den enkelte prøveflade flytter sig i ordinationsrummet i løbet af de 40 år (Figur 4). Det kan tages som et mål for ændringerne over tid på den enkelte prøveflade. Determinationskoefficienten mellem punkternes placering i det oprindelige 119-dimensionale rum og det todimensionale ordinationsrum, som den afbildede ordinationsgraf udgør, er 0,832. Det kan tolkes som, at ordinationsgrafen "forklarer" 83,2% af variationen i det oprindelige rum.

Resultatet af clusteranalyse udført under anvendelse af Sørensens similaritetsindeks og UPGMA (McCune & Mefford 1999) viser, at de 48 plots falder i fire grupper (vist som polygoner i Figur 4). Gruppe 1 omfatter 29 plots, Gruppe 2 10 plots. De to små grupper, 3 og 4, indeholder hhv. 4 og 3 plots.

Prøveflade m9 (i Gruppe 3) ligger i udgangssituationen langt fra de to største grupper og udvikler sig ikke i en bestemt retning. Prøvefladerne l19 (i Gruppe 4) og k16 har også udgangspunkter, der ligger langt fra de to største grupper. k16 skiftede mellem 2001 og 2021 plads i ordinationsgrafen og nærmede sig m9.



**Figur 4.** Ordinationsgraf med samtlige 16 prøveflader, hver med 3 registreringer (i alt 48 punkter). Grafen er roteret, således at akse 1 er parallel med tiden.  
*Ordination diagram indicating all 16 plots, each plot examined 3 times (a total of 48 points). The diagram is rotated so that axis 1 is parallel to the time parameter.*

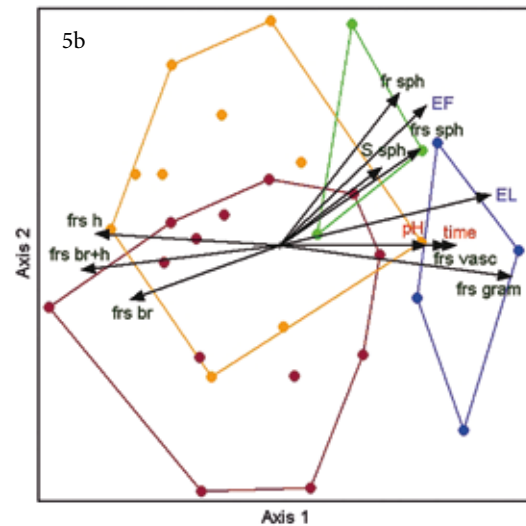
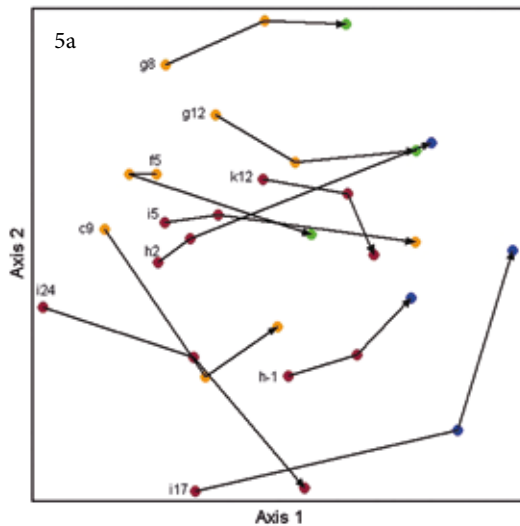
I prøvefladerne e15, l10 og m6 (Gruppe 2) er ændringerne små, og de sker ikke i en bestemt retning. Prøvefladerne i Gruppe 2 adskiller sig allerede ved den første undersøgelse i 1980'erne tydeligt fra prøvefladerne i Gruppe 1, selv om alle prøveflader i begge disse grupper på det tidspunkt var trædækkede.

I Gruppe 1 er det tydeligt, at der er sket en udvikling i samme retning (i grafen fra

venstre mod højre, overvejende langs akse 1). Der sker altså en nogenlunde parallel udvikling i feltlaget på de pågældende prøveflader. En enkelt prøveflade (g8) skiftede dog plads fra Gruppe 1 til Gruppe 2 mellem 2001 og 2021.

For nærmere at undersøge, hvilke ændringer der var sket i de 10 prøveflader i Gruppe 1, udførte vi en ny NMS-analyse, hvor prøvefladerne i Gruppe 2, 3 og 4 (m6,





**Figur 5.** Ordinationsgraf med de 10 prøveflader i Gruppe 1, hver med 3 registreringer, i alt 30 punkter. Signaturernes farve viser artssammensætningen i kronelaget i prøvefladerne: de mørklilla er domineret af Rød-Gran, de grønne af birk, i de gule er der en blanding af Rød-Gran og birk, og de blå er overvejende uden træer. Grafen er roteret, således at akse 1 er parallel med tiden. I Figur 5a forbinder pilene den samme prøveflade på 3 forskellige tidspunkter. Figur 5b viser faktorer, der er signifikant ( $p < 0,05$ ) korreleret med de to akser.

Ordination diagram indicating the 10 plots in Group 1, each examined 3 times (a total of 30 points). Colours indicate tree canopy species composition of the plots: dark purple predominantly *Picea abies*, green predominantly *Betula* sp., yellow a mixture of those, blue indicates treelessness. The diagram is rotated so that axis 1 is parallel to the time parameter. In Figure 5a arrows connect 3 different registrations made in the same plot. Figure 5b indicates factors that are significantly ( $p < 0,05$ ) correlated with the two axes.

110, e15, m9, k16 og l19) blev udeladt. I denne NMS-ordination indgik 91 arter. Determinationskoefficienten mellem punkternes placering i det oprindelige 30-dimensionale rum og det todimensionale ordinationsrum er 0,838. Farverne i den nye graf (Figur 5) viser, hvilke træarter der dominerede kronelaget i prøvefladerne (vurderet ud fra feltnoter og luftfotos fra de tilsvarende perioder). Figur 5a viser, at der i de fleste prøveflader i Gruppe 1 har været tydelige ændringer både i krone- og i feltlaget.

Tabel 2 viser de arter, hvis frekvens er signifikant korreleret med akserne. De eneste arter, der er positivt korreleret med akse 1, er Blåtop og Almindelig Tørvemos (*Sphagnum palustre*). De arter, hvis frekvens er negativt korreleret med akse 1, er bladmosserne Smalbladet Plysmos (*Orthodontium lineare*) og Almindelig Firtand (*Tetraphis pellucida*), samt levermosset Stor Styltemos (*Bazzania trilobata*).

Frekvensen af Tue-Kæruld, Mose-Bølle (*Vaccinium uliginosum*), Tranebær (*Vaccinium oxycoccus*), Brodspids-Tørvemos (*Sphagnum fallax*) og Almindelig Filtmos (*Aulacomnium palustre*) er positivt korreleret med akse 2, mens frekvensen af Skov-Jomfruhår (*Polytrichum formosum*) er negativt korreleret med denne akse.

Figur 5b viser et "joint plot", hvor der kun er vist de af de beregnede diversitetsmål,

der er signifikant korreleret med akse 1 og/eller akse 2 (se Boks 2 for forklaring af forkortelserne). Frekvenssummerne af blad- og levermosser (frs br, frs h og frs br+h) falder signifikant langs akse 1, hvorimod frekvenssummerne af karplanter (frs gram og frs vasc) samt tørvemosser (frs sph) viser en tydelig stigning. Artsantal af tørvemosser (S sph) og frekvens af tørvemosarterne under ét (fr sph) i prøvefladerne er også signifikant positivt korreleret med akse 1. Sidstnævnte er desuden positivt korreleret med akse 2.

På Figur 5b ses også, at de vægtede gennemsnit af Ellenberg-værdierne for lys (EL) og fugtighed (EF), samt jordvandets pH er signifikant positivt korreleret med akse 1.

En analyse af de enkelte arters og faktorer relative udvikling med tiden ses i Tabel 3 og 4. Frekvensen af Blåtop og Tranebær, samt mosserne Almindelig Kortkapsel (*Brachythecium rutabulum*) og Rød Tørvemos (*Sphagnum divinum*) er steget, mens frekvensen af Smalbladet Plysmos, Almindelig Firtand, Almindelig Tæppemos (*Plagiothecium denticulatum*), Almindelig Nikkemoss (*Pohlia nutans*) og levermosarterne i Sækmosslægten (*Calyptogonia* spp.) under ét er faldet signifikant.

Blandt diversitetsparametrene er det overvejende frekvenssummerne, der har ændret sig signifikant: karplanterne (frs gram og

frs vasc) går frem, mens mosserne (frs br, frs h, frs br+h og frs moss) er gået tilbage. Frekvensen af tørvemosarterne under ét er steget svagt, men signifikant. De enkelte artsgrupper artsantal har ikke ændret sig signifikant. De vægtede Ellenberg-værdier (EL, EF og EN) samt pH udviser alle tydelige ændringer: pH, EL og EF er steget signifikant siden 1981, mens EN er faldet.

## DISKUSSION

Ordinationsgrafen (Figur 4) viser, at feltlaget i de lysåbne, meget våde prøveflader (m9, l19 og k16), som udgør Gruppe 3 og 4, adskiller sig markant fra feltlaget i de trædækkede prøveflader (Gruppe 1 og 2). Prøveflade l19, som er den vådeste, er domineret af Pjusket Tørvemos (*Sphagnum cuspidatum*) og Brodspids-Tørvemos, som sammen danner et tæppe mellem karplanterne. Smalbladet Kæruld (*Eriophorum angustifolium*) og Kærmysse (*Calla palustris*) vokser i den østlige del af l19, mens Blåtop præger den vestlige del.

Prøveflade k16 kan karakteriseres som et fattigkær domineret af tørvemosser (overvejende Brodspids-Tørvemos, med et stort indslag af Almindelig Tørvemos) og Hunde-Hvene (*Agrostis canina*). Lyse-Siv (*Juncus effusus*), Næb-Star (*Carex rostrata*), Kær-Dueurt (*Epilobium palustre*) og Tråd-Skebladmos (*Straminergon stramineum*) er hyppige. Der ses begyndende opvækst af Birk. Vegetationsændringer i k16

**Tabel 2.** Arter, hvis frekvens er signifikant korreleret med akserne (\*\* $p \leq 0,05$ , \* $p \leq 0,1$ ).  
Species whose frequency is significantly correlated with the axes (\*\* $p \leq 0.05$ , \* $p \leq 0.1$ ).

Akse	1		2	
Art	r	r <sup>2</sup>	r	r <sup>2</sup>
Blåtop ( <i>Molinia caerulea</i> )	0,840	0,706**	-0,463	0,214
Almindelig Tørvemos ( <i>Sphagnum palustre</i> )	0,550	0,303*	0,055	0,003
Smalbladet Plysmos ( <i>Orthodontium lineare</i> )	-0,897	0,805**	0,013	0
Stor Stylemos ( <i>Bazzania trilobata</i> )	-0,765	0,586**	0,212	0,045
Almindelig Firtand ( <i>Tetraphis pellucida</i> )	-0,704	0,496**	0,219	0,048
Tue-Kæruld ( <i>Eriophorum vaginatum</i> )	0,055	0,003	0,718	0,516**
Mose-Bølle ( <i>Vaccinium uliginosum</i> )	-0,175	0,031	0,620	0,384**
Brodspids-Tørvemos ( <i>Sphagnum fallax</i> )	0,345	0,119	0,783	0,613**
Almindelig Filtmos ( <i>Aulacomnium palustre</i> )	0,253	0,064	0,653	0,427**
Tranebær ( <i>Vaccinium oxycoccos</i> )	0,327	0,107	0,567	0,322*
Skov-Jomfruhår ( <i>Polytrichum formosum</i> )	-0,082	0,007	-0,581	0,337*

**Tabel 3.** Øverst. Arter, hvis frekvens har ændret sig signifikant med tiden (\*\* $p \leq 0,05$ , \* $p \leq 0,1$ ).

Species whose frequency has changed significantly over time (\*\* $p \leq 0.05$ , \* $p \leq 0.1$ ).

Art	r	r <sup>2</sup>
Almindelig Kortkapsel ( <i>Brachythecium rutabulum</i> )	0,868	0,754**
Blåtop ( <i>Molinia caerulea</i> )	0,775	0,601**
Tranebær ( <i>Vaccinium oxycoccos</i> )	0,748	0,559**
Rød Tørvemos ( <i>Sphagnum divinum</i> )	0,661	0,437**
Skov-Jomfruhår ( <i>Polytrichum formosum</i> )	-0,585	0,342*
Sækmos-slægten ( <i>Calypogeia</i> spp.)	-0,625	0,391**
Almindelig Firtand ( <i>Tetraphis pellucida</i> )	-0,702	0,492**
Almindelig Tæppemos ( <i>Plagiothecium denticulatum</i> )	-0,728	0,529**
Almindelig Nikkemos ( <i>Pohlia nutans</i> )	-0,745	0,556**
Smalbladet Plysmos ( <i>Orthodontium lineare</i> )	-0,902	0,814**

**Tabel 4.** Til venstre. Faktorer, der har ændret sig signifikant med tiden (\*\* $p \leq 0,05$ , \* $p \leq 0,1$ ). De vægtede gennemsnit af Ellenberg-værdier er beregnet uden Blåtop. Factors which have changed significantly over time (\*\* $p \leq 0.05$ , \* $p \leq 0.1$ ). The weighted average of Ellenberg values is calculated without *Molinia caerulea*.

Faktor	r	r <sup>2</sup>
frs gram	0,703	0,494**
frs vasc	0,679	0,461**
fr sph	0,566	0,320*
frs moss	-0,728	0,530**
frs h	-0,750	0,562**
frs br+h	-0,803	0,645**
frs br	-0,874	0,764**
EL	0,845	0,714**
EF	0,717	0,514**
EN	-0,679	0,461**
pH	0,665	0,442**

## Boks 2

frs gram	frekvenssum af graminoider	sum of frequencies of graminoids
frs vasc	frekvenssum af alle karplanter	sum of frequencies of all vascular plants
frs br	frekvenssum af bladmosser	sum of frequencies of mosses
frs h	frekvenssum af levermosser	sum of frequencies of hepatics
frs br+h	frekvenssum af blad- og levermosser	sum of frequencies of mosses and hepatics
frs sph	frekvenssum af tørvemosser	sum of frequencies of peat mosses
frs moss	frekvenssum af alle mosser	sum of frequencies of all bryophytes
fr sph	frekvens af tørvemosarterne under ét ( <i>Sphagnum</i> spp.)	frequency of peat mosses regardless of species ( <i>Sphagnum</i> spp.)
EF	vægtet gennemsnit af Ellenberg-værdierne for fugtighed	weighted averages of Ellenberg's indicator values for moisture
EL	vægtet gennemsnit af Ellenberg-værdierne for lys	weighted averages of Ellenberg's indicator values for light
EN	vægtet gennemsnit af Ellenberg-værdierne for næring	weighted averages of Ellenberg's indicator values for nutrients



siden 1989 har medført, at den i 2021 mest lignede m9, som ligger i den østlige træløse rand af mosen, laggen. Her er vegetationen rigere på karplanter end i resten af mosen. Eksempelvis er Kær-Svovlrod (*Peucedanum palustre*) og Eng-Viol (*Viola palustris*) registreret i m9, men ikke i nogen af de øvrige 15 prøveflader.

Kronelaget i de tre prøveflader i Gruppe 2 (m6, l10 og e15) har i hele perioden siden 1981 været domineret af Birk (Figur 6). Feltlaget er præget af Tue-Kæruld med et betydeligt indslag af Blåbær (*Vaccinium myrtillus*) og Mose-Bølle i m6 og l10 samt af Tranebær i e15. Hede-Cypresmos (*Hypnum jutlandicum*) og Trind Fyrremos (*Pleurozium schreberi*) er hyppige på kæruldtuerne. Mellem tuerne er der et tæppe af tørvemosser domineret af Brodspids-Tørvemos, som i m6 og l10 er ledsaget af Almindelig Tørvemos.

Prøvefladerne i Gruppe 1 (Figur 4 og 5) var i 1981 præget af Rød-Gran, som enten var stærkt dominerende (i h-1, h2, i5, k12, i17 og i24) eller blandet med Birk (i f5, g8, c9 og g12). Karakteristisk for disse prøveflader

var få arter af karplanter – med Blåbær og Blåtop som de hyppigste – mens antallet af mosarter var højt. Hede-Cypresmos samt skovmosserne Smalbladet Plysmos, Almindelig Kløvtand (*Dicranum scoparium*), Almindelig Firtand, Almindelig Hvidmos (*Leucobryum glaucum*), Stor Styltemos, og i nogle prøveflader Almindelig Nikkemos og Krybende Fingeremos (*Lepidozia reptans*), havde de højeste frekvenser. Skov-Jomfruhår forekom i en række prøveflader, men med lav frekvens med undtagelse af i24. Af tørvemosserne var Brodspids, Spraglet Tørvemos (*Sphagnum russowii*), Rød og Almindelig Tørvemos mest udbredte, men ingen af dem havde høje frekvenser.

Siden er der sket omfattende død af rødgraner på mosefladen, hvilket især afspejles i de store ændringer af feltlaget på prøvefladerne h2, i5 og i17 (Figur 7), hvor trælaget frem mod 2021 var helt eller næsten helt forsvundet. Disse prøveflader ligger i de dele af mosen, som er blevet tydeligt påvirket af vandstandsstigningen, eller på grænsen hertil. Andre steder er mange rødgraner gået ud, mens birk stadig står tilbage. Prøvefladerne f5, g8 og g12

fremstod i 2021 som birkedominerede. Feltlaget i g8 kom i 2021 til mest at ligne prøvefladerne i Gruppe 2, dog med højere frekvens af Almindelig Filtmos, mens der i f5 var meget Almindelig Kløvtand, en del Almindelig Hvidmos, samt Hede-Cypresmos og Stor Styltemos.

Alle prøveflader i Gruppe 1 på nær f5, g8 og g12 var i 2021 præget af Blåtop, som var hyppigst i i17 og h-1, efterfulgt af h2, i5 og g12 (Goldberg og Petersen 2022). Frekvensen af denne art er steget markant og signifikant siden 1980'erne (Figur 8, Tabel 3). Den tidligere observerede fremgang af Blåtop (Petersen & Mogensen 2016) er således fortsat.

Den kraftige stigning af Blåtops frekvens i de fleste af prøvefladerne forklarer, hvorfor frekvenssummerne af graminoider samt af alle karplanter (Tabel 4) er steget signifikant med tiden, idet hverken frekvensen af andre græsser eller arter af Kæruld og Siv har ændret sig signifikant.

Af andre karplanter er kun Tranebær gået signifikant frem de sidste 40 år (Tabel 3). I 2021 forekom arten i 6 af de 10 prøveflader, som havde været præget af Rød-Gran. I to af dem (g8 og g12) er den blevet mere hyppig, og i to andre (h2 og i5) har den etableret sig siden 2001. Nu findes den i 9 af de 16 prøveflader, med de højeste frekvenser i e15 (90%), g8 og l10 (55%). Tranebær er en god fugtighedsindikator. Den har en Ellenberg-værdi for fugtighed på 9, hvilket betyder, at den vokser på steder, hvor jordbunden er vandmættet.

Frekvensen af tørvemosarterne under ét har også været stigende (Tabel 4). I 2021 havde tørvemosserne en høj frekvens (75-95%) i prøvefladerne i Gruppe 1, med undtagelse af c9 og i24. I de fleste prøveflader er stigningen sket gradvis siden 1980'erne, dog er ændringerne tydeligst de sidste 20 år. Rød Tørvemos er den eneste tørvemosart, der er gået svagt, men signifikant frem i de prøveflader, som i 1980'erne var præget af Rød-Gran. I 4 ud af de 7 prøveflader,



**Figur 6.** Den birkedominerede prøveflade l10 set fra det sydvestlige hjørne (august 2021).  
*The birch-dominated plot l10 seen from the southwest corner (August 2021).*



**Figur 7.** Prøveflade i17 set fra sydøst: øverst tv. 1981, øverst th. 1991, nederst tv. 2001, nederst th. august 2021.

*Plot i17 seen from the southeast: top left 1981, top right 1991, bottom left 2001, bottom right 2021.*

hvor den forekom i 2021, er der sket ny-etablering siden 2001, men dens frekvens er stadig generelt meget lav (5-10%), højst (40%) i f5.

Frekvenssummerne af bladmosser og levermosser har været faldende (Tabel 4). Det skyldes, at en række mosarter er gået signifikant tilbage siden 1980'erne, f.eks. Smalbladet Plysmos (Figur 9, Tabel 3) og Almindelig Firtand (Tabel 3).

Frekvensen af bladmosserne Almindelig Kortkapsel, Almindelig Tæppemos (*Plagiothecium denticulatum*), Almindelig Nikkemos (*Pohlia nutans*), samt levermosarterne i Sækmosselægten (*Calypogeia* spp.) er også faldet signifikant (Tabel 3), men de er ikke signifikant korreleret med akserne i ordinationsanalysen (Tabel 2). Denne forskel kan forklares med, at disse arter kun forekommer i få prøveflader, så ændringer af deres frekvens ikke har betydning for strukturen af det floristiske datasæt som helhed. Modsætningsvis er Stor Styltemos signifikant negativt korreleret med akse 1 (Tabel 2), men dens frekvens er ikke faldet signifikant med tiden (Tabel 3).

Almindelig Kortkapsel har en bred amplitude i forhold til lys og fugtighed. Den er registreret i få træbevoksede prøveflader, hvor den er gået svagt frem. De andre ovenfor nævnte mosarter er knyttet til skov, hvor de vokser på humusrig jord eller delvis nedbrudt organisk materiale. Deres tilbagegang hænger sammen med, at dette substrat er blevet overvokset af tørvmosser og Blåtop. Også Smalbladet plysmos er af samme årsag gået tilbage i feltlaget, men vokser stadig nederst på stammerne af gamle birketræer i de samme prøveflader.

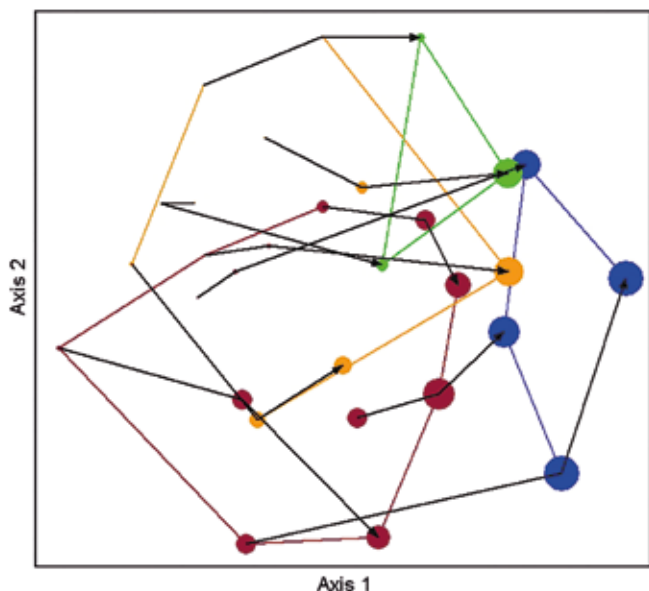
Den signifikante stigning af den vægtede Ellenberg-værdi for fugtighed (EF) fra 1980'erne til 2021 (Tabel 4) indikerer, at Maglemose i sin helhed er blevet vådere. Gennemsnitsværdien af EF i de 10 prøveflader i Gruppe 1, som tidligere var præget af Rød-Gran, er steget fra 5,9 i 1980'erne til 6,7 i 2021. De største ændringer (med 2 enheder) er sket i h2 og i17, samt i i5, g8, g12 (med 1 enhed) og f5 (med 0,6 enheder). Den vægtede fugtighedsværdi i prøveflade h2 lå i 2021 på 7,7, hvilket indikerer, at det er en af de vådeste prøveflader på mosefladen.

Til sammenligning lå den vægtede fugtighedsværdi i prøvefladerne i19, k16 og m9 mellem 8 og 9, som indikerer våde voksesteder, ofte på vandmættede jorder. Værdien 7 er indikator for voksesteder på permanent fugtige, men ikke våde jorder (Ellenberg et al. 1992). Kun fire prøveflader, h-1, f5, c9 og i24, lå under denne værdi i 2021.

Den betydelige stigning af fugtighedsværdi i h2 og i17 passer godt med, at vandstanden er hævet i de dele af mosen, hvor disse prøveflader ligger. Der, hvor den lokale vandstand ikke er ændret drastisk, kan årsagen til den øgede fugtighed være, at der er kommet mere vand ned til feltlaget i takt med, at granerne er døde. Ikke alene bliver evapotranspirationen fra kronelaget mindre eller ligefrem nul, når granerne i trælageret forsvinder, men interceptionen af nedbør i kronelaget reduceres også (Petersen & Mogensen 2016).

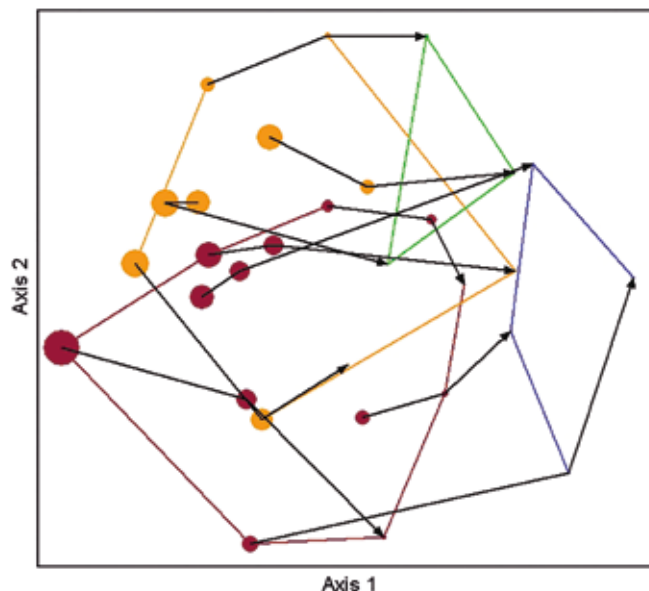
Stigningen i tørvmossernes frekvens viser da også, at der er blevet mere fugtigt i feltlaget. Da tørvmosserne er tæppe-dannende, må der være overensstemmelse mellem frekvens og dækningsgrad. En øget





**Figur 8.** Blåtøps frekvens i de 10 prøveflader i Gruppe 1, hver med 3 registreringer (i alt 30 punkter). Punkternes placering og farve er den samme som i Figur 5. Jo højere frekvens, des større cirkel. Akse 1 er parallel med tidsparameteren.

*Frequency of Molinia caerulea in the 10 plots in Group 1, each examined 3 times (a total of 30 points). The position and the colour of the points are the same as in Figure 5. The higher the frequency, the larger the circle. Axis 1 is parallel to the time parameter.*



**Figur 9.** Smalbladet Plysmos' frekvens i de 10 prøveflader i Gruppe 1, hver med 3 registreringer (i alt 30 punkter). Punkternes placering og farve er den samme som i Figur 5. Jo højere frekvens, des større cirkel. Akse 1 er parallel med tidsparameteren.

*Frequency of Orthodontium lineare in the 10 plots in Group 1, each examined 3 times (a total of 30 points). The position and the colour of the points are the same as in Figure 5. The higher the frequency, the larger the circle. Axis 1 is parallel to the time parameter.*

frekvens af tørvemosser indebærer derfor en stigning i deres dækningsgrad, som er et typisk tegn på forsurening (Olsen 1946).

Grantræernes død påvirker også lysforholdene i feltlaget. Det afspejles af den signifikante stigning af den vægtede Ellenberg-værdi for lys (EL) i perioden 1981-2021 (Tabel 4). Rød-Gran er – i modsætning til Birk – et skyggetræ. Det kan derfor forventes, at såvel en udtynding af kronelaget i sluttede granbevoksninger som bortfald af fritstående graner vil medføre, at der kommer mere lys ned til feltlaget. Fremgangen af Blåtøp må især tilskrives denne ændring, idet Blåtøp trives bedst i fuld sol, selv om den også tåler at vokse i skygge (ned til 30% af lysindstrålingen, Ellenberg et al. 1992).

Hvad angår den vægtede Ellenberg-værdi for næringsstoffer (EN), viser ordinationsanalysen (Figur 5b) et fald, som ikke er signifikant korreleret med akse 1, og korrelationsanalysen et fald, som er signifikant korreleret med tiden. Det må ellers antages, at der som følge af rødgranernes død sker en frigivelse af næringsstoffer og en mindsket konkurrence om disse. Dette kan have været medvirkende årsag til den stærkt forøgede hyppighed af Blåtøp (Petersen & Mogensen 2016).

På den anden side skulle det forhold, at tørvten er blevet vådere (EF er steget) hæmme mineraliseringen og dermed frigivelsen af næringsstoffer fra tørvten og nedbrydningen af førne og træerødder. Næringsforholdene bør belyses ved direkte målinger.

I de dele af mosen, hvor vandstanden er steget, er der også sket ændringer i vandets kemi. I 6 ud af de 10 prøveflader, som var præget af Rød-Gran i 1980'erne, er pH i jordvæsken i 30-40 cm dybde i 2021 højere end de tilsvarende værdier målt i tidligere undersøgelser (Petersen & Mogensen 2016). Den tydeligste stigning (ca. 0,5 enheder) er registreret i i17, h2 og i5. Den højeste værdi (4,4) er målt i i17. De laveste værdier (3,4-3,6) er målt i g8, c9, g12 og i24, hvor pH har været stabil gennem de sidste 40 år. Til sammenligning ligger pH i de vådeste lysåbne prøveflader k16, l19 og m9 på 4,1-4,7.

Hvor der er sket en stigning i pH, skyldes det, at overfladevand og antagelig også noget grundvand fra Maglemoses nordlige del som følge af vandstandshævningen har bredt sig mod syd gennem laggen i mosens østside og stedvis længere ind i mosen. Da jordbunden i terrænet, der omgiver Maglemose, er sandet-gruset, er pH i jordvandet i laggen dog kun lidt højere end på selve mosefladen.

## KONKLUSION

Den opstemning af udløbene fra Maglemose, som Naturstyrelsen har gennemført ad flere omgange i perioden 1986–2014, har medført hævnning af vandstanden i mosen og markante ændringer i dens vegetation. I den nordlige og sydøstlige del af mosen, hvor vandstanden er steget mest, er mange graner døde. Den vegetation, der har afløst granskoven, har karakter af fattiggær. Store dele af Maglemose, som i 1980'erne var domineret af eller havde et stort indslag af Rød-Gran i kronelaget – den vestlige, centrale og sydligste del – virker umiddelbart ret upåvirket af hævnningen af udløbene. Men også her er der sket ændringer i feltlaget, især øget hyppighed af tørvemosser og Blåtøp. De vægtede Ellenberg-værdier for fugtighed og lys indikerer, at Maglemose generelt er blevet fugtigere, og at der kommer mere lys ned til feltlaget. Hvorvidt det er de ændrede fugtighedsforhold eller de ændrede lysforhold, eller en kombination af disse, der er vigtigst, er vanskeligt at afgøre. De ændringer, der er sket af pH, er generelt små, og kun lidt større, hvor der lokalt strømmer overfladevand eller grundvand til. Om ændringer i næringsforholdene kan intet sikkert konkluderes på grundlag af de foreliggende observationer.

Der vil med tiden muligvis ske en fortsat udvikling mod en ombrogen, mere lysåben



mosevegetation, men det vil være en langsom proces og afhænge af de hydrologiske forhold. Et sandsynligt scenarie er, at klimaændringerne i fremtiden vil betyde mere nedbør på årsbasis. Dette kan forårsage en hævnning af grundvandsspejlet i Maglemoses omgivelser og medføre, at der siver eller strømmer mere soligent vand til mosen. I så fald vil vegetationen i en endnu større del af mosen udvikle sig i retning af et fattigkær. For de dele af Maglemose, der forbliver overvejende ombrogene, vil mere nedbør betyde forøget tørvedannelse. Det er imidlertid uvist, hvilken effekt tørkeperioder, som er blevet mere almindelige i de senere år, vil have på vegetationsudviklingen.

Udover hydrologien er der flere andre faktorer, der spiller en rolle for mosens vegetation. Da Maglemose er helt omgivet af skov, vil der til stadighed tilføres frø af skovtræer i tilgift til de frø, der produceres af træer, der allerede vokser på mosen. Tidligere var Maglemose omgivet af bøgeskov, men har nu i mange år været omgivet af tætte plantede bevoksninger af Rød-Gran. Disse er under afvikling, og erstattes bl.a. af Stilk-Eg, som imidlertid næppe vil kunne etablere sig på mosen i større omfang. Et mindre areal ud for mosens nordlige del er tilplantet med Hybrid-Lærk, som har spredt sig ud på mosefladen, foreløbig kun som enkelttræer. De ser imidlertid ud til at trives. Nogle steder rundt om mosen har bevoksninger af Birk etableret sig, hvor der er opsat vildthejn. Hidtil har hjortevildtets græsning holdt opvækst af birk på selve mosefladen nede (Petersen 1995, 2014). Måske vil birk kunne vokse op i den vådeste del af mosen.

## TAK

Tak først og fremmest til Nationalpark Kongernes Nordsjælland for den bevilling, som har muliggjort feltarbejdet. Tak også til Jan Larsen, som har assisteret Irina Goldberg ved feltarbejdet, og til laboratoriet ved Sektion for Terrestrisk Økologi, Biologisk Institut, Københavns Universitet,

hvor vi lavede pH-målingerne. Tak også til fagbedømmere for deres væsentlige kommentarer til manuskriptet.

## CITERET LITTERATUR

- Ellenberg H et al. (1992) Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scripta Geobot.* 18: 1–258.
- Fredshavn J et al. (2019) Overvågning af terrestriske naturtyper. TA N01, vers. 4. Fagdatacenter for biodiversitet og terrestrisk natur, DCE, Aarhus Universitet.
- Goldberg I & Petersen PM (2022) Maglemose i Gribskov 2021: Vegetationsudviklingen gennem 40 år. Rapport til Nationalpark Kongernes Nordsjælland. [https://nationalparkkongernesnordsjaelland.dk/media/jomlvltj/webtilg\\_maglemose-i-gribskov-2021-vegetationsundersoegelse-gennem-40-aar.pdf](https://nationalparkkongernesnordsjaelland.dk/media/jomlvltj/webtilg_maglemose-i-gribskov-2021-vegetationsundersoegelse-gennem-40-aar.pdf)
- Hill MO et al. (1999) Ellenberg's indicator values for British plants. *ECOFACT*, vol. 2, technical annex. Institute of Terrestrial Ecology, Huntingdon.
- Hill MO et al. (2007) BRYOATT – attributes of British and Irish Mosses, Liverworts and Hornworts. NERC, Centre for Ecology and Hydrology and Countryside Council for Wales.
- Jessen K (1920) Moseundersøgelser i det nordlige Sjælland. C.A. Rietzel, København.
- Mather PM (1976) *Computational methods of multivariate analysis in physical geography*. London & New York, John Wiley.
- McCune B & Mefford MJ (1999) *PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data*, vers. 4. MjM Software Design, Gleneden Beach, Oregon, USA.
- Nygaard B et al. (2009) Danske plante-samfund i moser og enge – vegetation, økologi, sårbarhed og beskyttelse. Faglig rapport fra DMU nr. 728. DMU, Aarhus Universitet.
- Odgaard B (2017) Bøgen – oprindelig eller spredt med kulturlandskabet? *Skoven* 2: 56–59.
- Olsen C (1920) Maglemose i Grib Skov. Mosvegetationen. *Bot. Tidsskr.* 37: 23–47.
- Petersen HE (1917) Maglemose i Grib Skov. Statistiske meddelelser om chamaetofyt- og hemikryptofytvegetationens udvikling på den særligt til undersøgelse udvalgte del af Maglemose. *Bot. Tidsskr.* 36: 81–119.
- Petersen PM (1980) Changes of the vascular plant flora and vegetation in a protected Danish mire, Maglemose, 1913 – 1979. *Bot. Tidsskr.* 75: 77–88.
- Petersen PM (1995) Dåvildtets indflydelse på vegetationen i Maglemose i Grib Skov. *Urt* 19 (4): 107–112.
- Petersen PM (2014) Maglemose i Grib Skov: Trælagers udvikling med hovedvægt på perioden 1982–2002. *Flora og Fauna* 120: 15–25.
- Petersen PM & Mogensen GS (2016) Maglemose i Grib Skov. Vegetationsudviklingen 1981–2001: dværgbuske, urter og mosser. *Flora og Fauna* 122: 91–100.
- Rune F (1997) Decline of mires in four Danish state forests during the 19th and 20th century. *The Research Series*, nr. 21, KVL Forskningscentret for Skov og Landskab, Hørsholm.
- Rune F (2009) *Gribskov*, bd. 2. Forlaget ”Esrum Sø” v. Niels Richter-Friis.