UDGIVET AF
Jydsk Naturhistorisk Forening

121 ÅRGANG, HÆFTE 3+4
Aarhus, November 2015

FLORA & FAUNA

TEMANUMMER OM HEDEN

Temanummer om heden

Dette særnummer om de danske heder udgives som en opfølgning på den 13. Europæiske Heathland Workshop, der fandt sted i Danmark i juni 2013. European Heathland Network er et netværk af forskere, forvaltere og praktikere, der beskæftiger sig med forskning, forvaltning og pleje af heder. Hvert andet år afholdes en workshop med deltagere fra de europæiske lande, hvor nyeste forskning og erfaringer fra den praktiske hedepleje demonstreres og diskuteres. Tak til Aage V Jensen Naturfond og 15. Juni Fonden, der har støttet udarbejdelse og udgivelse af dette særnummer.

15. Juni Fonden

AAGE V. JENSENS FOND

Hedelyng *Calluna vulgaris.*
Foto: Torben Ebbensgaard

Indhold 121(3 & 4)

ARTIKLER

Buttenschøn & Schmidt: De danske hedetyper; deres udbredelse og tilstand..... 75

Odgaard: Lyngheden som naturtype er trængt i Danmark..... 79

Schmidt et mfl.: Naturlige processer på heden-Nørholm Hede..... 83

Buttenschøn og Buttenschøn: Kvæggræsning som hedepleje..... 95

Schmidt: Næringsstoffer på heden – kan hedeplejen håndtere det? 109

Buttenschøn mfl.: Invasive arter på hederne 121

Kappel Schmidt & Ransijn: Klimaændringer vil påvirke hedens udbredelse 131

Nash & Andersen: *Maculinea*-sommerfugle og stikmyrer på danske heder – coevolution i tid og rum 137

Søchting: De jordboende laver- en tribut til dr. Olaf Galløe..... 147

Søchting & Degn: Stor tilbagegang i lavers diversitet og hyppighed på to danske heder med og uden pleje 153

BOGANMELDELSER

Byens grønne struktur. natur og miljø i Bylandskabet af Petersen mfl.....105

Danmarks Bredtæger, Randtæger og Ildtæger af Nielsen & Skipper.....106

Europas Vadefugle af Lars Gejl..... 120

Vulkaner. Varme hilsner fra Jordens indre. af Paul Martin Holm 146

Ulv! af Niels Hein.....159

Danske strandsten - en guide af Troels V. Østergaard 160

LEDER.....161

FORENINGSMEDDELELSER..... 108+130

De danske hedetyper - deres udbredelse og tilstand

Rita Merete Buttenschøn[1] og Inger Kappel Schmidt[1]

Hederne udgør en stor og vigtig del af de lysåbne naturområder i Danmark og store dele af det vestlige Europa. I 1850 udgjorde hederne knap 40 % af Jyllands areal (Figur 1), men den andel var i 1965 faldet til 3,4 % (Levin m.fl. 2008). Faldet kan tilskrives den systematiske opdyrkning og tilplantning, der bl.a. skulle hindre den sandflugt, der startede i slutningen af 1700-tallet. Især efter 1880 og dannelsen af Hedeselskabet blev der anlagt en lang række stats- og klitplantager og skovarealet i Jylland steg fra 2,3 % i 1860 til10 % af det samlede landareal (Mortensen 1953; Nielsen 1953; Figur 1).

Der har været fokus på de danske heders landskabelige og kulturhistoriske værdier langt tilbage i tiden, hvilket tidlige fredninger og statslige opkøb, malerier med udstrakte heder og H.C. Andersens digt fra 1859 (i "Jylland Mellem tvende have") om heden, der var under hastig opdyrkning og tilplantning, vidner om.

"Heden, ja, man tror det næppe,
men kom selv, bese den lidt.
Lyngen er et pragtfuldt tæppe,
Blomster myldre milevidt.
Skynd dig, kom! om føje år
Heden som en kornmark står"

De første fredninger på bl.a. Borris Hede i 1906 og af Nørholm Hede i 1913 fandt sted, før den første lov om fredning blev vedtaget i 1917. Trods en stor indsats med fredninger og statslige opkøb skete der en fortsat reduktion af hederne. I 1984 blev heder på 5 ha og derover beskyttet (§ 43 i naturfredningsloven). Med naturbeskyttelsesloven fra 1992 blev beskyttelsen (§ 3) udvidet til at omfatte heder på ¼ ha og derover. I 2006 blev det samlede areal af beskyttede heder opgjort til 84.455 ha. Heraf er ca. 40 % statsejet og af det resterende privatejede areal er ca. 20 % omfattet af fredning. Hederne er fordelt på ca. 12.000 lokaliteter, hvoraf 61 % er mindre end 2 ha. Omkring 30 % af det samlede areal er fordelt på heder på under 10 ha (http://naturstyrelsen.dk/naturbeskyttelse/national-naturbeskyttelse/beskyttede-naturtyper-3/arealopgoerelse/). Nygaard et al (2012) angiver efter den seneste revision af § 3 det samlede areal af heder til 84.635 ha med 49 % i Natura 2000 områder.

Hederne findes dels som klitheder langs kysten og på indsander og dels som indlandsheder, der er udviklet på sure, næringsfattige jorder efter skovrydning og udpining af jordbunden. De § 3 beskyttede heder omfatter naturtyper domineret af dværgbuske, primært hedelyng, revling og tyttebær samt græsheder domineret af græsser som blåtop eller bølget bunke, der tydeligt har udviklet sig fra dværgbuskheder. Der er flydende overgange mellem hede- og overdrevstyper, hvor heder typisk forekommer ved pH på 3 til 5, mens overdrev forekommer ved pH fra 4 til 8. I praksis adskilles overdrev og hede ud fra den relative forekomst af urter og dværgbuske, hvor heden domineres af dværgbuske og overdrevet af urter, særligt græsser (Ejrnæs og Buttenschøn 2011). Driftspåvirkninger som f.eks. græsning ændrer hedens dværgbuskdominerede samfund mod mere urterige overdrevssamfund, som bl.a. beskrevet i artiklen om kvæggræsning side 95 .

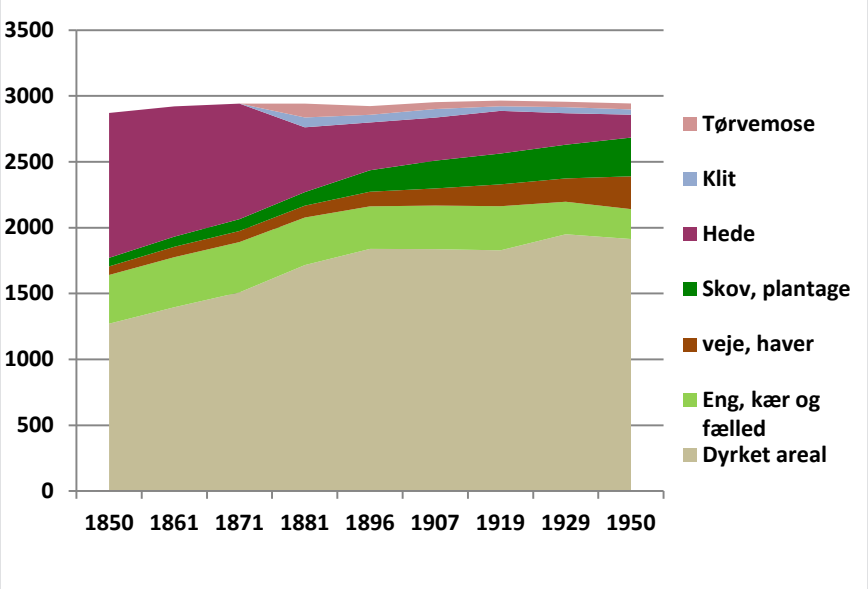
Klithede (kystklitter med dværgbusksamfund, habitattype 2140) er med et samlet areal på 23.800 ha, den mest udbredte hedetype i Danmark. Det danske klithedeareal udgør en væsentlig del af den samlede klithede, der findes langs Nordsøen (i den Atlantiske region). Der er en gradvis overgang fra klitheder til de tørre indlandsheder, hvor tør dværgbuskhede (habitattype 4030), som findes på 20.000 ha, er den mest udbredte type. Tør dværgbuskhede, findes ofte i en mosaik med våde dværgbusksamfund med klokkelyng (habitattype 4010), der findes på 7.200 ha. På indlandsklitterne, der er dannet af flyvesand, er revling-indlandsklit (habitattype 2320) den mest udbredte type med en samlet forekomst på 5.600 ha (Nielsen et al. 2012).

I det historiske landbrug var heden og dens planter en integreret del af hedebondens subsistensgrundlag. Den store udbredelse af lynghederne, der i 1600-tallet dækkede størstedelen af Midt- og Vestjylland, var et direkte resultat af den landbrugsmæssige udnyttelse. Selvom hedebondens landbrug kan betragtes som en vellykket tilpasning til et ekstremt naturgrundlag, så medførte lyngdannelsen også en økologisk forarmning med podsolering og al-dannelse (Fritzbøger 1998). Den landbrugsmæssige udnyttelse af lyngheden førte sammen med klimaændringer ligeledes til sand- og muldflugt og en yderligere forarmning.

Conservation status and management
Over-exploitation by man during centuries created a cultural landscape dominated by *Calluna vulgaris* especially in the western part of Denmark. From 1800-1950 most of 1 million ha was turned into agriculture or plantations with imported conifer trees. Since 1950, we have lost another 40.000 ha leaving us with about 84.000 ha or 2 % of the land area of Denmark. Despite decade-long focus on the heaths' value as habitat large parts of the dry inland heaths as well as dune-heaths are in poor nature condition. The heaths contain many different habitats of variable geo-morphogenetic origin, land-management practices and nature content in need of differing conservation management. Increasing focus is placed on conserving the heaths as dynamic ecosystems supporting lebensraum for their characteristic flora and fauna elements. Eutrophication in combination with acidification presents serious challenges towards the maintenance of the heaths. We pose the questions; can management of the heaths solve these problems? Or, may management efforts be a partial cause of the nature impoverishment we see today?

Key words: Heathland habitats, conservation status, management

[1]*Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet, Rolighedsvej 23, 1958 Frederiksberg. rmb@ign.ku.dk el. iks@ign.ku.dk*



Figur 1. Arealets benyttelse i Jylland 1850-1950 (i 1000 ha). Før 1881 var hederne ikke opdelt i hede, klit og tørvemose. Efter Nielsen (1953).
The land use in Jutland 1850-1950 (in 1000 ha). Before 1881, the heathland area was not divided in heath, dunes and peatlands.

De første fredninger af heder havde som formål at beskytte hederne mod opdyrkning og tilplantning, men også mod en fortsat overudnyttelse med f.eks. græsning, således som det fremgår af fredningen af Nørholm Hede i 1913, hvor ejeren frk. Rosenørn-Teilmann ønskede, at heden skulle "*bevares i sin naturlige Tilstand som et Billede af de store Hedeegne, der i tidligere Tid omgav Herresædet Nørholm. Den nævnte Hede maa saaledes hverken bebygges, opdyrkes til Ager eller omdannes til Skov; ej heller maa den benyttes til Kreaturgræsning eller lægges ud til Dyrehave*" (Riis-Nielsen m.fl. 2005).
Hedens afhængighed af drift eller anden forstyrrelse blev først generelt erkendt i den sidste halvdel af 1900-tallet, hvor der blev iværksat praktiske forsøg med pleje af lyngheder og etableret en del forskningsprojekter med undersøgelse af effekten af forskellige plejemetoder, bl.a. i Storbritannien, Holland og Danmark. I dag er der især fokus på undersøgelser af økosystemprocesser og betydning af klimaændringer, eutrofiering mv. samt undersøgelser af plante- og dyrearter knyttet til hedeøkosystemer.

Utilstrækkelig naturpleje angives som en af årsagerne til, at en del af klit- og indlandshederne er i en dårlig tilstand. Fravær af græsning, tilførsel af næringsstoffer fra luften, tilskudsfodring og forekomst af invasive arter angives som de vigtigste påvirkningsfaktorer i tør hede, mens der for klithede angives manglende naturlig dynamik som følge af kystbeskyttelse og fravær af græssende dyr, tilførsel af næringsstoffer fra luften samt tab af levesteder som følge af bebyggelse og forekomst af invasive arter (Nygaard et al. 2014). Nygaard et al (2012) angiver, at der er behov for græsning på 68 % af hederne. Ekstensiv græsning anbefales som plejemetode på de heder, der er i god naturtilstand, mens der anbefales græsning i kombination med slåning på heder med mindre god naturtilstand og slåning, rydning eller andre metoder på heder i dårlig tilstand. Disse plejemetoder diskuteres mere indgående i de fire første artikler i dette hæfte.

Der foreligger ikke en samlet oversigt over, hvor stor en andel af hederne, der er under periodisk eller vedvarende naturpleje. En opgørelse fra 1998 viser, at i alt ca. 6 % af det samlede hedeareal årligt blev plejet af Miljøministeriet og amterne (Buttenschøn 1998). Plejen var hovedsagelig baseret på rydning af træ- og buskopvækst og/eller græsning. 5-6 % af arealerne blev slået, mens afbrænding og tørveskrælning kun sporadisk blev anvendt. Plejeindsatsen i Europa er øget væsentligt i løbet af det seneste årti som opfølgning på implementering af Habitdirektivet. Det er fulgt op af monitering af hedernes tilstand. Konklusionen er, at mange af hederne er under tilgroning og vurderet i en ugunstig bevaringstilstand. (http://bd.eionet.europa.eu/activities/Reporting/Article_17/Reports_2007/index_html).

I Danmark er der flere igangværende eller afsluttede EU-Life projekter, der har genopretning og pleje af heder som naturtype og levested for karakteristiske arter som mål. Som eksempler kan nævnes; LIFE Hedeprojektet (5.655 ha), LIFE Sårbar natur langs Vestkysten (11.000 ha), LIFE Råbjerg Mose, LIFE Hulsig Hede samt LIFE-Læsø, der udover store strandengsarealer omfatter ca. 1.000 ha hede og klit. En foreløbig opgørelse fra Naturstyrelsen viser, at der på de lidt over 23.000 ha hede som forvaltes af Naturstyrelsen i 2014 var kontinuerlig pleje på ca. 2.700 ha, mens knapt 2.800 ha hede var under periodisk pleje (Naturstyrelsen, Jens Noe Hansen, pers. komm.). På militærets arealer, der omfatter 7.500 ha hede, er ca. 1.360 ha under kontinuerlig pleje med græsning og/eller slåning, ca. 2.680 er under periodisk pleje med afbrænding og de øvrige arealer under af hoc pleje med rydning m.v. (Anna Sünksen, pers. komm.). Der foreligger ikke en samlet oversigt over hedepleje i kommunalt regi.

Hederne rummer mange forskellige naturtyper med forskellig oprindelse, driftshistorie og naturindhold. For at forvalte denne mangfoldighed er der behov for forskellige plejemetoder. Hedeplejen havde i starten som primært formål at vedlige-

holde – eller genskabe – lyngdominerede dværgbuskheder, hvilket også har været målet i Habitatdirektivet. Eutrofiering og den deraf følgende forsuring af jordbunden på de mest næringsfattige og sure hedetyper (Bobbink et al. 1998, Vogels et al. 2013) er en væsentlig udfordring for bevaring af hedens biodiversitet og for valg af plejemetoder.

Dette hæfte forsøger ikke at komme omkring alle aspekter af hedernes økologi og deres pleje. Således er fokus altovervejende på indlandshederne med enkelte afstikkere til klithederne. Dette afspejler meget godt forskningsfokus, som altovervejende har været på indlandshederne til trods for at Danmarks andel af de europæiske klitheder er langt højere end af indlandsheder. Ser vi på indlandshederne har hedepleje og forskning tidligere fokuseret på den høje kvælstofdeposition og medfølgende eutrofiering. Vi stiller spørgsmål ved, om hedeplejen kan håndtere denne problemstilling, eller om den er en medvirkende årsag til forarmningen af vores heder. Desuden er der internationalt såvel som i Danmark et øget fokus på at pleje hederne som dynamiske økosystemer og levesteder for deres karakteristiske flora og fauna.

I de følgende 9 artikler beskriver vi de dynamiske processer i hedeøkosystemer med og uden pleje og eksemplificerer nogle af de væsentligste påvirkningsfaktorer, som bør tages i betragtning i forvaltningen af de danske heder.

CITERET LITTERATUR

Bobbink R, Hornung M, Roelofs JGF 1998. The effects of air-borne nitrogen pollutants on species diversity in natural and semi-natural European vegetation. Journal of Ecology 86:717-738.

Buttenschøn RM 1998. Overblik over hedepleje side 22-25 I Strandberg M (red.) Hedens Kultur og Natur. Rhodos.

Ejrnæs R, Buttenschøn RM 2011. Hvordan sikrer vi græslandets og hedens biodiversitet? P. 40-44 i: Danmarks natur frem mod 2020 – om at stoppe tabet af biologisk mangfoldighed. Det grønne Kontaktudvalg.

Fritzbøger B 1998. Det åbne lands kulturhistorie ca. 1680-1980. DSR Forlag.

Levin G, Normander B 2008. Arealanvendelse i Danmark siden slutningen af 1800-tallet. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 46 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 682. http://www.dmu.dk/Pub/FR682.pdf.

Mortensen R 1953. Træplantning. I: Hedens Opdyrkning i Danmark (Red. Harald Skodshøj) : mindebog udg. ved oprettelsen af Kongenshus ; mindepark for hedens opdyrkere. Det Danske Hedeselskab.

Nielsen KE, Damgaard C, Nygaard B, Bladt J, Ejrnæs R, Bruus M 2012. 'Terrestriske naturtyper 2011 – udvikling og areal, NOVANA, Videnskabelig rapport fra DCE, nr. 35, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet', 118 s. http://dce2.au.dk/pub/SR35.pdf.

Nielsen NC 1953. Arealets benyttelse. I: Hedens Opdyrkning i Danmark (Red. Harald Skodshøj) : mindebog udg. ved oprettelsen af Kongenshus ; mindepark for hedens opdyrkere. Det Danske Hedeselskab.

Nygaard B, Levin G, Bladt J, Holbeck HB, Brøndum W, Spelth P, Ejrnæs R 2012. Analyse af behovet for græsning og høslæt på beskyttede naturarealer. Areal, biomasse og antal græsningsdyr. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 78 s. - Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 13 http://www.dmu.dk/Pub/TR13.pdf.

Nygaard B, Nielsen KE, Damgaard C, Bladt J, Ejrnæs R 2014. Fagligt grundlag for vurdering af bevaringsstatus for terrestriske naturtyper. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 142 s. - Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 118. http://dce2.au.dk/pub/SR118.pdf

Riis-Nielsen T, Schmidt IK, Frandsen B, Binding T 2005. Nørholm Hede: en langtidsundersøgelse af hedens vegetationsudvikling og tilgroning. Hørsholm. Center for Skov, Landskab og Planlægning, Københavns Universitet.(Forest & Landscape research No 35).

Vogels J, Siepel H, Webb NR 2013. Impact of changed plant stoichiometric quality on heathland fauna composition. In: Diemont WH, Heijman WJM, Siepel H, Webb NR (eds). Economy and ecology of heathlands. KNNV publishing, Zeist.

Randbøl Hede med sandklitter.
Foto: Bente Fyrstenberg Nedergaard.

Lyngheden som naturtype er trængt i Danmark

Hedens forløber – åben hedeskov som et nyt forvaltningsmål?

Bent Odgaard

Naturfredningsloven, senere Naturbeskyttelsesloven, har siden begyndelsen af 1980'erne i princippet forhindret aktive tilstandsændringer i heder, men ikke passive. Naturlig tilgroning af heder finder således løbende sted, og uden pleje kan en hede dermed vokse ud af sin §3-beskyttelse. Denne proces forløber formodentlig endnu hurtigere under eutrofiering som følge af forhøjet kvælstofnedfald (Dise m fl. 2011). Sammen med tidligere storskalaopdyrkning af heder samt tilplantning med nåletræer har tilgroning decimeret det samlede hedeareal i Danmark fra ca. 21 % i slutningen af 1700-tallet til omkring 2 % to århundreder senere (Schmidt og Riis-Nielsen 2007).

Alle erfaringer i Danmark og i vores nabolande peger på, at pleje er nødvendig for at undgå tilgroning af lyngheder og dermed understøttes tolkningen af lyngheder som afhængige af en bestemt kulturform, en del af et særligt landbrugssystem, hedelandbruget, som nu er forsvundet. Også det palæoøkologiske materiale støtter denne konklusion. De tidligste store ekspansioner af heder dokumenteret i Danmark skete således for omkring 5000 år siden, samtidig med kraftig intensivering af vegetationsafbrænding, formodentlig begrundet i behovet for vintergræsning til husdyrene (Odgaard 1985, 1994).

Men hvis det ikke kan lykkes for os at vedligeholde hele det tilbageværende lynghedeareal, kan vi da finde alternative og mindre krævende forvaltningsmål for de resterende dele, som stadig sikrer et højt naturindhold? Denne artikel undersøger om lynghedernes forløber, de naturligt åbne skove på næringsfattige jorde i Vestjylland, kan være et sådant nyt forvaltningsmål. En vurdering af hvorvidt disse skovtyper er relevante forvaltningsmål forudsætter viden om deres artsindhold, om arternes indbyrdes hyppighed, om hvilke faktorer der vedligeholdt åbenheden og generelt om økosystemets funktion.

Hedernes palæoøkologi

Vi kan følge hedernes udvikling gennem undersøgelser af pollen og kulstøv fra afbrændinger i aflejringer fra søer. Sådanne undersøgelser viser, at hedeekspansionerne skete til forskellig tid lokalt, men i sammenhæng med stigende afbrændingsintensitet (Figur 1).

Pollen og kulstøv i jordbunde bevaret under gravhøje støtter dette billede: Hederne opstod som følge af afbrænding af skov. Der var ikke noget opdyrkningsstadie imellem. Der ses også en tæt sammenhæng mellem mængden af kulstøv generelt og mængden af lyngpollen. Dette peger på, at når afbrændingsintensiteten atter aftog, så voksede hederne til, nøjagtigt som i dag. Der var selvfølgelig en sammenhæng mellem hedens udbredelse og jordbund. Således var hederne mest udbredte på de mest næringsfattige jorde, men paradoksalt nok var de store forhistoriske hedeekspansioner forsinkede på de dårligste jorde. Det hang formodentlig sammen med, at disse områder ikke var så attraktive for landbrug, og derfor blev de senere koloniserede. Hederne blev gennem forhistorisk tid hovedsagligt holdt i lyngdominerede stadier, og revling var langt mindre fremtrædende på hederne end tilfældet er i dag.

Hedens forløber – den lysåbne skov

Det var på de fattigste jorde som på senglacialt flyvesand, at der var mest hedelyng før landbruget blev indført (før 6000 år før nu). På disse steder må skoven have været meget åben. Undersøgelser i moderne økosystemer viser, at lyngen skal ha' mindst 13 % af fuldt dagslys for at blomstre (Iason and Hester 1993), og da der er masser af lyngpollen i sedimenterne fra urskovsfasen på de næringsfattige jorde, fortæller dette noget om graden af åbenhed. Estimater af åbenhed på basis af pollendata, hvor der tages hensyn til de forskellige planters produktion af pollen og pollentypernes spredningsevne, tyder da også på, at urskovene i Vestjylland havde mellem 30 og 40 % åbenhed, de mest åbne over 40 % (Nielsen et al. 2012).

Skovene før agerbruget var på den veldrænede bund domineret af lind, eg, birk og hassel med græs, lyng og urter i bundvegetationen, mens el og birk med græs og bregner dominerede på de våde jorde. Træfrie kær fandtes på de vådeste steder. Men hvad opretholdt den høje grad af åbenhed på de mere tørre jorde?

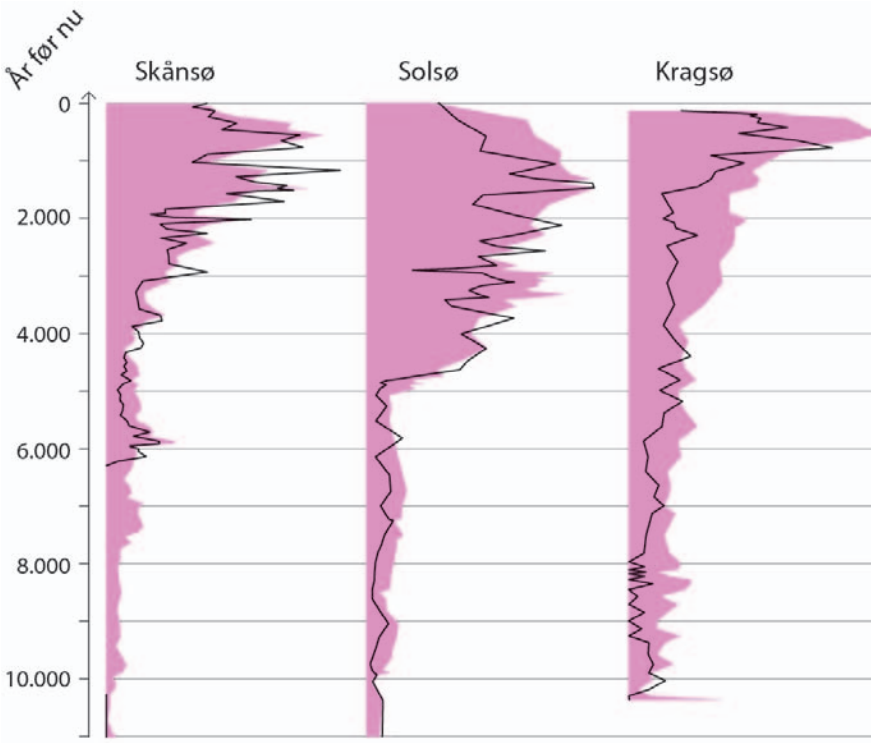
Der er en stærk sammenhæng mellem graden af åbenhed og jordens indhold af ler (Figur 2). I intervallet mellem 0 og 15 % ler er jordbundens evne til at understøtte en næringskrævende vegetation stærkt positivt korreleret med lerindholdet. Det skyldes både lerkolloidernes evne til at

Open forest as an alternative heathland management target

Many Danish heathlands suffer from natural succession into non-heathland vegetation types as a result of lack of management resources. Based on palaeoecological data the present paper suggests an alternative management target for some heathlands. Targets for managed heathlands are derived from uses in traditional and historical cultural landscapes with no counterparts today. The alternative management proposed was inspired by Mid-Holocene open heathland forest which were open to some extent because of recurrent wild-fires. The function of the wild-fires can be mimicked today by prescribed burning in smaller areas of heathlands under even strong invasion by woody plants. Management by prescribed and very local fires could be repeated in a mosaic pattern after some decades. Advantages of such a management system would be low resource requirements and the maintenance of a diversity of habitats for heathland organisms, open forest organisms and those dependent on the ecotone between the two.

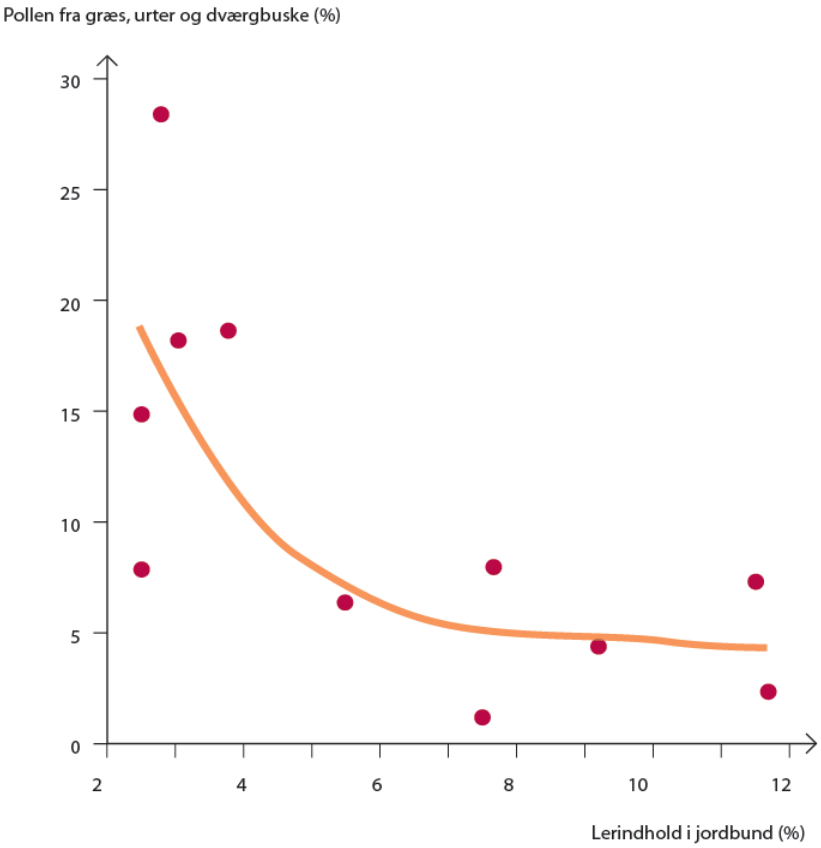
Key words: Heathland management, prescribed burning, virgin forest.

Institut for Geoscience, Aarhus Universitet, Høegh-Guldbergs Gade 2, 8000 Aarhus C, E-mail: bvo@geo.au.dk



Figur 1. Undersøgelser af aflejringer fra tre søer i Vestjylland gennem de sidste 11.000 år viser er klar sammenhæng mellem udviklingen i lyngpollenprocenter (lilla silhuet) og mængden af kulstøv fra afbrændinger (sort linie).

Studies of sediments from three lakes in western Jutland covering the last 11,000 years show a clear correlation between the abundance of pollen of heather (Calluna, lilac silhouette) and the frequency of microscopical charred particles from vegetation fires (black line).



Figur 2. For 6500 år siden (500 år før landbruget blev indført) var der en stærk sammenhæng mellem lerindholdet i jordbunden og mængden af urter og dværgbuske på skovbunden. Det afslører pollen i søaflejringer (i alt 11 søer) fra den periode.

The percentages of non-arboreal pollen in lake sediments deposited 6500 years before present (500 years before the introduction of agriculture) show a clear correlation with the clay content in the lake catchments. This reflects a more open vegetation type on nutrient-poor soils than on the richer soils.

binde kationer og de fine partiklers evne til at øge jordens vandtilbageholdelsesevne, den såkaldte markkapacitet. Planter på sandjord er stærkt udsat for tørkestress pga. sandets lave markkapacitet, og dette problem forstærkes af, at denne jordbundstype ikke indeholder tilstrækkeligt næring til, at planterne kan opbygge et udstrakt rodnet.

Der er således ingen tvivl om, at en stor del af vestjyske urskoves åbenhed direkte hang sammen med jordbundforholdene. Imidlertid har naturlige skovbrande forstærket disse forhold. I perioder med større afbrændingshyppighed (eller højere brandintensitet) var skoven endnu mere åben end ellers. Der er endog indicier på, at skoven blev så åben og ødelagt efter brand, at der forekom sandflugt og dannelse af klitter! Vi må regne med, at disse skovbrande ofte startede som lynnedslag om foråret i den tørre dværgbuskevegetation på skovbunden, ligesom det ses i den østlige del af Sydsverige i dag. Nogle gange udvikledes så en kronebrand, andre gange kun en skovbundsbrand, der effektivt gav gode forhold til regeneration af lyngen. Dette tyder på en mosaik af vegetation med steder næsten uden træer efter en nylig brand og andre steder med mere tæt skov.

Græsning af vilde dyr som urokse har været nævnt som en vigtig faktor, der skulle have skabt og vedligeholdt åbenheden i de vestjyske skove før landbruget ankom (Nielsen og Buchwald 2010). Den stærke korrelation mellem jordbund og graden af åbenhed tyder dog ikke på, at græsning har været en primær faktor, idet det ikke synes sandsynligt, at der skulle være stærkere græsning på næringsfattig jord end på næringsrig. Græssende dyr foretrækker generelt planter med højt proteinindhold, og disse trives ikke på den næringsfattige jord. Det ser således ud til, at åbenheden i de vestjyske urskove før landbrugets ankomst først og fremmest var en funktion af jordbunden, men at der var et samspil med naturlige skovbrande, som forstærkede jordbundsfaktoren.

Åben naturskov på næringsfattig bund som forvaltningsmål

En strategi for forvaltning af områder, der vokser ud af hedetilstanden pga. tilgroning, som det ses i den efterfølgende artikel om Nørholm Hede, kunne formuleres som følger.

Fase 1. Mindre områder (holme) af skoven/krattet afbrændes, primært dele der domineres af nåletræer. Ene og løvtræer søges skånet, især indigene arter som dun-birk, vorte-birk, stilk-eg, vinter-eg, spids-løn, alm. røn, hassel, småbladet lind, tørst, alm. hæg, rød-el, ask mm. Pletvis afbrænding i holme er praktisk håndterbart med få ressourcer, og realiseres i bl.a. Vestnorge og af eksperter på Skovskolen i Nødebo.
Fase 2. Arealet efterlades i f.eks. 20 år.
Fase 3. Ny afbrænding i holme, men andre områder end i fase 1. Igen søges især nåletræer afbrændt, således at der over tid sker en aftagen i hyppigheden af nåletræer, enebær undtaget.
Fase 4 og fremefter. Som faserne 2 og 3.

Disse afbrændingfaser kan være de primære plejetiltag i områderne, som selvfølgeligt skal understøttes af lovgivningsmæssige tilpasninger, så der bliver en ekstensiv plejepligt på arealer, som ikke længere er egentlig hede. Afbrændingerne kan understøttes af græsning på nogle af arealerne, men som lavøkonomisk forvaltningsform er den tilpasset arealer uden græsningsmidler. Det skal sikres, at kun en del af landets heder vil kunne vokse sig ud af hedetilstanden og ind i den åbne hedeskov.

Over tid vil sådanne åbne skove kunne udvikles til mosaikker af plantesamfund, som er i alle stadier af succession efter brand for 20, 40, 60 eller flere hundrede år siden. Hermed tilgodeses mange af de arter, som kræver tilbagevendende forstyrrelser samtidig med, at arter, der kræver større kontinuitet, kan etablere sig.

Det er naivt at forstille sig, at man kan genskabe fortidens urskov i moderne landskaber, og der vil være problemer, som man skal tage stilling til, hvis man vælger åben naturskov med afbrænding som forvaltningsmål. Potentielle problemer kan være: Under indvandring af løvtræer på hedejorde sker en ændring af jordbunden fra podzol i retning af brunjord (depodzolering, Nielsen et al. 1987). Herved ændres forholdene for bundvegetationen og det kan blive vanskeligt at fastholde visse hedearter. En modvirkning af dette kan være at afbrænde tilstrækkeligt store holme, så man fremmer egentlig hedevegetation på disse arealer. Højt nedfald af kvælstof kan føre til udvikling af uønskede vegetationstyper, som er domineret af højstaudesamfund og tæt græs. Dette kan søges modvirket ved at øge afbrændingshyppigheden.

De mest lyskrævende arter kan mangle nicher i den åbne skovtype. Disse truede arters forvaltning skal ske gennem egentlig hedepleje.

Invasive arter eller arter, der spreder sig aggressivt, kan give massive problemer, herunder f.eks. høje varianter af gyvel, glansbladet hæg, og forskellige nåletræer. Der vil i disse tilfælde skulle eksperimenteres med en plejeform, som reducerer disse problemer.

Problemet med manglende pleje af danske heder er stort, og der er behov for nytænkning. I første omgang kræves forsøg med afbrændingspraksis i holme på tilgroede heder. Hvor store skal holmene være? Hvor tit skal der afbrændes? Hvad er ressourcebehovet? Disse praksisforsøg kunne passende være en opgave for statsskovbruget.

CITERET LITTERATUR

Dise NB, Ashmore M, Belyazid S, Bleeker A, Bobbink R, de Vries W, Erisman JW, Spranger T, Steven CJ & van den Berg L 2011. Nitrogen as a threat to European terrestrial biodiversity. In: *The European Nitrogen Assessment*, (ed. Mark A. Sutton, Clare M Howard, Jan Willem Erisman, Gilles Billen, Albert Bleeker, Peringe Grennfelt, Hans van Grinsven and Bruna Grizzetti). Cambridge University Press. 463-494.

Iason GR and Hester AJ 1993. The response of heather (*Calluna vulgaris*) to shade and nutrients – the carbon-nutrient balance hypothesis. J. Ecol. 81: 75-80.

Nielsen AB og Buchwald E 2010. Urskovslandskabets åbenhed og græsningens betydning. Skoven 2/2010: 88-93.

Nielsen, AB, Giesecke, T, Teuerkauf, M, Feeser, I, Beug, HJ, Chen, S-H , Christiansen, J, Jahns, S. , Kühl, N, Latalowa, M, Odgaard, BV, Rasmussen, P, Stockholm, J & Wolthers, S 2012. Quantitative reconstructions of changes in regional openness in north-central Europe reveal new insights into old questions. Quat. Sci. Rev. 47: 131-149.

Nielsen KE, Dalsgaard K and Nørnberg P 1987. Effects on soil of oak invasion of a *Calluna* heath, Denmark. I. Morphology and chemistry. Geoderma 41: 79-95.

Odgaard B 1985. Kulturlandskabets historie i Vestjylland. Foreløbige resultater af nye pollenanalytiske undersøgelser. Antikvariske Studier 7: 48-59.

Odgaard BV 1994. The Holocene vegetation history in northern West Jutland, Denmark. Opera Botanica 123: 1-171.

Schmidt IK, Riis-Nielsen T og Nielsen BO 2007. Lynghederne. I: Vestergaard P (ed.) Naturen i Danmark: Det åbne land. Gyldendal, København: 213-246.

Borup Hede i Midtjyllan
Foto: Torben Ebbensgaard

Naturlige processer på heden- Nørholm Hede

Inger Kappel Schmidt [1], Torben Riis-Nielsen, Sebastian Kepfer-Rojas & Johannes Ransijn

Lynghederne er med få undtagelser et kulturprodukt udsprunget af århundreders menneskelig aktivitet. Hvis vi lader heden passe sig selv, starter en succession mod skov. Den naturlige succession forløber sjældent uforstyrret. Naturlige brande, storme og menneskeskabte forstyrrelser sætter økosystemer tilbage til eller fastholder heden på, et tidligere successionsstadium. Det samme gjorde hedebruget, hvor den konstante udnyttelse af heden til græsning, tørv til gødskning og opvarmning, afbrænding og dyrkning udpinte jorden og fastholdt de sandede jorde i de helt tidlige successionstadier. Det var dog kun en del af heden, der var udsat for en intensiv udnyttelse med kort rotation mellem dyrkning og braklægning, hvor lyngen igen etablerede sig. Store hedearealer blev udnyttet mere ekstensivt til græsning og i ny og næ blev der høstet tørv, og der kunne gå meget lang tid mellem forstyrrelserne (Riis-Nielsen m.fl. 1991).

Nu om dage har hedeplejen erstattet hedebrugets udnyttelse af produkter fra heden og uden hedepleje vil naturlig succession ændre heden. Succession på heden er normalt beskrevet som en retningsbestemt udskiftning af arter mod et dynamisk klimaksstadium, som beskrevet af Watt (1947). For heden har det typisk været lichenhede efterfulgt af dværgbuskhede, græshede og skov. Der kan godt være et ophold i den retningsbestemte succession, da hedelyngen kan forny sig selv i en cyklisk succession (Watt 1947; Ransijn et al. 2015). Pleje af heder fører områderne tilbage til et tidligere successionsstadium eller fastholder et bestemt trin i et successionsforløb.

Generelt har målet for hedeplejen været at fastholde heder i et stadie domineret af dværgbuske (Gilbert&Anderson, 1998). Derudover er der i hedeplejen fokus på at genskabe hede med hedelyng i forskellige livsfaser (se boks1), men i praksis plejes en hede ofte samtidig på hele arealet og med en hyppighed på måske 7-10 år, så resultatet er en ung og relativ homogen hede. Hedeplejen skaber dermed heder, som modsvarer den tidligere del af heden, der var i kort rotation, men tilgodeser ikke den store del af heden, der var mere ekstensivt udnyttet. Et nyligt review af 133 prioritetsarter på heder i England og deres habitatkrav har vist, at en del arter har komplekse krav til det omgivende miljø, fordi de ofte er knyttet til forskellige levesteder i forskellige faser af deres livscyklus (Webb et al. 2010) og dværgbuskheden er ikke det vigtigste stadium. I forhold til disse prioritetsarter ligger de vigtigste habitater i langt senere stadier end det, som har været målsætningen for den nuværende plejepraksis med undtagelse af bar jord og allertidligste succession. Spørgsmålet er, om vi skal lade dele af hederne ligge i meget lang tid for at skabe en mosaik af meget gammel hede med lang kontinuitet og begyndende tilgroning med træer og buske og forstyrrede områder, hvor f.eks. laverne knyttet til den tidlige succession har optimale betingelser, og dermed skabe ideelle betingelser for flest mulige prioritetsarter.

I Danmark har vi på Nørholm Hede nok verdens ældste undersøgelse af succession på hede. Her har successionen forløbet uden indblanding i ca 120 år efter at dyrkning og græsning af heden ophørte i 1895. Siden 1921 har successionen på heden været fulgt og vi har nu et godt billede af den naturlige succession på heden, når vi ikke blander os direkte.

Det er et enormt arbejde at modarbejde de naturlige processer, og der bruges meget store summer på slåning, fjernelse af træ- og buskvækst, afbrænding og i enkelte tilfælde tørveskrælning. Med udgangspunkt i studier af successionen på Nørholm Hede ønsker vi at undersøge den naturlige langtidssuccession fra hede mod skov med det formål at vurdere, om man med samme eller mindre indsats kan skabe mere divers hede, hvor der både er kraftigt forstyrrede områder i de tidlige succes-

Long term heathland succession - Nørholm Hede
The dry heathlands originate most often from human over-exploitation of acid sandy soils during centuries. Nowadays these cultural landscapes will develop into forests due to natural succession and their existence depends on management.
We studied the natural succession on Nørholm Hede in southwest Denmark. Nørholm Hede is a 350 ha heath that was abandoned in 1895 and left for free succession. Prior to abandonment the heathland was under traditional heathland farming for centuries. Since 1921, trees and shrubs have been counted and measured in ten surveys spanning 90 years (1921-2011). Tree and shrub densities increased exponentially over time with a doubling time of approximately10 years. Land-use history affected the rate of increase in tree densities with lower encroachment rates at previously cultivated land. After more than a century since abandonment, forest covers less than 30% of the area indicating that neither the lack of management nor the higher pH and nutrients at the former fields did strongly promote tree colonization in this site. Permanent vegetation inventory plots were also revisited in the same surveys. Dominance shifted from dwarf shrubs to grasses on about half of the plots. The other half of the plots remained dominated by dwarf shrubs, though *Empetrum nigrum* expanded at the expense of *Calluna vulgaris*. Lichen cover decreased dramatically across all plots. Grasses mainly expanded in areas where they already had a substantial presence and this initial presence was largely correlated with historical soil disturbances.
Conclusions. Grass and tree expansion occur slowly and dwarf shrub vegetation can be stable for more than 100 years, even in the absence of management. The mosaic of open woodland and mixed grass and dwarf shrub heath and developed microtopography covers most of the habitats important for endangered heathland species except the bare sand and early successional stages. It is discussed whether management should be applied less frequent allowing some tree encroachment.

Key words: Natural succession, tree colonization, doubling time, long-term survey

[1] *Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet, Rolighedsvej 23, 1958 Frederiksberg. iks@ign.ku.dk*

Figur 1. Luftfotos af Nørholm Hede 1938 og 2002. Dyrkningsspor ses tydeligt i den vestlige del af heden. I den nordlige del er der også en del forstyrrelser af jorden efter kørsel med kærrer. De stammer sandsynligvis fra før anlæggelse af grusvejen i 1770'erne. I den østlige del af heden ses en række søer, der forsvinder i begyndelsen af 1940'erne. Måske skyldes det frostsprængning af et ellers tæt allag. Heden er i de senere år igen blevet vådere og flere temporære søer er dannet.

Aerial photo of Nørholm Heath in 1938 and 2002. The western part of the heath was the so-called "in-field" which was cultivated and visible riches and furrows can be seen. To the north, the soil was also disturbed as the old road went alone the northern edge of the heath and the iron wheels cut deep tracks. In 1938, a number of temporary lakes were present to the east. They disappeared in early 1940th probably due to frost damaging the iron pan.

sionstadier og områder, hvor den naturlige succession får lov at forløbe over meget lang tid. Specielt vil vi fokusere på:

1. Hvor hurtigt indvandrer de mest almindelige træer og buske naturligt på heden
2. Hvad betyder tidligere dyrkning og dermed højere næringsniveau for stabiliteten af heden
3. Hvor stabil er dværgbuskheden uden pleje
4. Hvad betyder et øget græsningstryk fra rå- og krondyr for tilgroningen og har den naturlig græsning et niveau, så den kan bruges i hedeplejen

METODE OG MATERIALER

Nørholm Hede er en 350 ha stor hede nordøst for Varde. Den vestlige del af heden har været dyrket i århundreder og de højryggede agre er tydelige på de tidlige luftfotos (Figur 1; Riis-Nielsen m.fl. 2005; Kepfer-Rojas m.fl. 2014)). Der er ikke tegn på større forstyrrelser af jorden i den midterste og østlige del af heden baseret på gennemgang af kortmateriale siden 1760 samt luftfotos siden 1938. I 1870 stoppede dyrkningen og i 1895 blev græsningen også indstillet og heden har ligget urørt hen siden. I 1913 blev heden fredet. I 1921 udlagde Oppermann og Bornebusch (1930) et NS/ØV gående kvadratnet over heden, som hermed blev inddelt i 33 kvadratfelter, hvoraf "idealfeltet" er 400*400 m (Figur 2). Desuden blev der placeret 20 permanente 10 x 10 m felter til floristiske undersøgelser. Kvadtratnettet fungerer som optællingsenhed for trætællinger og hjørnepunkterne som fikspunkter ved udlægning af permanente floraprøveflader indtil seneste undersøgelse, hvor GPS positioner har erstattet manuel opmåling.

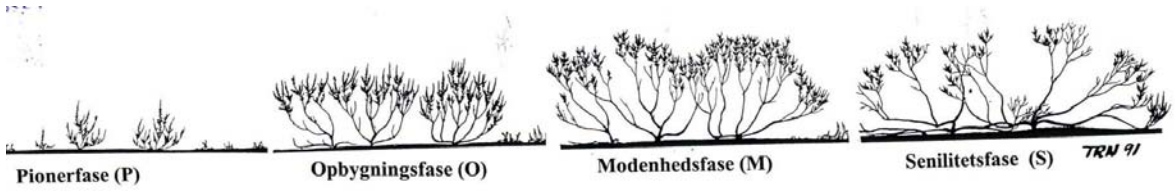
*Trætælling*er

Tilgroningen af heden er fulgt siden 1921 med totaltællinger af træer og buske i hvert kvadrat i 1921, 1926, 1931, 1937, 1942, 1949, 1959, 1974, 1995, 2011 (2009-2012 (herefter kaldet 2011 undersøgelsen) (Oppermann og Bornebusch 1930; Bornebusch 1938, 1952; Holmsgaard 1986; Løfting &Scheurer 1963; Riis-Nielsen et

BOKS 1. HEDELYNGS LIVSCYKLUS

I 1947 beskrev Watt de fire faser i hedelyngs livscyklus: pioner, opbygningsfasen, modenhed og regenerative fase, hvor hedelyng kunne forny sig selv ved cyklisk succession på lille skala. Længden af livscyklen er afhængig af jordbundens næringsindhold. Livscyklen er kort på eutrofierede heder og måske op til 40 år på meget næringsfattige jorde. Pionérstadiet er de første år med etablering og den tidlige vækstfase. Planterne er i denne regenerative fase sårbare. Kimplanterne er små og vokser langsomt og følsomme overfor udtørring og udskygning af hurtigtvoksende græsser. Har lyngplanterne først fået fat, danner de i opbygningsfasen et tæt vegetationsdække. I modenhedsfasen begynder planterne at åbne sig i toppen. Efterhånden lægger skuddene sig mere ud til siden og de centrale skud dør. Planterne er nu nået senilitetsfasen.

Watts beskrivelse af den cykliske succession er med i tekstbøgerne som en undtagelse fra den normale retningsbestemte succession og antages mere som et ophold "arrested succession" i den retningsbestemte succession.



al. 2005; Kepfer-Rojas m.fl. 2014). Ved tællingerne blev træart og højde registreret. I 1995 var antallet af træer for stort til totaltællinger og subplots blev analyseret indenfor "homogene" områder og antallet opskaleret til hele kvadratet. Metoden har siden vist sig at afvige noget fra tidligere og senere undersøgelser.

Ved sidste undersøgelse i 2011 blev der udlagt 140 permanente prøveflader med 2-6 felter tilfældigt placeret indenfor hvert kvadrat proportionalt med kvadratets størrelse. På disse prøveflader registrerede vi samtlige træer < 0.5 m i en cirkel med radius 5 m og træer > 0,5 m blev registreret i en cirkel med radius 10 m. Desuden blev højde og diameter i 1,3 m (DBH) målt for alle stammer > 3 cm DBH i 2011 i begge cirkler. I alle tidligere år er træerne registreret til højdeklasserne <0.5, 0.5-1, 1-2, 2-4, 4-6, 6-8, 8-10, >10 m. I 1921 og 1926 er der også optalt træer mellem 0,2 og 0,5 m, og i 1995 og 2011 er alle træer < 0,5 m medtaget. For yderligere oplysninger se Riis-Nielsen et al. (2005) og Kepfer-Rojas m.fl. (2014).

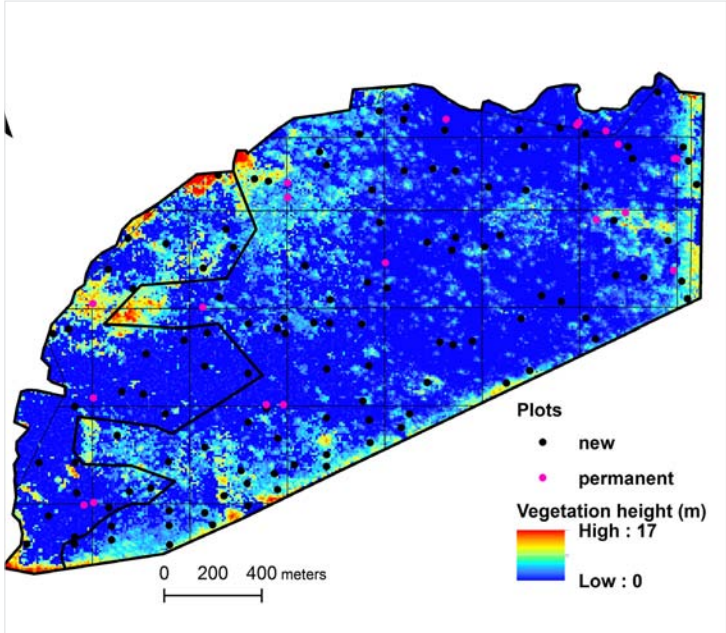
Floraanalyser

I 1921 blev der udlagt 17 (senere 20) permanente 10 x 10 m floraprøveflader til analyse af floraen (Figur 2). De blev udlagt subjektivt i forskellige vegetationstyper og i relation til antagelser om tidligere forstyrrelser. Disse 20 permanente prøveflader indgår som en del af de 140 cirkler til tælling af træer. I hver af de 20 gamle floraprøveflade blev 20 Raunkjærcirkler a 0,1 m2 analyseret. I de 120 nye prøveflader er analyseret 12 Raunkjærcirkler i cirklen med radius 5 m og lavet en total floraliste for begge cirkelstørrelser med hhv. 5 m og 10 m radius.

I hver Raunkjærcirkel blev arternes tilstedeværelse og procentvise dækning registreret. Arternes hyppighed er angivet som frekvensen i cirklerne. Den gennemsnitlige frekvens af en art blev udregnet som: $(n_i/N)*100$, hvor n_i er antallet af cirkler, hvori art i blev registreret, og N er det totale antal cirkler. Dækningsgraden er anvendt til at beskrive artens arealmæssige dominans. Den gennemsnitlige dækningsgrad for hver art blev beregnet som $(\Sigma d_i)/N$, hvor d_i er art i's dækningsgrad i 5% intervaller i de enkelte cirkler. Florafladerne er analyseret i alle 10 undersøgelser. For yderligere oplysninger se Riis-Nielsen et al. (2005); Ransijn et al. (2014).

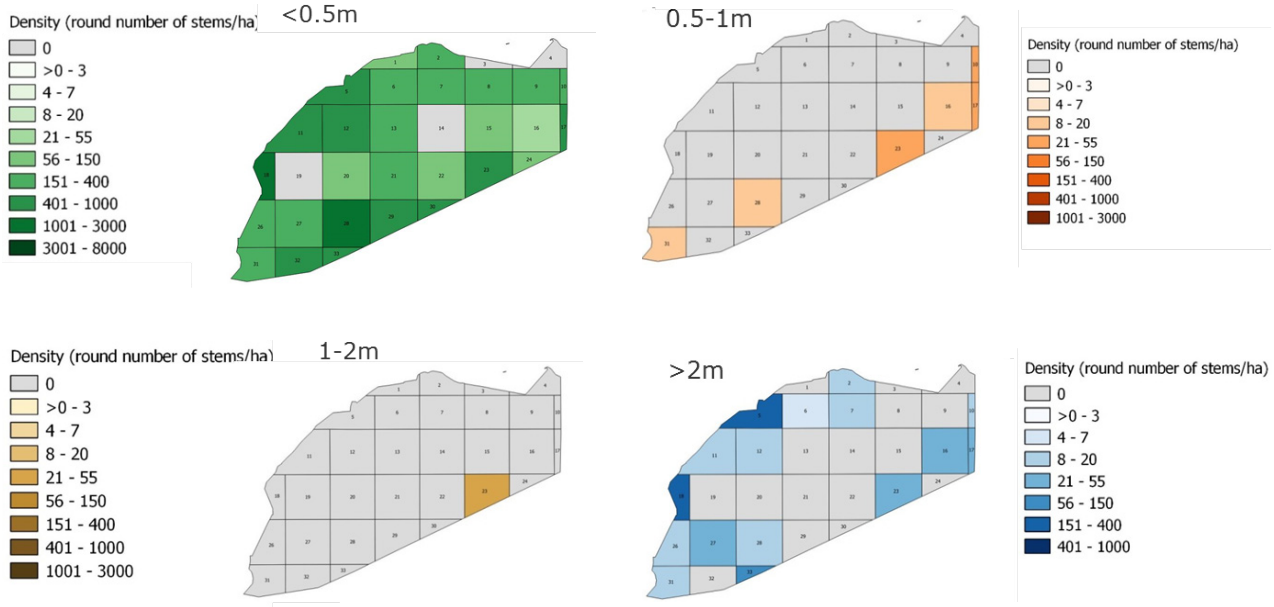
Græsningstryk

Der er ingen ældre optegnelser over vildtgræsning på Nørholm Hede, men rådyr var udryddet i Vestjylland i 1800-tallet. Rådyrene genindvandrede og det første rådyr blev skudt på Nørholm Gods i år 1900 (Hansen, 1943). I takt med den stigende tilgroning af heden kom der flere rådyr ind over heden. I 1942 regnede man med, at 9 stykker råvildt holdt til i området. I 1949 var antallet steget til ca. 25 (Bornebusch 1952), og i 1959 holdt der ca. 70 stykker råvildt til omkring heden (Løfting & Scheurer, 1963). I 2003 regnede man med at ca. 70-100 stykker råvildt græssede i området (Karl Nielsen, pers. kom.), hvor antallet nu skønnes at være 160 stk råvildt. Desuden er der krondyr på heden. Der er f.eks. observeret en rudel med 35 krondyr. Det antages, at en del af dyrene primært græsser udenfor heden. Hjortevildtets



Figur 2. Vegetationshøjden på Nørholm Hede baseret på højdeklasser fra LIDAR målinger i 2007. Den sorte linje i den vestlige del af heden afgrænser det centrale dyrknings-område (indmarken) mod vest fra den udyrkede del af heden (udmarken) mod øst. Nørholm Gods og park ligger i det nordøstlige hjørne og Nørholm Skov ligger vest for heden. Desuden er indlejret kort over kvadratnettet, der opdeler heden i 33 nummererede kvadratfelter til brug for træoptællingen. De 20 floraprøveflader er vist som pink punkter (Oppermann & Bornebusch, 1930). De sorte punkter er de nye vegetatitionsfelter. Den sorte linie mod vest afgrænser det centrale dyrkningsområde.

Map of Nørholm heathland showing vegetation classified according to height classes derived from LiDAR images acquired in 2007. Black line shows the limit of the heathland and the border between the formerly cultivated part to the west and the uncultivated part to the East. Further, Nørholm Heath was divided in quadrates 400 x 400 m in 1921, which served as the units for tree counting. The 20 small pink circles are 10 x 10 m permanent plots for assessment of the ground vegetation. In 2011 additional 120 plots were added (black circles).



Figur 4.
Den rumlige fordeling af eg i 2011 i forskellige højdeklasser (antal træer/ha).
The spatial distribution of different height classes <0.5m, 0.5-1m, 1-2m, >2m of Quercus *sp at Nørholm in 2011 (number of trees per ha). Figure by Cecilia Will*

Nørholm Hede 2011. Foto: Inger Kappel Schmidt.
Nørholm Heath 2011.

antal på heden har været skønnet ud fra observationer og skudte dyr. I de senere år har vi forsøgt at bestemme antallet af hjorte og deres effekt på trækoloniseringen med 3 forskellige metoder.

I april 2010 blev der registreret fald (ekskrementhobe) i 59 af de nyoprettede permanente prøvefelter i et forsøg på indirekte estimat af hjortegræsningen (Krestyanska 2010). Det blev forsøgt gentaget i februar 2013, men metoden blev vurderet ikke egnet.

Som et indirekte mål for græsningen og vildtets præference for specifikke arter undersøgte vi ændringer i antallet af træer for hver højdeklasse, hvor en relativ nedgang i højdeklassen 0.5 – 1 m og 1-2 m, men ikke for træer < 0.5 m eller >2 m kan være en indikation for vildtgræsning.
Endelig foretog vi direkte måling af højdetilvæksten af træer og buske < 0.5 m i hegnede og uhegnede felter. I maj 2014 etablerede vi 4 parvist hegnede og uhegnede felter i 5 områder af heden. Felterne var 2 x 2 m og blev placeret i homogen vegetation i henholdsvis birkeskov, birk og eg, dværgbuskhede, blandskov og i krat af bjergfyr. De parvise felter havde nogenlunde samme artssammensætning af små træer <0.5 m. I maj 2014 blev højden på alle træer og buske registreret og deres placering indtegnet på kort. Desuden blev dækning af alle arter og højden på den øvrige vegetation i felterne registreret. Målingerne blev gentaget september 2014 og fortsætter i 2015.

RESULTATER

Resultaterne fra den seneste undersøgelse i 2011 viser, at heden efter næsten 120 år med fri succession stadig har store partier med åben dværgbuskhede (Figur 3).

Skovsuccession i perioden 1921-2011
I 1921 var heden stort set træløs. I 1995 blev det anslået, at ca 17 % var dækket af skov og krat. Beregninger ud fra LIDAR målinger har vist, at ca 30 % af heden var dækket af en skov i succession i 2007 (Figur 2). Som det fremgår af kortet, er skoven de fleste steder lav. På nuværende tidspunkt er de antalmæssigt dominerende træer tørst (*Frangula alnus*), birk (*Betula spp.*), eg (*Quercus spp.*), bjergfyr (*Pinus mugo*), og røn (*Sorbus aucuparia*) (Tabel 1).

Ved den første analyse i 1921 var der i alt 888 træer og buske eller knap 3 per ha. Frem til 1974 har antallet af træer for de fleste arter udviklet sig omtrent eksponentielt med en fordoblingstid på omkring 10 år (Riis-Nielsen m.fl. 2005). En sammenligning af fordoblingstiden i perioden 1942 frem til 1974 med fordoblingstiden fra 1974 til 2011 viser, at en del arter overordnet set har samme eller svagt stigende fordoblingstid, f.eks. er fordoblingen af bjergfyr steget fra 11 til 15 år. Tørst, bjergfyr og bævreasp (*Populus tremula*) har højere fordoblingstid, mens specielt sen-successionsarterne bøg (*Fagus sylvaticus*) og ahorn (*Acer pseudoplatanus*) har en stor tilvækst ved den seneste måling (Tabel 2). Selv om der overordnet set er næsten samme eksponentielle tilvækst, dækker tallene over store forskydninger. Bjergfyr har næsten samme tilvækst i alle højdeklasser, hvorimod væksten i antal træer for eg, bævreasp og røn er steget lidt for de små træer < 0,5 m, men nærmest gået i stå for træer mellem 0,5 – 2

m (Figur 4). Da 1995 undersøgelsen ser ud til at overestimere antallet af træer, er det svært at sige, hvornår væksten i antallet af træer er dæmpet, men det umiddelbare indtryk igennem det seneste årti er, at tilgroningen i store dele af heden er ved at stagnere for disse løvtræer.

I den første undersøgelsesperiode frem til undersøgelsen i 1949 var tilgroningen størst på heden i det centrale dyrkningsområde mod vest (Figur 5). Det ændrede sig siden og i dag er tilgroningen langsommere på de tidligere dyrkede marker. Tilgroningen på den næsten træløse hede har været en funktion af afstanden til kanten af heden (Kepfer-Rojas 2014). Efterhånden som der er træer tæt på ethvert punkt på heden, etablerer træer med stor frøvægt, som eg og røn, sig bedre end træer med små frø og vindspredte frø fra f.eks. birk. Det skyldes primært at vindspredte frø har sværere ved at etablere sig, hvor græsser som bølget bunke (*Deschampsia flexuosa*) er dominerende. Desuden fungerer træerne som rasteplads for fugle, som hjælper med spredningen af frø og frugter.

Udviklingen i hedevegetationen fra 1921-2011
I 1922 kortlagde Mølholm Hansen vegetationen på Nørholm Hede (Hansen 1930). Store dele af heden var dækket med dværgbuske, men en del steder var der også græs. De permanente prøvefelter havde oprindeligt et dække af dværgbuske på knap 60 %, hvoraf halvdelen var hedelyng (*Calluna vulgaris*) og 25 % revling (*Empetrum nigrum*). I 2011 var der stadig 36 % dværgbuske i de permanente florafelterne (Tabel 3; Ransijn m.fl. 2015), men hovedparten var revling. Ser man på dækningen af dværgbuske på hele heden baseret på de 140 5-m cirkler, var dækningen i 2011 undersøgelsen overraskende høj. Næsten halvdelen af heden var i 2011 dækket med dværgbuske! Det skyldes bla, at der en del steder er lysåben tilgroningsskov, hvor dværgbuskene stadig udgør en betydelig del af vegetationen.

Analysen af de 20 permanente vegetationsfelter viser en divergent udvikling på den tørre hede. På de tidligere dyrkede marker, og hvor der har været kraftig påvirkning af jordprofilet pga. færdsel før 1760'erne, be-

Tabel 1. Fra 1921 til 1974 er alle træer talt. I 1995 blev der anvendt en stikprøvebaseret metode, som sandsynligvis har overestimeret antallet af træer.
The number of the most common trees and bushes on Nørholm Heath (350 ha) in each of 10 surveys. From 1921 to 1974 all trees were counted. In 1995, the heath was divided in 43 "homogeneous" areas and a small plot was sampled within each area. The 1995 survey seems to overestimate the most common species and underestimate the rare species. In 2011 we analysed 140 plots randomized within each quadrate with numbers proportional to the size of the quadrate.

	1921	1926	1931	1937	1942	1949	1959	1974	1995	2011
Frangula alnus	2	10	25	40	55	117	805	3400	50867	140445
Betula sp.	350	1282	1672	1818	2219	4141	5209	15247	114113	139763
Quercus sp.	3	117	98	670	411	412	867	4564	31470	124775
Pinus mugo	97	327	942	1946	2891	4714	10595	19888	99573	113188
Sorbus sp.	77	235	296	386	214	319	1136	2471	25050	83510
Populus tremula	*)	*)	1218	1474	1949	3729	3603	17967	20926	70085
Acer pseudop.			11	3	3	13	51	38	735	26737
Pinus sylvestris	108	59	151	215	286	370	620	657	21693	20087
Other	251	665	1108	2293	2660	4563	5488	4081	32160	19066
Picea sp	415	462	691	859	791	675	1032	1562	8116	6831
Conifer	452	926	1886	3110	4068	5870	12372	22229	133055	141505
Deciduous	436	1767	3630	5731	6611	12489	15982	45993	278735	602983
Total	888	2695	5521	8847	10688	18368	28374	68313	396587	744487

**) ikke optalt.Not counted*

står vegetationen af en blanding af dværgbuske og græsser (Fig. 6), hvorimod der overvejende er dværgbuske og halvgræsser, hvor der har været minimal påvirkning af jordprofilet (Fig. 7; se også artiklen om næringsstoffer). De temporære søer, der opstod i den østlige dele af heden i 1930'erne, har tydeligvis fremmet tilgroningen med blåtop (*Molinia caerulea*). I de seneste år er en del af disse områder igen vanddækkede.

Græsning

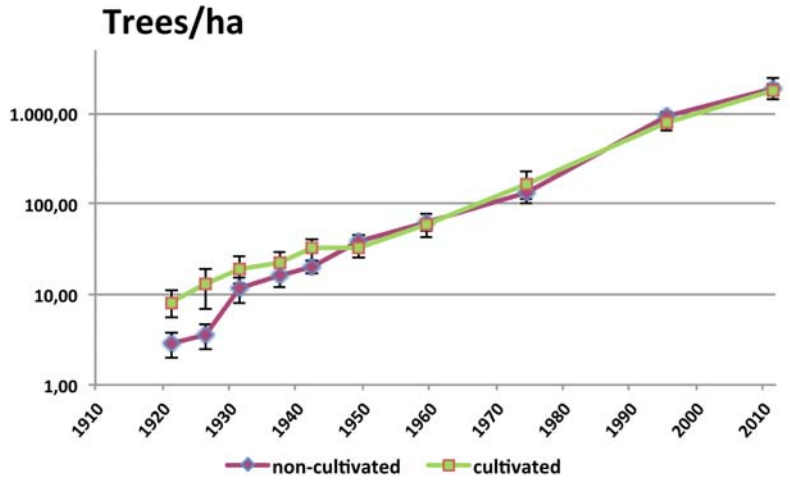
I forsøget med frahegninger af hjortevildtet fandt vi en signifikant større højdetilvækst af eg, røn og bævreasp for træer <0.5m i de hegnede felter, mens højdevæksten for birk og tørst i indhegningerne ikke afveg fra kontrolfelternes træer. Eg havde den laveste tilvækst på 4 % i kontrolfelterne mod 21 % i de hegnede felter. Det stemmer overens med ændringerne i højdeklasserne for de samme arter, hvor birk og tørst udgør 40 % af træerne < 0.5 m, men 60-70 % af træerne >2m. Omvendt udgør eg godt 20% af træerne <0.5m, men kun 2 og 1% af træerne i højdeklasserne 0.5-1m og 1-2 m, mens der er 5 % af træerne>2m, som er eg (Figur 4). Opvækst af eg i højdeklasserne 0.5-1m og 1-2m findes nu næsten kun langs den sydlige kant af heden i områder med tæt krat (Fig. 9). Direkte græsning på opvækst af nåletræerne kan kun undersøges med større indhegninger, da opvæksten er meget spredt. Højdeklassefordelingen og udviklingen over årene tyder ikke på nævneværdig græsning af nåletræerne.

Tabel 2. Fordoblingstiden for de hyppigst forekomne arter og for en sen-successionsart Acer pseudoplatanus. *The doubling time for the most common species and for one late successional species Acer pseudoplatanus.*

	1942-1974	1974-2011
Frangula alnus	5.7	9.0
Betula sp.	14.6	13.9
Quercus sp.	10.5	17.4
Pinus mugo	8.6	16.6
Sorbus sp.	10.6	13.7
Acer pseudop.	24.0	3.1
Conifer	10.3	15.2
Deciduous	11.1	14.9

Tabel 3. Dækningen (%) i de 20 permanente florafelter fra 1921-2011 samt i de 140 felter analyseret i 2011 (2011x). *The cover (%) of common species and functional groups of species in the 20 permanent vegetation plots from 1921-2011 and in the 140 5-m circles in 2011 (2011x). The cover can exceed 100 % if the vegetation is multilayered e.g. mosses under dwarf shrubs.*

Common species	**1921**	**1926**	**1931**	**1937**	**1942**	**1949**	**1959**	**1974**	**1994**	**1996**	**2011**	**2011x**
Number of permanent plots	17	19	19	19	19	19	19	20	20	20	20	140
Calluna vulgaris	30,0	30,3	20,8	23,2	37,7	8,1	13,4	20,2	4,69	6,39	5,52	8,09
Empetrum nigrum	15,0	20,5	23,0	27,7	32,8	45,9	39,6	32,2	29,4	35,8	27,6	38,2
Erica tetralix	8,51	9,40	1,11	2,79	0,31	1,19	2,40	1,58	1,37	0,88	1,13	1,05
Deschampsia flexuosa	2,08	2,19	5,79	3,50	4,75	4,78	9,43	9,60	25,86	18,18	9,20	7,79
Molinia caerulea	8,39	9,26	11,7	9,71	17,6	17,1	10,3	24,6	14,1	21,1	16,6	11,1
Functional groups												
dwarf shrub	57,5	63,8	46,3	55,3	71,3	57,2	56,1	54,5	36,5	43,8	36,1	49,4
grass	14,4	16,2	20,4	16,4	23,3	23,5	20,3	35,2	41,1	39,4	28,9	20,1
herb	1,26	1,90	1,37	1,80	1,64	2,47	0,64	1,03	5,54	1,94	8,00	2,49
lichen	21,9	16,0	12,6	10,4	0,26	9,31	7,98	2,10	0,16	0,29	0,03	1,04
moss	0,84	1,32	0,95	0,58	0,00	0,00	0,25	0,00	0,13	2,73	23,4	17,9
sedge	6,59	8,41	9,77	10,8	3,52	12,14	9,51	7,63	2,96	9,38	4,56	4,71



Figur 5. Udviklingen i antal træer og buske på Nørholm Hede fra 1921-2011 i relation til tidligere arealanvendelse. Bemærk den logaritmiske skala.
Effect of land use on temporal patterns of tree/shrub densities in Nørholm heathland from 1921–2012. Note that the Y-axis is a logarithmic scale.

Figur 6. **På de tidligere dyrkede marker bredte græsserne sig hurtigt efter at dyrkning og græsning ophørte, men i dag er der stadig en vegetation af bølget bunke, bredbladede urter og dværgbuske..**
The old fields at Nørholm have a mixed vegetation of grasses (mainly Deschampsia flexuosa*), herbs and dwarf shrubs (mainly* Empetrum nigrum*). The grasses established soon after abandonment in 1895 but has not been able to outcompete the dwarf shrubs.*

Figur 7. På den tidligere ekstensivt udnyttede del af Nørholm Hede er der stadig store flader med dværgbuskhede med spredte holme med især bjergfyr.
Part of Nørholm Heath still have intact dwarf shrub heath 120 years after abandonment with smaller patches of trees, particularly Pinus mugo.

Figur 8. Temporær sø, Nørholm Hede. Foto: Inger Kappel Schmidt.
Temporary lake at Nørholm Hede

Figur 9. Langs kanten af heden er tilgroningen langsomt ved at omdanne heden til skov. Foto: Inger Kappel Schmidt.
Along the edge of the heath, the succession from heathland to forests had progressed further.

DISKUSSION

Tilgroningen med træer og buske giver stadig plads til dværgbuskheden efter 120 i fri succession

Bjergfyr har i lang tid domineret tilgroningen sammen med birk. Bjergfyr er pionéren på de mest næringsfattige dele af den tørre hede, som kun har været ekstensivt udnyttet i hedebruget, hvorimod birk dominerer i tidligere forstyrrede områder eller områder, hvor jordbunden indeholder mere grus (Figur 6; Riis-Nielsen m. fl. 2005). Efterhånden som der dannes mindre holme med træer etablerer tørst sig i skovbunden og er nu den hyppigste art på heden. De er dog ofte små, så det er stadig bjergfyr, der dominerer kronelaget.

Ved de seneste undersøgelser har vi observeret en langsommere vækst i antallet af træer. Det vil være nærliggende at antage, at det skyldes en begyndende udtynding i de først koloniserede områder, men det er især på de åbne arealer, at tilgroningen er faldet. Det er til trods for, at der er frøplanter af de almindeligste træer indenfor kort afstand over hele heden. Vores bedste bud er, at akkumuleringen af et tykt organisk lag eller førne hæmmer spiringen af træer. På de tidligere dyrkede marker er morlaget tyndere, men til gengæld er der et tykt lag af døde græsblade og rhizomer fra bølget bunke på de tørrere partier og blåtop, hvor heden er mere våd, som effektivt hindrer spiring af træerne.

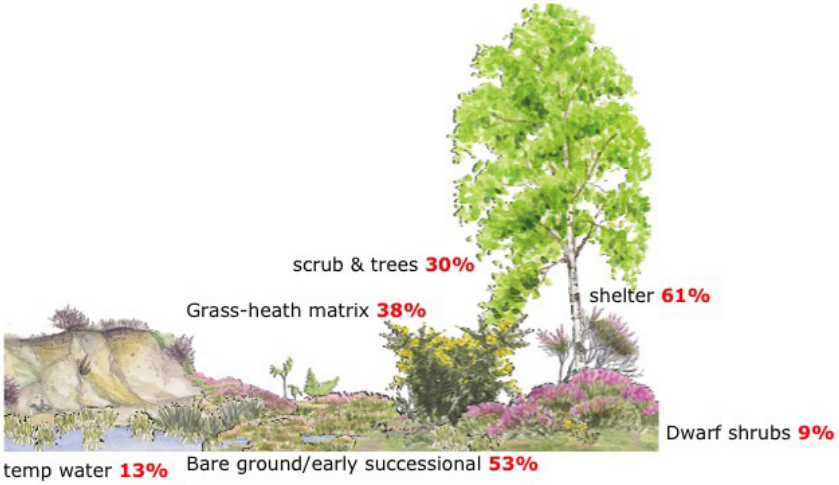
Tilgroningen med træer på Nørholm Hede understøtter ikke den gængse opfattelse af, at hyppig pleje er vigtig for hedens eksistens. De tidligere dyrkede marker får et savannepræg med enkeltstående løvtræer (Figur 6). Det samme billede er set på den tidligere urørte hede fra Bøchers plejeforsøg på Randbøl Hede. Der kan argumenteres mod, at frøpresset for 100 år siden var lavt og at tilgroningen derfor ikke kan sammenlignes med nutidens heder, der er udsat for en stor tæthed af frøkilder.

Hvor stabil er dværgbuskheden uden pleje

På Nørholm Hede har dværgbuskheden opretholdt sig selv i næsten 120 år uden pleje. Der er overraskende stadig en selvforyngende hedelyng og store dele af heden er stadig lysåben dværgbuskhede. Det er paradoksalt måske netop mangel på pleje, der har gjort heden så relativ stabil overfor tilgroning. Ved den første undersøgelse dominerede dværgbuskene og især hedelyng området, men i dag er der stadig 49 % dække af dværgbuskene. Revling udgør hovedparten af dværgbuskene i dag, så stabiliteten af heden kan et langt stykke tilskrives denne art, men det er også værd at bemærke, at der stadig er naturlig regeneration af hedelyng. Hedelyngen har øget sin andel en smule siden 1996 til trods for gentagne angreb af lyngbladbiller og data demonstrerer tydeligt foryngelse ved cyklisk succession (Watt, 1947; Riis-Nielsen m. fl. 2005). Græsser dominerer overvejende der, hvor de fandtes fra starten, dvs. hvor jordbunden har været forstyrret pga. pløjning eller kørsel med hestevogn, som skar dybe spor i den sandede jord (Ransijn m. fl. 2014; Frandsen 1997) eller hvor der i 1930'erne var temporære søer (Figur 1, 8). Det er sandsynligvis forskellige mekanismer, der er årsag til den langsommere tilgroning med træer på Nørholm Hede. Dværgbuskenes blade indeholder fenoler, der hæmmer nedbrydningen af førnen og der dannes et morlag. I førne- og morlaget er der høj immobilisering af kvælstof (Kristensen & McCarty 1999). Kolonisering med træer og buske er hæmmet af konkurrencen fra de mere specialiserede dværgbuske, der med en speciel mykorrhizatype (lyng-mykorrhiza) kan udnytte det bundne kvælstof. Desuden har en del forsøg vist, at dværgbuske og specielt fjeld-revling (*Empetrum nigrum ssp. hermaphroditum*), kan have en direkte hæmmende effekt på spiringen af andre arter (allelopati) (Nilsson & Wardle 2005). På de tidligere dyrkede marker er tilgroningen tilsvarende langsommere. Her er morlaget kun 1 cm tykt på den dyrkede del af heden mod 4.2 cm, hvor heden har ligget urørt (Van Steerteghem, 2012). Til gengæld er der et tykt lag af døde græsblade på den tidligere dyrkede hede, som gør det vanskeligt for andre arter at etablere sig (se desuden kapitlet om næringsstoffer).
I det øjeblik man begynder at pleje de gamle heder, giver man også andre arter mulighed for at etablere sig. Successionen på Nørholm viser, at hvis man med minimal forstyrrelse kan fjerne busk- og trævækst i en periode, indtil heden lukker sig, kan man lade heden ligge i mange år uden pleje.

Tidligere dyrkning og højere næringsniveau giver ikke en mere ustabil hede

Der er markant mere næringsrigt på det tidligere dyrkede område af heden. Der er ca. 4 gange så meget fosfor i jorden på de tidligere marker med ca 0.2 mgP/g jord mod 0.05 mgP/g på den uforstyrrede del af heden, selv om niveauet ikke er sammenligneligt med nutidens dyrkede marker, De første år var tilgroningen med træer signifikant højere på de tidligere marker, men fra undersøgelsen i 1942 er tilgroningen sammenlignelig (Figur 5). Vegetationsundersøgelserne viser også tydeligt, at successionen mod skov kan forløbe med og uden tilgroning med græs og at det ikke er afgørende for stabiliteten set over en 100 års periode. På de tidligere marker er der ca 60 % dværgbuske, 30 % græs og halvgræs og 10 % urter (Fig. 6; Van Steerteghem, 2012), mens det er dværgbuske og mosser, der dominerer på den udyrkede hede (Fig. 7). Vi kan derfor på baggrund af undersøgelserne konkludere, at successionen på den uforstyrrede hede går fra hedelyng mod revling og skov, hvorimod de tidligere intensivt dyrkede marker går fra hedelyng til revling og bølget bunke og derefter mod skov med næsten samme hastighed. Det er sandsynligvis et tykt lag græsførne, der hæmmer spiring og/eller etablering på de tidligere dyrkede marker mod lavt indhold af tilgængeligt næring og lavt pH på den uforstyrrede hede. Der er ikke sammenlignelige undersøgelser i Danmark eller internationalt, da andre undersøgelser dækker de første årtiers tilgroning efter forstyrrelser (pleje) og viser den større trævækst i relation til næring. Nørholm Hede er en af de heder, der har modtaget den højeste kvælstofdeposition pga. et stort husdyrhold på Nørholm Gods. Depositionen blev i 1980'erne estimeret til 25 kgN/ha/år (Riis-Nielsen m. fl. 2005). Successionen og den relative store stabilitet



Figur 10. Krav til levesteder for 133 prioriterede arter på heden i England. Prioritetsarterne er arter, der kun findes på heden eller hvor en betydelig del af forekomsten er på hede.
Habitat requirements of 133 species associated with lowland heathlands in England. The figure shows the percentage of priority species that requires specific habitats. The priority species are species found exclusively on heathland sites or for which a significant proportion of records come from heathlands. Most species are associated with several habitats as different life phases may take place in different habitats. Illustration Isabel Alonso/Natural England with permit based on data from Webb et al (2010).

kan derfor ikke forklares med, at heden er specielt kvælstoffattig.

Den divergente udvikling i relation til tidligere arealanvendelse i hedebruget er dog ikke kun relateret til tilførslen af næringsstoffer. Vi finder samme vegetationssammensætning på andre dele af den tørre hede, hvor jordbunden er forstyrret, men der ikke er tilført næringsstoffer. Det er især i det gamle kørselsområde i den nordlige del af heden.

Hjortevildtet ændrer artssammensætningen af træerne, men er kun afgørende for enkelte arter
Græsning som plejeform er dyr, da der skal etableres hegn og ofte er foderkvaliteten af vegetationen ikke særlig høj, så der kun kan græsses meget ekstensivt eller der er behov for tilskudsfoder. Dermed kan græsningen ende med at tilføre næringsstoffer i stedet for at fjerne dem. Tidligere tiders græsning med hyrde og samling af dyrene om natten er for dyr en løsning og bruges meget sjældent (se dog kapitlet om næringsstoffer og hedepleje i dette hæfte). Derfor er der i disse år andre steder i landet forsøg med udsættelse af andre græssere som bison, urokse og elg eller brug af mindre og mere robuste kvægracer og der er stigende efterspørgsel efter viden om, hvad hjortevildtet kan bidrage med. Der er dog ikke evalueret på disse tiltag hverken biologisk eller økonomisk.

Det nuværende græsningstryk fra hjortevildtet på Nørholm kan ændre artssammensætningen af træer og buske på heden og der er en signifikant negativ effekt på tilvæksten af småtræer som eg, røn og bævreasp. Derimod ser vildtgræsningen ud til at have minimal betydning for tilgroningen med nåletræer og birk. De arter, der skades mest af vildtet, svarer til rådyrenes foretrukne fødevalg (Mysterud m.fl. 1999). Ser man på antallet af træer i de forskellige højdeklasser, er det tydeligt, at en meget lavere andel af løvtræer < 0,5 m udvikler sig til voksne træer end tilfældet var tidligere. Højdeklassefordelingen og udviklingen i den over årene tyder dog ikke på nævneværdig græsning af nåletræerne. Til gengæld bliver der relativt færre og færre nåletræer i de små højdeklasser, hvilket tyder på at andre faktorer hæmmer spiring og etablering af disse. Det samme mønster ses for både gran, ædelgran, skovfyr og bjergfyr.

Konklusionen er, at hjortevildtet har nået en populationstæthed, hvor de har markant effekt på successionen, men adgangen til føde udenfor heden betyder, at græsningstrykket på nåletræerne og birk er så lavt, at deres betydning som naturplejere er minimal.

Mosaiklandskabet på Nørholm Hede som mål for hedeplejen
Den naturlige succession på Nørholm Hede har skabt et mosaiklandskab af åbne dværgbusk-, urt- og græsbevoksede områder og holme af træer, blanding af løv og nål og efterhånden også en del dødt ved. Et nyligt review af 133 prioritetsarter på heder i England og deres habitatkrav har vist, at en del arter har komplekse krav til det omgivende miljø, fordi de ofte er knyttet til forskellige levesteder i forskellige faser af deres livscyklus (Webb et al.2010). Af de 133 arter er 82 invertebrater, 21 karplanter, 10 mosser, 10 fugle, 6 krybdyr og padder og 3 lichener og 1 svamp. Undersøgelsen viser desuden, at kun ca 10 % af hedens arter er knyttet til dværgbuskene og at der er få arter, der overhovedet har behov for dværgbuskene for at gennemføre deres livscyklus. Størstedelen stiller krav om læ, eller bar jord og tidlige successionsstadier (Fig. 10). Der er ikke lavet en tilsvarende sammenstilling for danske heder, men det er velkendt at mange insekter, fugle og pattedyr ofte er afhængige af kombinationer af levesteder.

Den engelske undersøgelse peger på, at målet for hedeplejen ikke entydigt skal være at skabe en dværgbuskhede, hvis vi vil fremme biodiversiteten, men snarere genskabe et dynamisk hedelandskab med mange nicher, som vi ser det på Nørholm, hvor der

er holme af træer og buske, der giver læ, bjergfyrkrat, områder med dværgbuskhede, græs- og urterig hede, moser og temporære søer sandsynligvis skabt af et veludviklet allag på den gamle hede (Figur 1, 8). Mikrotopografien er heller ikke nævnt, men den urørte hede udvikler en varieret struktur af tuer og vådere lavninger, som man skal vandre på heden for at opleve.

Der er dog stadig behov for hedepleje. Hvad den gamle hede ikke byder på er bar jord og de allertidligste successionsstadier. De er også vigtige levesteder for især invertebrater og jordboende likener (Fig. 10)(se også Søchting og Degn, dette hæfte). Ved at kombinere målrettede rydninger eller afbrændinger af små arealer, kan man etablere områder med bar jord. En opfølgning med harvning eller græsning med store græssere kan yderligere åbne områderne op. Disse områder overlades derefter til fri succession, men gerne i et langsomt tempo. Det vil også efterfølgende kræve pleje, hvor dværgbuskheden får hjælp til at lukke sig med intensiv rydning af træopvækst med midler, der ikke forstyrrer jordbunden. Hovedparten af heden kan så være overladt til fri succession over en årrække og med længere mellemrum udsættes for den intensive pleje. Det vil opfylde nichekravet for hedens truede organismer og højne naturkvaliteten med mere vildhed, oprindelighed, kontinuitet og autensitet, som foreslået af Nygaard m. fl. (1999).

Den foreslåede pleje er i modsætning til den meget intensive pleje, der praktiseres på nogle heder, hvor store maskiner rydder vegetation og giver lyngen mulighed for at forynge sig. Problemet med plejen er, at der skabes støre homogene områder med ensaldrende hedelyng. Desuden åbner man op for koloniserende træer, så plejen skal gentages med ca 10 års mellemrum.

TAK

til 15. Juni Fonden for støtte til analyse af den naturlige græsning på heden.

CITERET LITTERATUR

Bornebusch CH 1938: Nørholm Hede. Anden beretning. Det Forstlige Forsøgsvæsen i Danmark, 15: 33-80.

Bornebusch CH 1952: Nørholm Hede. Tredje beretning. Det Forstlige Forsøgsvæsen i Danmark, 21: 1-41.

Frandsen BL 1997: Langtidssuccessionsmønstre på Nørholm Hede. Specialerapport, Økologisk Afdeling, Botanisk Institut, Københavns Universitet. 134 s.

Hansen HM 1932: Nørholm Hede, en formationistisk vegetationmonografi. Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab. Biologiske Skrifter. Naturvid. Og Mat. (9.3.3.): 99-195.

Hansen P 1943. Den store Vildtvandring mod Vest. Hvornår og ad hvilke veje raavildtet er indvandret til de jyske plantager. 221 s. Det Danske Hedeselskab.

Holmsgaard JE 1986: Nørholm Hede. 5. beretning. Det Forstlige Forsøgsvæsen i Danmark, 40: 35-66.

Kepfer RS, Schmidt IK, Ransijn J, Riis-Nielsen T & Verheyen K 2014: Distance to seed sources and land-use history affect forest development over a long-term heathland to forest succession. Journal of Vegetation Science 25(6): 1493–1503,

Kepfer-Rojas S 2014: Vegetation dynamics and community assembly in post-agricultural heathland. PhD-thesis. Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning. Københavns Universitet.

Krestyanska, M 2010. Forest succession on Nørholm heathland in relation to wildlife grazing. Specialerapport, SLU, Alnarp.

Kristensen HL & McCarty GW 1999: Mineralization and immobilization of nitrogen in heath soil under intact Calluna, after heather beetle infestation and nitrogen fertilization. Applied Soil Ecology 13: 187-198.

Løfting ECL & Scheurer E 1963: Nørholm Hede. 4. beretning. Det Forstlige Forsøgsvæsen i Danmark, 28: 35-66.

Mysterud A, Lian L-B & Hjermann DØ 1999: Scale-dependent trade-offs in foraging by European roe deer (Capreolus capreolus) during winter. Can. J. Zool. 77: 1486-1497.

Nilsson MC & Wardle DA 2005: Understory Vegetation as a Forest Ecosystem Driver: Evidence from the Northern Swedish Boreal Forest. Frontiers in Ecology and the Environment 3(8): 421-428

Nygaard B, Mark S, Baattrup-Pedersen A, Dahl K, Ejrnæs R, Fredshavn JR, Hansen J, Lawesson J, Münier B, Møller PF, Risager M, Rune F, Skriver J & Søndergaard M 1999. Naturkvalitet - kriterier og metodeudvikling. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet, 1999. 118 p. (Faglig rapport fra DMU; No. 285).

Oppermann A & Bornebusch CH 1930: Nørholm Skov og Hede. Det Forstlige Forsøgsvæsen i Danmark, 11: 257-360.

Ransijn J, Kepfer RS, Verheyen K, Riis-Nielsen T & Schmidt IK 2014: Divergent succession in an unmanaged heathland: A hint for alternative stable states. Journal of Vegetation Science.

Riis-Nielsen T, Schmidt IK, Frandsen BL & Binding T 2005: Nørholm Hede -En langtidsundersøgelse af hedens vegetationsudvikling og tilgroning. Forskningsserien. Skov&Landskab, KVL. Bog: 1-210.

Riis-Nielsen T, Søchting U, Johansson M & Nielsen P 1991: Hedeplejebogen - de danske heders historie, pleje og udforskning. Miljøministeriet, Skov- og Naturstyrelsen: 1-248.

Van Steerteghem E 2012. The relationship between former land-use, nutrient availability and heathland succession at Nørholm Hede. MSc Thesis. Gent University, Bioscience-Engineering

Watt AS 1947: Pattern and process in the plant community. Journal of Ecology 35, 1-22.

Webb JR, Drewitt AL & Measures GH 2010: Managing for species: Integrating the needs of England's priority species into habitat management. Part 1 Report. Natural England Research Reports, Number 024. http://publications.naturalengland.org.uk/file/61078

Kvæggræsning som hedepleje

Rita Merete Buttenschøn[1] og Jon Buttenschøn[1]

Græsning regnes for en velegnet plejemetode og er i dag den mest anvendte pleje på heder. I opgørelse af behov for naturpleje angiver Nygaard et al. (2012), at der er behov for græsning på 68 % af de i alt ca. 85.000 ha § 3 heder, der er registreret i Danmark. Græsning anbefales som plejemetode på de heder, der er i god naturtilstand, mens der anbefales græsning i kombination med slåning på heder med mindre god naturtilstand og slåning eller andre metoder på heder i dårlig tilstand (Nygaard et al 2012).

Nutidens græsningspleje er ofte mere ekstensiv end den historiske græsningsdrift. I det historiske hedebrug var der en koordineret og arbejdskrævende udnyttelse af høeng og hede, der bl.a. resulterede i en løbende transport af næringsstoffer bort fra heden bl.a. fordi græsning foregik med hyrde og med dyrene i fold om natten, så gødningen kunne bruges på de dyrkede marker (Gormsen 1982, Christiansen 2001). I dag forbliver hovedparten af næringsstofferne i kredsløb på heden.

Kvæg er mange steder i dag det foretrukne græsningsdyr i hedeplejen. Men hvad er effekten af deres græsning og hvad karakteriserer den hede, der udvikles? Det vil vi give nogle eksempler på fra undersøgelser foretaget i Mols Bjerge, på De Himmerlandske Heder, ved Sepstrup Sande og på Læsø. Græsningsforsøg med geder indgik i undersøgelserne på Mols, mens der ved Sepstrup Sande indgik undersøgelse af græsningseffekten fra fritstående rådyr og krondyr i forhold til kvæg.

METODER OG MATERIALER

Effekten af græsning er dels baseret på analyse af vegetationen med og uden græsning, og dels på undersøgelser af græsningsdyrenes fødevalg. Vegetationsundersøgelserne er foretaget i permanent udlagte transekter, der løber på tværs af terrænkonturer. Transekterne er inddelt i felter på 10 x 10 meter. Bundvegetationen er analyseret efter en modificeret Hult-Sernanders dækningsgradsmetode i felter på 1x1 m placeret i hjørnerne på 10 x 10 m felterne (beskrevet i Buttenschøn og Buttenschøn 1982). Træer og buske er registreret i 10 x 10 m felterne, samtidig er bid fra græssende dyr registreret efter en firtrins skala (Buttenschøn og Buttenschøn 1985). Registreringerne er foretaget årligt eller med få års mellemrum over en længere årrække på de fleste lokaliteter.

Kvæg og geders aktiviteter og anvendelse af arealerne er kortlagt ved hjælp af en række døgnundersøgelser. Deres position og aktivitet er registreret med GPS-udstyr. Fødepræferencer er undersøgt gennem registreringer i faste felter af grad af afbidning af plantearter/-undersamfund. Analyse af næringsindhold er foretaget på prøver af udvalgte arter, udtaget således at prøven svarer til den del af planten, som kvæg æder. Prøverne er analyseret for indhold af tørstof, råprotein, mineraler og foderenheder efter standard metoder hos Eurofins. Hjortevildtets fødevalg og aktivitetsmønster er kortlagt ved hjælp af indirekte metoder med tælling af fald (ekskrementhobe), dyreveksler og sølepladser samt registrering af bid på vedplanter og bundvegetation (Buttenschøn et al. 2009). Følgende fem lokaliteter indgår i undersøgelsen:

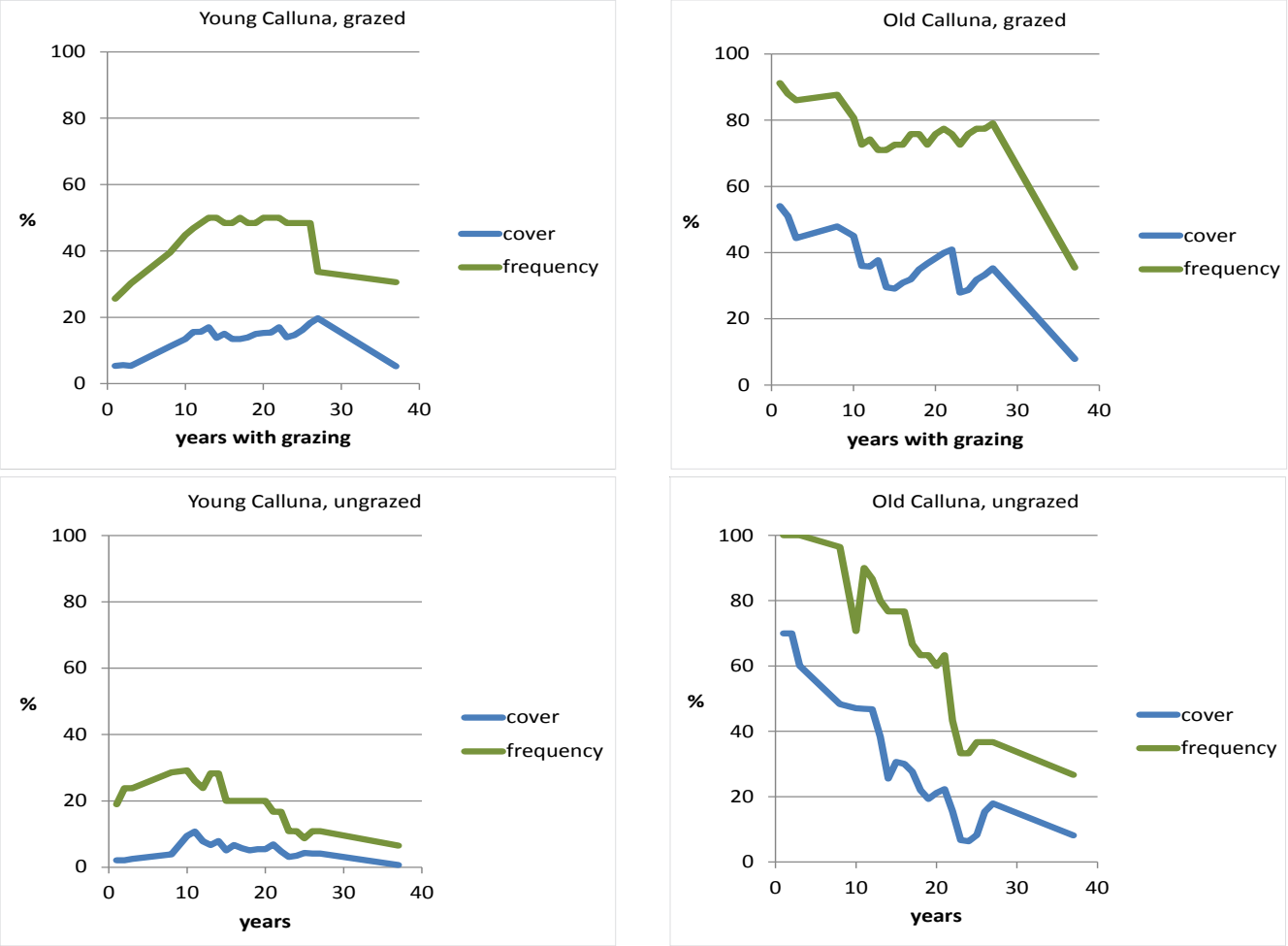
1. Buelund, Mols. Forsøgsarealet på 7 ha bestod ved forsøgets start i 1975 dels af en flade med yngre lyng (*Calluna vulgaris*) og dels af et kuperet område med ældre lynghede under tilgroning med bølget bunke (*Deschampsia flexuosa*). Vegetationsanalyser er foretaget årligt i 124 felter fra 1975 til 2000 samt i 2010. Græsningen foregår i sommerhalvåret med gallowaykvæg. Græsningstrykket var ca. 0,4 SK/ha i årene 1975-1998. (SK = storkreatur, svarende til 1 voksen ko). I 1999 blev græsningstrykket reduceret til ca. 0,2 SK/ha og græsningen mere uregelmæssig med flere korte græsningsperioder i løbet af sæsonen.

2. Trehøje, Mols. Forsøgsarealet på ca. 40 ha var domineret af en tæt bevoksning med bølget bunke med et tykt førnelag

Long-term effect of cattle grazing on heathland vegetation
Husbandry grazing is considered to be a suitable method for heathland management and is the most common used method in Denmark. Cattle is often the preferred grazing animal, but there is comparably little documentation of the effect of it. In reference to studies made at Mols, De Himmerlandske Heder, Sebstrup Sande, and Læsø we put focus on some effects of cattle grazing on heather-heathland, grass-heathland and dune-heathland. Cattle grazing creates and maintains a high diversity and physically uneven-structured heathland, and may conditionally rejuvenate and maintain heather stands for decades, be the stocking rate and period of grazing right. The balance between a grazing pressure, which is sufficient to keep the heather in the pioneer and building phases, and a grazing pressure, which is too high, leading to collapse of the stand, is subtle. Over time the unevenness in growth conditions under grazing diversifies the moss-lichen flora, but concurrent overall changes in the species composition of moss flora are also evident in the ungrazed reference areas. Grazing by itself cannot control woodland encroachment of heathlands, but may prolong the process, conditionally, even enhance the encroachment process where the seedling input and growth outranks the intake by browse of the grazing animals. Under undisturbed conditions the dominant grass, *Deschampsia flexuosa,* which in many places replaces the heather after degeneration, undergo a lifecycle ending in litter accumulation and degeneration of the stand. A new generation of *Deschampsia flexuosa* may germinate and start a new lifecycle.

Key words: cattle grazing, heathlands, nature management, species richness, long-term effect.

[1] Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet, Rolighedsvej 23, 1958 Frederiksberg, rmb@ign.ku.dk, [2] Fødevarestyrelsen, Miljø- og Fødevareministeriet, Stationsparken 31-33, 2600 Glostrup. jobu@fvst.dk



Figur 1.
Udviklingen i dække og frekvens af lyng med og uden græsning fra 1975 til 2010 på Buelund. Heden består dels af en flade, der var periodisk opdyrket indtil 1959, med yngre lyng, og dels et kuperet område med ældre lynghede under tilgroning med bølget bunke.
Development in cover and frequency of heather in cattle grazed fencing and un-grazed areas from 1975 to 2010 at Buelund, Mols Bjerge. The heathland consist of two parts, one which was arable until 1959 and another, more hilly part, which in 1975 was covered by a mature to early degenerate stand of heather being encroached by Deschampsia flexuosa.

med mindre delområder under tilgroning, med bl.a. gyvel (*Cyticus scoparius*) og tornblad (*Ulex minor*) ved forsøgets start i 1988. Vegetationen er registreret i 120 felter i perioden 1988-2009. Græsningen foregår med skovkvæg med et græsningstryk på 0,4 til 0,6 SK/ha med græsning fortrinsvis i vinterhalvåret. I perioden 2007-2009 blev kvæggræsningen suppleret af sommergræsning med op til 200 saanengeder i forsøg på at få bekæmpet gyvel. Effekten af gedegræsning blev registreret i 72 felter i perioden 2007-2009. Desuden indgik der en registrering af bid på udvalgte urter i 48 felter.

3. De Himmerlandske Heder. Forsøgsområdet bestod af et kuperet terræn med en mosaik af dværgbuske, blåtop (*Molinia caerula*) og bølget bunke. Vegetationsanalyser, registrering af bid samt analyse af foderkvalitet er foretaget 4 gange i løbet af sæsonen 2007 i 160 felter. Græsningen foregik med 5 forskellige flokke af kvæg (se boks 2).

4. Sepstrup Sande. Forsøgsarealet på 38 ha bestod af kuperet dværgbuskhede domineret af hedelyng med islæt af tyttebær (*Vaccinium vitis-idaea*), revling (*Empetrum nigrum*) og stedvis blåbær (*Vaccinium myrtillus*). Lavtliggende partier bl.a. omkring hedekær var domineret af bølget bunke, mens blåtop kun fandtes sporadisk. Vegetationsanalyser, tælling af fald og bid på vedplanter og bundvegetation blev foretaget i 90 1x10 m felter i tilfældigt udlagte transekter fra 2005-2008. Desuden indgik analyse af bundvegetation og vedplanter i 72 felter fordelt på ugræsset kontrol, græsning med vildt samt græsning med både kvæg og vildt. Heden blev græsset med kødkvæg fra april-maj til medio december med et græsningstryk på ca. 0,4 SK/ha. Græsningen med kvæg var startet adskillige år før forsøget startede.

5. Holtemmen, Læsø. Undersøgelsen omfatter klithede, der har været inddraget under græsning fra 1991 med registreringer i 32 felter fra året før start af græsning til 2014. Græsningen foregår med galloway som sommergræsning med et gennemsnitligt græsningstryk på 0,35 SK/ha i en ca. 40 ha stor indhegning, hvor der udover klithede indgår forskellige kærtyper og overdrev.

RESULTATER

Buelund

I løbet af de første år med græsning blev

dækningsgrad og frekvens af hedelyng reduceret samtidig med, at der skete en gradvis, vegetativ foryngelse og fremspiring af nye frøplanter af lyng (Figur 1). De foryngede lyngbuske blev vedligeholdt under de følgende års græsning. Græsningen skabte åbninger i lyngdækket og spirebede for andre lyskrævende plantearter. Dette resulterede i en stigning i artstætheden fra 5 til 20 arter/m^2 på den ældre lynghede i løbet af undersøgelsesperioden 1975 til 2000. Foryngelsen af lyngen blev ledsaget af en ændring i dækningsgraden af mos og lav (hovedsageligt bæger- og rensdyrlav). Laverne koloniserede især de vegetationsløse flader langs kvægstier og sølepladser. Mosserne bredte sig på jorden under lyngplanter, hvor græsningen havde skabt en mere lysåben struktur. Det samlede dække af laver og mosser steg fra ca. 10 % og var i perioden fra 1994 til 1999 på over 50 % med alm. cypresmos *(Hypnum cupressiforme*) som den hyppigste. Nedliggende lynggrene slog stedvis rod under moslagets beskyttelse. Mosserne bidrog således til, at lyngbuskene kunne brede sig sideværts, mens de centrale dele af lyngbuskene gradvis begyndte at degenerere.

Efter ca. 10 års græsning var der opnået en ligevægt mellem dyrenes påvirkning og lyngens selvforyngelse. Denne ligevægt blev opretholdt indtil græsningstrykket blev reduceret og bølget bunke begyndte at brede sig og tilgroningen med træer og buske tog til (Figur 2). Tilgroningen skete i flere faser med græsningspioner som enebær (*Juniperus communis*) og skovabild (*Malus sylvestris*) samt af gyvel, som invaderede i stort antal og har en høj vækstrate, der betød, at græsningen ikke kunne følge med. I næste fase, der startede efter 20-25 år efter start af græsning, begyndte klimakstræer som stilk-eg (*Quercus robur*) at vokse op, beskyttede af græsningspionererne. Succesraten efter spiring var lav, men mængden af spirer var stor. Effekten af den øgede tilgroning viste sig først som en reduktion i dækningsgraden af hedelyng (Figur 1) samt på diversiteten af mosser og laver (Figur 3), som ligeledes faldt. I 2010 lå diversiteten af kryptogamer på samme niveau, som da græsningen startede. Den øvrige plantevækst reagerede mere langsomt på reduktionen i græsningstryk, som det fremgår af udviklingen i Shannon-Wiener-indeks (Figur 4).

Undersøgelser af kvægets græsningsmønster viste, at der var en udpræget variation i deres fødevalg hen over sæsonen. Hedelyng blev stort set kun ædt i en kort periode efter blomstring, men den periodevise afbidning var sammen med dyrenes tråd tilstrækkelig til at vedligeholde lyngen samtidig med at konkurrence fra andre, mere foretrukne arter, blev hæmmet så længe græsningstrykket på ca. 0,4 SK/ha blev opretholdt.

I den ugræssede kontrol skete tilgroningen i faser med års mellemrum i forbindelse med, at der blev skabt spiremulighed, f.eks. som følge af sammentrykning af græsførnen efter snetryk (Figur 2).

Trehøje

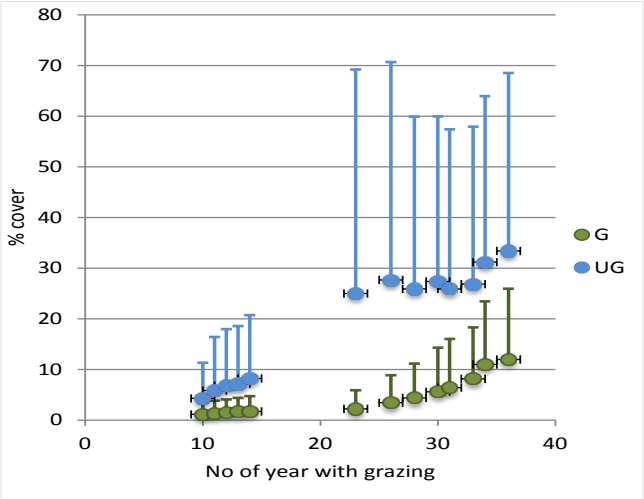
Forsøgsarealet ligger omgivet af åbne hedestrækninger, hvor bølget bunke gradvis havde afløst lyngen og udviklet en græsdomineret hede med et tykt lag førne af visent græs i løbet af 1970´erne (Buttenschøn 1978). Den umiddelbare effekt af græsning med 0,4-0,6 SK ha^{-1} på den bølget bunkedominerede hede var en reduktion af førnelaget. Det blev reduceret fra ca. 20 cm til 1 cm i løbet af de første 5-8 år med græsning. Bølget bunke blev gradvis afløst af krybende hestegræs (*Holcus mollis*) sammen med enkelte andre arter som f.eks lyng-snerre (*Galium saxatile*). I begyndelsen skete indvandringen af nye arter meget langsomt, og den var primært knyttet til kokasser. Krybende hestegræs blev gradvis afløst af mos, laver og en mere varieret vegetation med overdrevsarter som fåre-svingel (*Festuca ovina*) og sand-hvene (*Agrostis vinealis*) samt nyspiret lyng. Lavernes udbredelse faldt igen 15-20 år efter start af græsning, afløst af et tæt moslag, domineret af alm. kortkapsel (*Brachytecium rutabulum*), alm. kløvtand (*Dicranum scoparium*), trind fyrremos *(Pleurozium schreberi*) og alm. cypresmos.

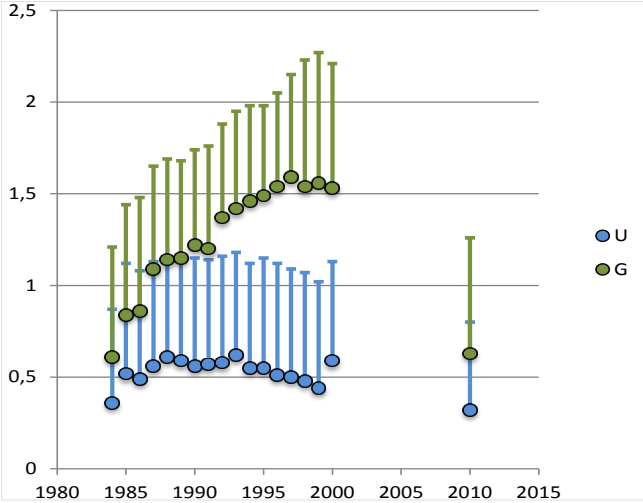
Efter godt 25 år med årlig afgræsning er den tidligere græshede blevet til en mosaik af tør lynghede og surt overdrev med en stigning i artstæthed fra under 5 til ca. 18 arter/m^2 (Figur 5). Det høje græsningstryk holder lyngen som et lavt, tætgræsset tæppe. Græsningen har ikke været tilstrækkeligt til at bremse en fortsat tilgroning med gyvel og tornblad, der trods gentagne slåninger bredte sig. Fra 2007-2011 blev kvæggræsningen suppleret med sommergræsning med geder (se boks 1).

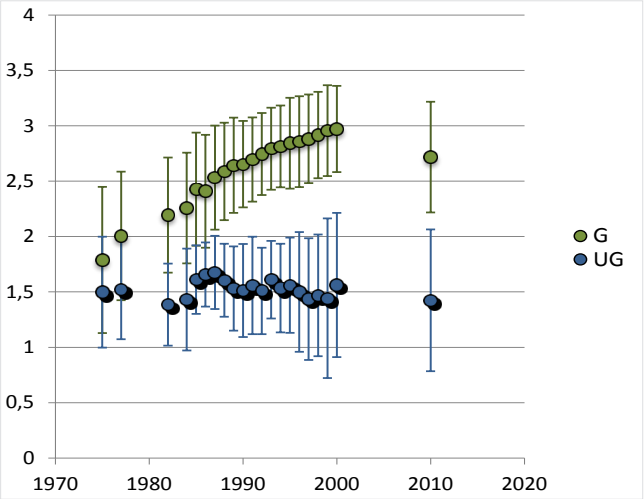
I det ugræssede kontrolområde blev ældre dele af førnen gradvis nedbrudt som følge af snetryk og færdselspåvirkning fra mus m.v. Det gav plads til ny frøspiring med bølget bunke samt enkelte planter af hedelyng og nogle få andre arter. Artstætheden forblev lav (Figur 5), og succesionsforløbet med dominans af bølget bunke er begyndt på ny (Figur 6) med en cyklus, der i Trehøje-området ser ud til at vare 35-40 år. I et frahegnet kontrolfelt, etableret i græsningsfenne 6 år efter start af græsning, tog det bølget bunke 8-10 år at akkumulere et nyt 15-18 cm tykt førnelag.

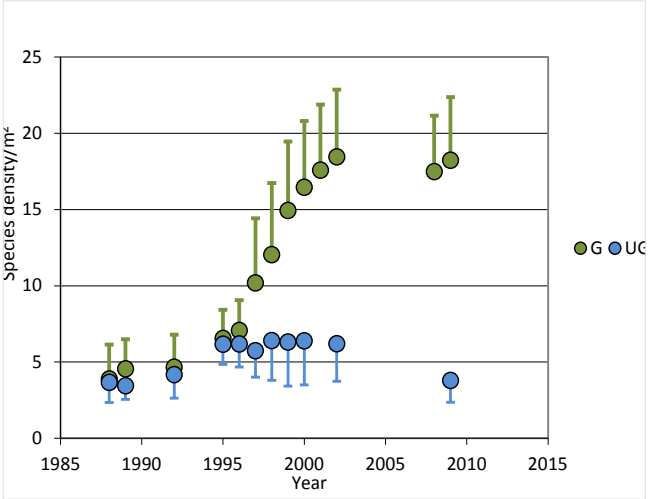
De Himmerlandske Heder

På De Himmerlandske Heder blev kvægs valg af føde sammenholdt med de foretrukne plantearters forekomst på græsningsarealet, som led i en undersøgelse af betydningen af erfaring for kvægs fødevalg (se boks 2). Blåtop, bølget bunke og pille-star (*Carex pilulifera*) blev ædt i relativ større omfang i forhold deres andel af den samlede tilgængelige plantevækst, og det gjaldt især blåtop, der blev ædt med en faktor 3-5 i forhold til dens forekomst. Undersøgelse af næringsindholdet viste, at blåtop har et meget højt indhold af råprotein om foråret, men indholdet falder brat i forbindelse med blomstringsperioden (Figur 8). Næringsindholdet i bølget bunke falder ligeledes i forbindelse med blomstring, men stiger igen om efteråret efter genvækst af blade, og det kan holde sig højt, så længe bladene forbliver grønne (Figur 8). Blåtop og bølget bunke har begge et højere næringsindhold end lyng og andre dværgbuske (Fraser et al. 2009). Lyng-snerre hørte trods sin ringe størrelse ligeledes til blandt de foretrukne arter.







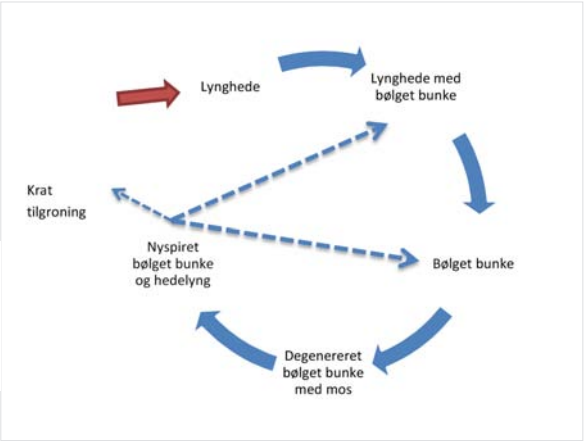


Figur 2. øverst.tv. Tilgroning med træer og buske på hhv. græsset og ugræsset hede i perioden 1975 til 2010 på Buelund; middel med standardafvigelse.
Development in cover (%) of woody species on grazed and un-grazed heathland 1975 to 2010 at Buelund; average with standard-deviation.

Figur 3. øverst.th. Shannon-Wiener-indeks for mosser og laver på hhv. græsset og ugræsset hede på Buelund; middel med standardafvigelse. Frem til 1997-98 græsning med 0,4 SK-enheder pr hektar, hvorefter der blev benyttet 0,2 SK-enheder.
Shannon-Wiener-index (numerical value) for mosses and lichens on grazed and un-grazed heathland at Buelund; average with standard-deviation. Grazing pressure was 0,4 large cattle ha-1 reduced to 0,2 unit after 1997-98.

Figur 4. nederst. tv. Shannon-Wiener-indeks for den samlede vegetation på hhv. græsset og ugræsset hede på Buelund; middel med standardafvigelse.
Shannon-Wiener-index (numerical value) for all plant species on grazed and un-grazed heathland at Buelund; average with standard-deviation.

Figur 5. nederst. th. Udvikling i artstæthed med og uden græsning på Trehøje Hede, Mols Bjerge; middel med standardafvigelse.
Development in species density on grazed and un-grazed areas at Trehøje, Mols Bjerge; average with standard-deviation.



Figur 6. Successionsforløb på græshede, hvor bølget bunke har udkonkurreret hedelyng.

Succession cycle on grass-heathland with Deschampsia flexuosa *dominance after heather degeneration.*

Andre planter blev ædt i mindre grad i forhold til deres andel af vegetationen, hvilket gjaldt for hedelyng og tyttebær samt revling, der helt blev vraget. Der var ligeledes her en tydelig sæsonvariation i græsning specielt af dværgbuskene, der kun blev ædt i en begrænset periode i august-september (Nielsen m.fl. 2007). Løvtræer som f.eks. bævreasp (*Populus tremula*), der blev bidt så længe der var frisk løv indenfor dyrenes rækkevidde, har ligesom græs et større indhold af næringsstoffer end lyng (Figur 8).

Sepstrup Sande.
I en undersøgelse af kvæg og vildt som naturplejere på hede ved Sepstrup Sande udviste kvæg, krondyr og rådyr stor variation i fødevalg hen over året. Heden var domineret af hedelyng med en del tyttebær og revling samt stedvis blåbær. På de dele af heden, der var ugræsset, var der en svagt stigende andel af revling. Kvæget åd stort set kun lyng i en periode efter lyngblomstring samt i slutningen af græsningssæsonen fra begyndelsen af november. Kvæget foretrak, ligesom beskrevet fra De Himmerlandske Heder, bølget bunke og andre græsser samt halvgræsser fremfor dværgbuske, og vedligeholdt de græsdominerede områder med kort, frisk plantevækst. Krondyr græssede på lyngen fra november til marts og skiftede derefter til tyttebær og bølget bunke. Rådyr græssede ligeledes på lyng fra november men fortsatte med at græsse på lyng i forårsmånederne (Buttenschøn et al. 2009). Sporadiske forekomster af blåtop blev bidt ned i det tidlige forår af kvæg og krondyr.

Selv om hedelyngen blev ædt i en begrænset periode af året, skabte den samlede påvirkning af bid og færdsel en foryngelse af lyngen. Der var således en tydelig forringelse af lyngens vitalitet efter 5 års frahegning sammenlignet med tilstanden i den del, der fortsat blev afgræsset af kvæg og vildt eller af vildtet alene (Buttenschøn et al. 2009).

Holtemmen, Læsø
Klithederne har ligesom indlandshederne været anvendt til græsning, men frygt for erosion og sandflugt har tidligere betydet, at man har været tilbageholdende med at anbefale græsning som plejemetode. I 1992 blev en del af klitheden ved Holtemmen på Læsø inddraget i en større fenne, der var sommergræsset med galloway. Formålet med græsningen er at hindre, at klitheden gror til med græsser og klitlavningerne med birk og pil (*Salix spp.*), og dermed udkonkurrer en mere artsrig og lyskrævende plantevækst. For at sikre, at græsningen ikke ødelagde klitheden blev der iværksat en overvågning af vegetationen. Udviklingen er fulgt fra året før græsningsstart. Det samlede græsningstryk i fennen er på ca. 0,35 SK/ha, men varierer inden for området med det højeste tryk på kær og overdrev, der har været græsset siden 1987.

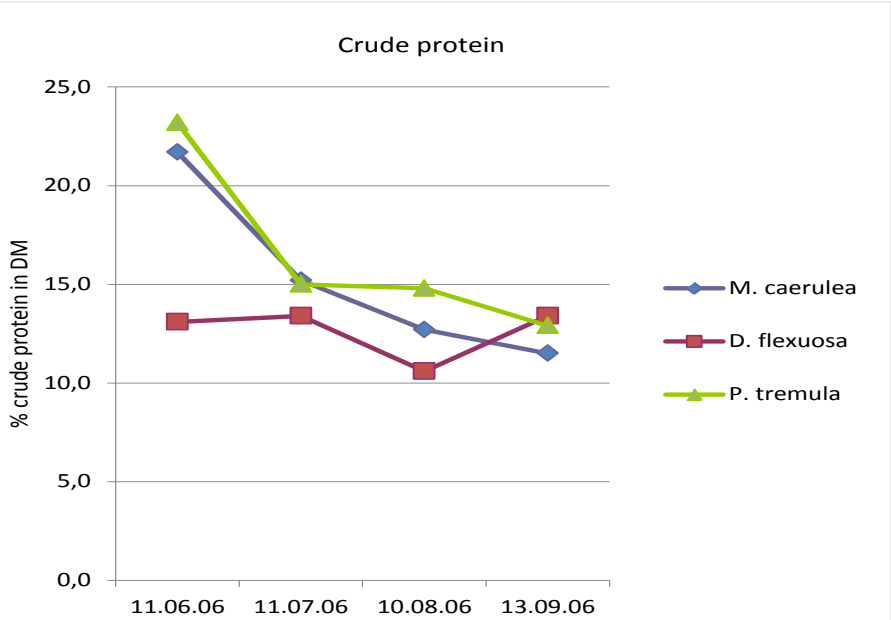
På klitheden er der sket en øgning i artstætheden af planter fra 11 til 21 siden græsningsstart i 1991. Især mosser og laver er steget i antal og hyppighed (Tabel 1, Figur 9). Dækningsgraden af mosser var høj, ca. 25 % ved græsningsstart, og den er øget yderligere til ca. 33 % i 2014. Hedelyng har fået en signifikant større udbredelse, og revling har ligeledes fået en større udbredelse. Blandt de nye arter, der er kommet til, mens klitheden har været under græsning, er bl.a. alm. ulvefod (*Lycopodium clavatum*), samt fåre-svingel, tandbælg (*Danthonia decumbens*), pille-star og vestlig tue-kogleaks (*Trichophorum caespitosum ssp. germanicum)*. I klitlavninger er klokkelyng (*Erica tetralix*), stjerne-star (*Carex echinata*) og hirsestar (*C. panicea*) kommet til.

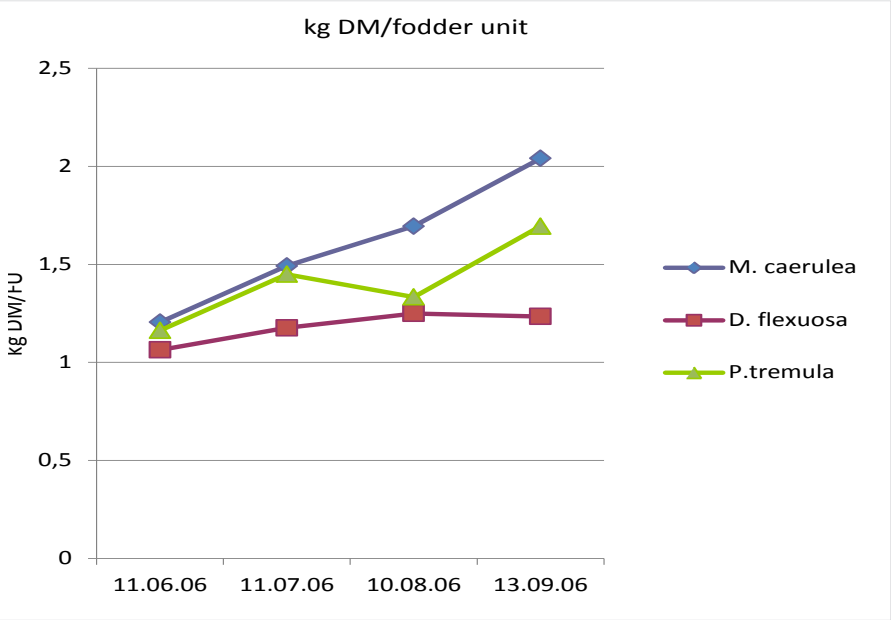
DISKUSSION

Der er nogle fællestræk i effekten af kvæggræsning på de forskellige typer af heder, der indgår i undersøgelsen, hvor vi har haft fokus på vedligeholdelse og retablering af lynghede, ændring af plantediversitet og samspillet mellem fødevalg og planternes næringsindhold.

Resultaterne fra Buelund og fra Sepstrup Sande viser, at kvæggræsning er i stand til at vedligeholde lynghede over en lang periode, men det tager en del år, inden der er opstået en ligevægt mellem forstyrrelse fra græsning og hedelyngens selvforyngelse. Der er kun få andre undersøgelser, der dokumenterer den langsigtede effekt af kvæggræsning på lyngheder (Bokman og Gleichman 2000, Piessens et al. 2006). Den reduktion, der sker i dækning og frekvens af lyng i de første år efter introduktion af græsning på Buelund, er beskrevet som en generel tendens ved start af græsning uanset, om der er tale om græsning med får eller kvæg (Alonso et al. 2001, Hartley og Mitchell 2005). Græsningstrykket har afgørende betydning for om græsning har en gunstig eller negativ effekt. Lyng er relativ følsom overfor græsning og tråd og tåler højst en årlig afbidning på ca. 40 % af årsskuddene (Grant et al 1978, Palmer og Hester 2000). Mens der er mange undersøgelser, der dokumenter effekten af for hårdt græsningstryk på lyng (Alonso et al. 2001, García et al. 2011), er der stort set kun indirekte dokumentation fra udviklingen på heder helt uden pleje, der beskriver effekten af et utilstrækkeligt græsningstryk (Bullock og Pakeman 1996). Dette giver undersøgelsen på Buelund et eksempel på, hvor lyngen følger sin normale cyklus mod degeneration, mens bølget bunke eller andre græsser tager over.

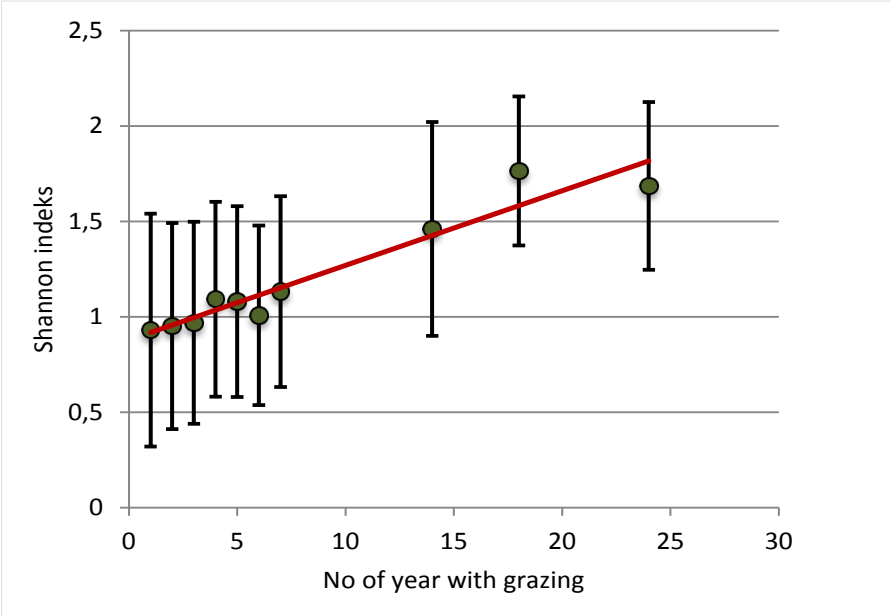
Ekstensiv græsning (græsning uden tilskudsfodring) kan ikke hindre tilgroning af heder med buske og træer på langt sigt, men tilgroningsprocessen forlænges (Buttenschøn og Buttenschøn 1985, Bokdam og Gleichman 2000, Piessens et al. 2006). Kvæggræsning kan retablere dværgbuskesamfund på græsheder (Van Wieren, 1998), men det tager mange års græsning at retablere lynghede på arealer, der har været domineret af bølget bunke, således som udviklingen på Trehøje viser. Her tog det godt 5 år før hedelyng langsomt begyndte at sprede sig, og først efter 15-20 år var der etableret en større dækning af hedelyng, så heden stedvis igen fik karakter af lynghede. Bølget bunke gennemløber, tilsvarende beskrevet af Watt (1974) for fåre-svingel og for hedelyng af Gimingham (1972), en cyklus under uforstyrrede forhold, der ender





Figur 8. Indhold af råprotein i % af tørstof og kg tørstof per foderenhed(FE) i hhv. blåtop, bølget bunke og bævreasp målt i juni, juli, august og september på De Himmerlandske Heder. Kvægs behov til vedligeholdelse og vækst ligger på 10-12 % råprotein og maks. 1,6 kg. tørstof/FE.

Crude protein in % of dry matter and amount of dry matter per Scandinavian fodder unit in Molinia caerulea, Deschampsia flexuosa and Populus tremula in June, July, August and September at De Himmerlandske Heder. Cattle needs 10-12% crude protein for maintenance and growth and the DM per FU should be less than 1.6 kg.



Figur 9. Shannon-Wiener-indeks for mosser og laver på klithede ved Holtemmen på Læsø fra året før græsning startede i 1991 til 2014; middel med standardafvigelse.

Shannon-Wiener-index (numerical value) for mosses and lichens on grazed dune-heathland at Holtemmen on Læsø, 1991 to 2014; average with standard-deviation. The first vegetation analysis was made in 1991, a year before the grazing started in 1992.

med at græstuerne når degenerationsstadiet og dør (Figur 6). Uden græsning eller anden driftspåvirkning vil der udvikles en artsfattig plantevækst, hvor successionsforløbet med dominans af bølget bunke kan gentages flere gange. Med de udviklinger vi har set i bølget bunke på Mols, anslår vi, at forløbet fra spiring til degeneration har nogenlunde samme varighed, 35 til 40 år, som hos hedelyng. Ligesom det gælder for lyng, kan alderen hos bølget bunke have betydning for effekten af græsning.

Græsning resulterer generelt i en øget artstæthed (Bullock og Pakeman 1996), således som udviklingen på Buelund, Trehøje og Læsø viser det. Kvæget reducerer mængden af grov og vissen plantevækst og skaber lys til jordbunden gennem deres afbidning af planter og gennem deres færdsel og øvrige aktiviteter (Alonso et al. 2001). På heder, hvor der har været et tæt græsdække i en længere årrække, som på Trehøje, er mangel på frø med til at forsinke udviklingen i artstæthed. Mens hedens dværgbuske gennemgående danner en langlivet frøbank, har de fleste af de associerede arter kun en forholdsvist kortlivet frøbank (Grime et al. 1988), der ikke kan overleve den lange periode med tæt græsdække. Kokasserne spiller her en væsentlig rolle for etablering af nye arter; de giver gode spirebede for frø, der enten har ligget på jorden, er båret rundt i fordøjelsessystemet på koen eller som er blevet spredt af andre dyr eller med vinden (Bülow-Olsen 1980, Welch 1985, Buttenschøn 2007). Planter, der spirer på kokasser, er beskyttet mod græsning, hvilket er med til at skabe en heterogen plantestruktur. Damgaard et al. (2013) fandt, at fåregræsning ligeledes gav en øget artstæthed på klitheder. Lake et al. (2001) konkluderer, at målrettet græsning på heder generelt kan give en større diversitet end afbrænding og slåning.

Mosser og laver bidrager væsentligt til den øgede plantediversitet, som et tilpas græsningstryk kan udvikle. De reagerer overfor de ændringer i mikroklima og lysforhold, som ændringer i struktur og sammensætning af karplanter medfører, som resultaterne fra Buelund, Trehøje og Læsø viser. Moslaget er på samme vis selv årsag til ændringer i mikroklima og lystilgang til jordoverfladen, hvilket har betydning for frøspiring og vegetativ foryngelse af lyng (Gimingham og Scandrett 1989). Ud over den beskrevne udvikling, der sker i moslaget i takt med udviklingen i lysforhold, sker der generelt en øgning i arter og en ændret sammensætning af arter både på de heder, der græsses og på ugræssede kontrolområder. Det hænger formentlig sammen med eutrofiering og forsuring, men der er ikke et klart mønster i udbredelse og forskydning af arterne, der kan give en entydig forklaring.

Tabel 1. Ændring i udbredelse af mosser og laver fra græsningsstart 1992 til 2014 på klitheden. Der indgår kun de arter, der stede ved mindst en analyse har været til i mere end 10 % af felterne. 0 = uændret, 1 = fremgang signifikans niveau < 0,05, 2 = < 0,01, 3 = < 0,001 og -1 = tilbagegang signifikans niveau < 0,05.
Change in distribution of mosses and lichens on dune-heathland since the start of grazing in 1992 until 2014. Only species, which at least in one analysis are present in > 10% of the analysis-plots, are shown. 0 = no change, 1 = increased distribution at p < 0.05, 2, at p <0.01 and 3 at p < 0.001. Negative values refer to decreased distribution at the same levels of significance.

Latinsk navn	Dansk artsnavn	Ændring
Campylopus introflexus	Stjerne-bredribbe	2
Ceratodon purpureus	Rød horntand	3
Dicranum scoparium	Alm. kløvtand	1
Hypnum cupressiforme	Alm. cypresmos	3
Pleurozium schreberi	Trind fyrremos	3
Polytrichum commune	Alm. jomfruhår	1
Polytrichum commune	Hårspidset jomfruhår	3
Cladonia chlorophaea	Brungrøn bægerlav	2
Cladonia fimbriata	Bleggrøn bægerlav	2
Cladonia floerkeana	Lakrød bægerlav	-1
Cladonia foliacea	Fliget bægerlav	3
Cladonia furcata	Kløftet bægerlav	2
Cladonia glauca	Grågrøn bægerlav	0
Cladonia gracilis	Slank bægerlav	0
Cladonia portentosa	Hede-rensdyrlav	3
Cladonia pyxidata	Tragt-bægerlav	3
Cladonia rangiformis	Spættet bægerlav	2
Cladonia scabriuscula	Ru bægerlav	0
Hypogymnia physodes	Alm. kvistlav	0
Peltigera rufescens	Brun skjoldlav	3

Græsningsdyrene vælger den plantevækst, der bedst kan dække deres behov for essentielle næringsstoffer. Sammensætningen af de tilgængelige plantesamfund i forhold til antal og art af dyr er afgørende for fødevalget og dermed for fordeling af græsningstrykket på de forskellige plantesamfund, der indgår. Græsningsdyrenes erfaring har ligeledes betydning for fødevalget, som forsøget på De Himmerlandske Heder og andre undersøgelser dokumenterer (Illius og Gordon 1993). Græsser foretrækkes generelt af kvæg fremfor dværgbuske, som undersøgelserne fra Buelund og De Himmerlandske Heder viser. Får angives at indtage en større andel af lyng end kvæg, hvilket konkluderes bl.a. i en undersøgelse fra England, men lyngen udgjorde stadig

BOKS 1. EFFEKT AF GEDEGRÆSNING

I 2007 blev græsningen ved Trehøje suppleret med sommergræsning med saanengeder i et forsøg på at få bekæmpet gyvel og tornblad. Det første år blev der udsat 108 unge geder, de efterfølgende år blev antallet øget til ca. 200 geder. Heden har været under tilgroning og der er løbende foretaget rydning af opvækst af gyvel, brombær (*Rubus fructicosus*) og tornblad. Et større gyvelområde blev slået i 1996, 1999, 2000, 2003 og igen i 2005 og 2006 samt to gange i 2007. Slåningen og kvæggræsning har ikke hæmmet tilgroningen med gyvel, men tværtimod øget dens udbredelse til et samlet areal på ca. 2 ha.

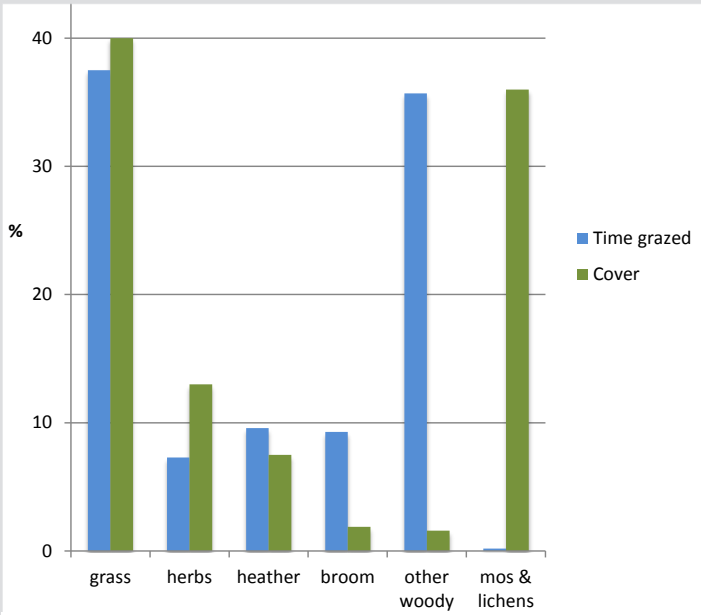
Gederne græssede hårdt på gyvel og anvendte gennemsnitligt ca. 10 % af den samlede græsningstid på gyvel. Gedernes bid på gyvel var negativt korreleret med tætheden af gyvelplanter. Gyvelbestanden i størrelseskategorien < 0,5 m faldt ubetydeligt, hvor plantetætheden var lav, og steg svagt, hvor den var høj, mens gyvelbestanden i størrelseskategori 0,5 – 2 m blev halveret. Græsningen kunne således ikke udrydde gyvel på kort sigt, men gederne hindrede effektivt blomstring og dermed fornyelse af frøbanken. Den gentagne fjernelse af biomasse betød dels, at gyvelplanterne blev stressede og mere følsomme overfor tørke og barfrost, dels, at dækningen af græsser og urter blev øget, således at fremspiring af nye gyvelfrø blev hæmmet.

Foto: Rita Merete Buttenschøn

Gederne afbladede løbende en stor del af brombærplanterne og reducerede deres dækning signifikant, mens tornblad kun blev bidt i stærkt begrænset omfang og tiltog i dækning fra 2007 til 2009. Store enebær blev påvirket af bid af blade, barkskrælning og slid som følge af, at gederne brugte dem som ly og hvileplads. En del af de store enebær døde, mens de mindre enebær (< 0,5 m) blev påvirkede i mindre grad. Der var ligeledes et hårdt bid på de tilstedeværende løvtræer (birk (*Betula sp.*)), eg (*Quercus robur*), alm. røn (*Sorbus aucuparia*), skovfyr (*Pinus sylvestris*), alm. tjørn (*Crataegus laevigata*) og skovabild med afløvning af alle grene indenfor gedernes rækkevidde og afbarkning af tjørn og skovabild. Roser (*Rosa spp.*) samt slåen (*Prunus spinosa*) blev også hårdt bidt. Hedelyng blev ædt i en periode fra kort tid efter blomstring og til græsningssæsonen sluttede. Som ved den øvrige græsning skete afbidning af lyng fra toppen, hvilket efterlod en tæt, lav lyngbevoksning.

For at undersøge om gedegræsningen havde en negativ effekt på urter, med deraf følgende negativ betydning for sommerfugle og andre insekter, blev bideffekten målt i 48 felter, hvor bidet på hver enkelt plante blev vurderet efter en 4-trins skala, suppleret med optælling af individer og vurdering af deres samlede dækning. Der var et let til middel bid på blåhat (*Knautia arvensis)* mens hunde-viol (*Viola canina*), djævelsbid (*Succia pratensis*), krat.fladbælg (*Lathyrus linifolius)* og alm. pimpinelle (*Pimpinella saxifraga*) stort set ikke blev bidt. Der var ingen reduktion i blomstring eller dækning for nogen af arterne.

Gederne bevægede sig meget under fødesøgning, og der var en betydelig effekt af deres færdsel i form af et omfattende stisystem og stedvis slidpåvirkning af vegetation og jordbund, især på varme, tørre skrænter, hvor der flere steder blev slidt hul på vegetationen.



Figur 7. Oversigt over den tid gederne anvendte til at græsse på forskellige vegetationstyper i forhold til den andel, de udgør af det samlede plantedække.
Time spent by goats grazing different vegetation in relation to the relative cover of the functional type or species in question.

BOKS 2 KVÆGGRÆSNING PÅ DE HIMMERLANDSKE HEDER

Undersøgelse af fødevalg indgik i et demonstrationsprojekt "Hedepleje - betydning af indlæring for kreaturernes græsningsadfærd" med 5 forskellige flokke af kvæg, der græssede i et let kuperet område med en mosaik af lynghede og græshede domineret af bølget bunke og blåtop. Undersøgelsen viste, at erfaring har stor betydning for kvægets evne til at udnytte de tilstedeværende foderressourcer og pleje heden. Her klarede to flokke af hhv. jersey stude og ungdyr af herefordkvæg, der græssede sammen med et par erfarne "tanter" af jysk kvæg, sig væsentlig bedre, med en signifikant større tilvækst, end to tilsvarende flokke uden erfarne dyr. Flokkene med erfarne dyr var bl.a. i stand til at udnytte de ændringer, der sker i planternes næringsindhold som følge af deres fænologiske udvikling, og skiftede til de aktuelt bedre fødeemner 2 til 3 uger før de uerfarne flokke. Den 5. flok bestod af jysk kvæg, der havde mange års erfaring med græsning på heden og som trives særdeles godt på heden (Nielsen m.fl. 2007).

Himmerlandske Heder med "tanter" af jysk kvæg og jersey stude. Foto Rita Merete Buttenschøn

kun en lille del - under 10 % - af fårenes føde (Fraser et al. 2008). Græs er ligeledes det foretrukne fødeemne hos krondyr med bølget bunke som en af de foretrukne arter. I danske undersøgelser udgør græs op til 65 % af deres føde (Poul Hald Mortensen, personlig komm. 2013), men hedelyng og andre dværgbuske kan udgøre en væsentlig del af føden om vinteren, som undersøgelsen ved Sepstrup Sande viser. Hedelyng kan udgøre en væsentlig større andel af rådyrs føde, men med store individuelle forskelle, som en omfattende undersøgelse af rådyrs fødevalg på Borris Hede dokumenterer (Petersen 1998). Rådyrs sociale adfærd betyder dog, at de ikke alene er i stand til at vedligeholde større arealer med lynghede. En række udenlandske undersøgelser viser samme mønster i udnyttelse af hhv. græs og lyng bl.a. i et eksempel fra The New Forest i Sydengland, der har en lang historie med samgræsning med heste, får, kvæg samt hjortevildt. Her henter dyrene 70 % af deres føde på de græsdominerede arealer, der udgør 30 % af det samlede areal, mens 20-25 % af føde hentes på heden, der udgør 70 % af det samlede areal. De sidste 5-10 % består af løvfoder (Tubbs 2001).

Balancen mellem et græsningstryk, der er tilstrækkeligt til at begrænse tilgroning, og ét, der er for hårdt til at vedligeholde hedelyngen, er fin og kan være svær at ramme. Selvom dværgbuske kun græsses i begrænset omfang og ofte kun i tidsmæssige begrænsede perioder, er den samlede græsningspåvirkning selv ved et lavt græsningstryk tilstrækkeligt til at vedligeholde lyngheder. Græsningstrykket fra fritstående vildt, specielt krondyr, er med til at vedligeholde lyngheder, som krondyrene viser en tendens til i Sepstrup Sande. Det kræver dog en stor tæthed af dyr, som der kun stedvis findes, f.eks. i Oksbølområdet, at få vedligeholdt større lyngheder. Retablering af lyng på heder groet til med græs kræver et højere græsningstryk end vedligeholdelse af lyngheder i god stand.

TAK

Tak til 15. Juni Fonden for støtte til publiceringen. Tak til Naturhistorisk Museum, Naturstyrelsen Kronjylland og Vendsyssel samt til St. Hjøllund Plantage A/S for hjælp til gennemførelse af græsningsforsøgene. Tak til Poul Hald Mortensen for oplysninger om kronvildts fødepræferencer.

CITERET LITTERATUR

Alonso I, Hartley SE, Thurlow M 2001. Competition between heather and grasses on Scottish moorlands: Interacting effects of nutrient enrichment and grazing regime. Jour Veg Science 12, 249-260. DOI: 10.2307/3236609

Bokdam J, Gleichman JM 2000. Effects of grazing by free-ranging cattle on vegetation dynamics in a continental north-west European heathland. J Appl Ecol 37, 415–431.

Bullock JM, Pakeman RJ 1996. Grazing of lowland heath in England: Management methods and their effects on heathland vegetation. Biol Conserv 79, 1-13.

Bülow-Olsen A 1980. Changes in the species composition in an area dominated by *Deschamsia flexuosa* (L.) trin. as a result of cattle grazing. Biol Conserv 18, 257-270.

Buttenschøn J, Buttenschøn RM .1982. Grazing experiments with cattle and sheep on nutrient poor, acidic grassland and heath; I: Vegetation development. II: Grazing Impact III: Animal nutrition. Natura Jutlandica **21**, 1-48.

Buttenschøn J, Buttenschøn RM 1985. Grazing experiments with cattle and sheep on nutrient poor acidic grassland and heath: IV Establishment of woody species. Natura Jutlandica 21, 117-140.

Buttenschøn, RM 1978. Vegetationsforhold i Mols Bjerge, Århus Amt.

Buttenschøn RM, Buttenschøn J 2001. Effekten af husdyrgræsning på vegetation, pp. 69-90 I: Pedersen LB, Buttenschøn RM, Jensen TS, 2001. Græsning på ekstensivt drevne naturarealer – Effekter på stofkredsløb og naturindhold. Park- og Landskabsserien nr. 34, Skov & Landskab, Hørsholm.

Buttenschøn RM 2007.Høslæt og græsning i naturplejen. Miljøministeriet, Skov- og Naturstyrelsen.

Buttenschøn RM, Madsen TL, Madsen P, Olesen CR 2009. Husdyr og vildt som naturplejere - er de lige gode naturplejere, og holder husdyr vildtet væk? S. 88-91 I: Kanstrup N, Asferg T, Flinterup M, Thorsen BJ, Jensen TS red., Vildt & landskab: resultater af 6 års integreret forskning i Danmark 2003-2008. Miljøministeriet, Skov- og Naturstyrelsen.

Christiansen S 2001. Flows of Matter in a Traditional Heathland Farm about 1840. Geografisk Tidsskrift 101, 43-62.

Damgaard C, Thomsen MP, Borchsenius F, Nielsen KE, Strandberg M 2013. The effect of grazing on biodiversity in coastal heathlands. J Coast Conserv. 17, 663-670.

Fraser MD, Theobald VJ, Griffiths JB, Morris SM, Moorby JM 2009. Comparative diet selection by cattle and sheep grazing two contrasting heathland communities. Agric Ecosyst Environ 129:182–192. doi:10.1016/Jagee.2008.08.013.

García RR, Fraser MD, Celaya R, Ferreira LMM, García U, Osoro K 2013. Grazing land management and biodiversity in the Atlantic European heathlands: a review. Agroforest Syst 87, 19–43. DOI 10.1007/s10457-012-9519-3.

Gimingham CH 1922.The Lowland Heathland Management Handbook. English Nature, Peterborough.

Gimingham CH, Scandrett E 1989. Experimental Investigation of Bryophyte Interactions on a Dry Heathland. J Ecol 77, 838-852.

Gormsen G 1982. Hedebonden. Studier i gårdmand Peder Knudsens dagbog 1829-1857. Etnologisk Forum, IEF, Københavns Universitet.

Grant SA, Suckling DE, Smith HK, Torvell L, Forbes TDA, Hodgson J 1985. Comparative studies of diet selection by sheep and cattle: the hill grasslands. J Ecol 73, 987–1004.

Grime JP, Hodgson JG, Hunt R 1988. Comparative plant ecology. A functional approach to common British species. Unwin Hyman.

Hartley SE, Mitchell RJ 2005. Manipulation of nutrients and grazing levels on heather moorland: changes in Calluna dominance and consequences for community composition. J Ecol 93,990-1004. Doi: 10.111/j.1365-2745.2005.01025.x

Illius AW, Gordon IJ 1993. Diet selection in mammalian herbivores – constrains and tactics. I Hughes, R. N. (ed.): Diet selection – An interdisciplinary approach to foraging behaviour, pp. 157-181. Blackwell Scientific Publications, Oxford.

Lake S, Bullock JM, Hartley S 2001. Impacts of livestock grazing on lowland heathland in the UK. English Nature Research Reports, No 422. Peterborough.

Nielsen L, Buttenschøn RM, Kortegaard L 2007. Hedepleje - betydning af indlæring for kreaturernes græsningsadfærd. Rapport til NaturErhvervstyrelsen (upubl.).

Nygaard B, Levin G, Bladt J, Holbeck HB, Brøndum W, Spelth P & Ejrnæs R 2012. Analyse af behovet for græsning og høslæt på beskyttede naturarealer. Areal, biomasse og antal græsningsdyr. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 78 s. - Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 13 http://www.dmu.dk/Pub/TR13.pdf.

Palmer S, Hester AJ 2000. Predicting spatial variation in heather utilization by sheep and red deer within heather/grass mosaics. J Appl Ecol 37, 616–631.

Petersen, MR 1998. Botanisk analyse af vomprøver af rådyr (Capreolus capreolus) fortrinsvis fra Borris Hede. Biologisk speciale. Botanisk Institut, Københavns Universitet, juni 1998.

Piessens K, Aerts N, Hermy M 2006. Long-term (1978-2006) effects of an extensive grazing regime on plant species composition of a heathland reserve. Belg J Bot 1, 49-64.

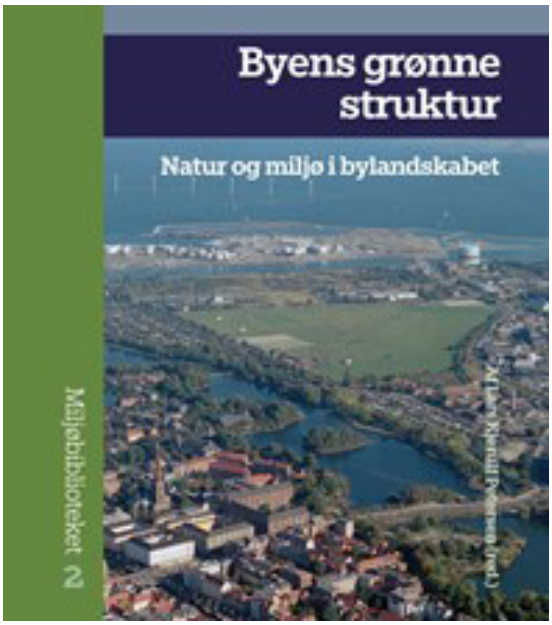
Tubbs CR .2001. The New Forest. New Forest Ninth Centenary Trust Lyndhurst.

Van Wieren SE 1998. Effects of large herbivores upon the animal community. In: WallisDeVries MF, Bakker JP, Van Wieren SE (eds) Grazing and conservation management. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp 185–214.

Watt AS 1947. Pattern and process in the plant community. J Ecol 35, 1-22.Watt AS (1974) Senescence and rejuvenation in ungrazed chalk grassland (grassland B) in Breckland: the significance of litter and moles. J Appl Ecol 11, 1157-1171.

Welch D 1985. Studies in the grazing of heather moorland in North-East Scotland: IV. Seed dispersal and plant establishment in dung. J. Appl. Ecol. 22, 461--472.

Anmeldelse:
BYENS GRØNNE STRUKTUR. NATUR OG MILJØ I BYLANDSKABET



Lars K Petersen, R Ejrnæs, G Levin, A Jensen & M Zandersen 2015: Byens grønne struktur. Natur og miljø i bylandskabet. – Miljøbiblioteket nr. 2, Aarhus Universitetsforlag. 102 s. Pris 149,95 kr. (Vejledende)

Universiteterne skal nu om dage stå på tre ben – forskning, undervisning og formidling. Aarhus Universitet klarer formidlingen flot. Bugnende fyldte Sø-Auditorier til videnskabelige aftenforelæsninger, successerien "*Tænkepauser*" og nu denne nr. 2 i bogserien "*Miljøbiblioteket*". Nr. 1 var den roste "*Danmarks truede arter. Den danske Rødliste*" (Wind & Ejrnæs), anmeldt i F&F 120(1+2). Bynatur er på kort tid blevet hipster-guf og gledet ind i gængs investor-, planlægger- og politiker-lingo. Det er desværre også ekstremt diffust, og kan være alt lige fra varm politikerluft, kostbar symbolmassage for den kreative klasse eller seriøse biodiversitetsbidrag. Der er derfor et stort behov for begrebsafklaring og kritisk analyse.

Bogen er flot layoutet, let at læse uden særlige forudsætninger, har mange gode og sjove fotos, både generelt og i de mange cases, der præsenteres bogen igennem. Som biolog følte jeg mig nu mest nysgerrig og underholdt på det byhistoriske og sociologiske område. Bogen kan let og med godt udbytte og neutralt læses som en oversigt over den komplicerede bys liv, land og væsen, dens mange interessenter og fagområder.

Jeg har dog især læst bogen med biodiversitets-briller, da biodiversiteten bestemt ikke har godt herhjemme. Jo mere byerne og urbane arealtyper breder sig, jo mere må de – i min optik – også levere til biodiversiteten og ikke bare grønne trivselspletter.

Her synes jeg ikke denne bog om "natur og miljø i bylandskabet" holder hjem. Tilgangen er fornuftigvis tværvidenskabelig, hvor både geografi, kulturhistorie, planlægning, sociologi og biologi inddrages - her hvor mange interesser mødes og skal afvejes og vel tilgodeses "intelligent". Men det tværvidenskabelige bliver også achilleshælen. Der bliver malet med for bred og upræcis penselføring, hvor biologien er totalt uskarp ift mål og midler. En bog er for mig noget kloge mennesker skriver, når de har nået et højt og nuanceret niveau af erkendelse, og gennem slibning af den intellektuelle diamant formidler komplicerede ting på en simpel måde. Bogen giver mange eksempler på komplicerede sammenhænge og afvejninger og ofte på en simpel måde, men integration af fagdisciplinerne og det erkendelsesrige manglede i hvert fald for mig. Bogen er da også et produkt af to forskningsprojekter og rapporterne derfra (p. 4), og det mærkes – på den ufede måde.

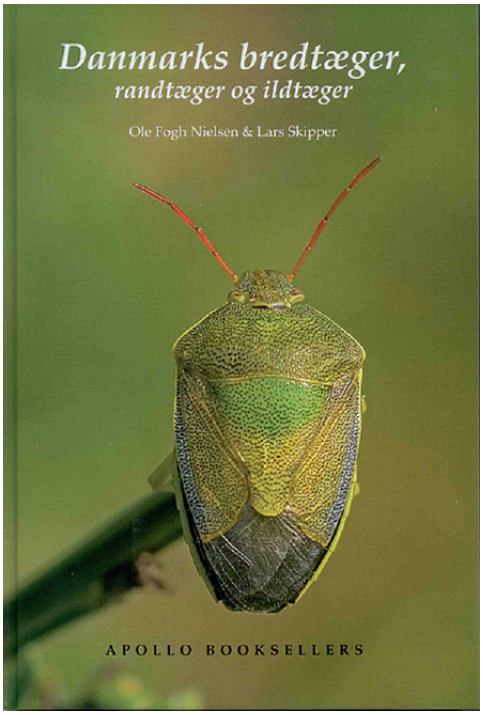
Bogen er ligesom forgængeren krydret med sjove konkrete eksempler, men de fleste gange er biodiversitetsanalysen sært uskarp: En stor del af Vestamager er omlagt til beboelse via Metroprojektet. Ørestaden Park er anlagt som plaster på såret – og her jubles der over, at der i en grøft er fundet *Kødfarvet Gøgeurt* (jeg tænker: extinction debt?), og nu er der også plantet "*Bævreasp som scorer højt som naturskov*" (øhhhh?, jamen så er naturgenopretning sørme blevet nem på det sidste!). Enhver ved, at det nemmeste naturgenopretning er for fugle – de er ofte uspecifikke i kravene og indvandrer på få år – alligevel jubles der unuanceret over "*over 50 ynglende fuglearter*" ved Grønjordssøen (p. 43) ligesom over den "*meget sjældne*" *Vedbend-Gyvelkvæler* på Assistens Kirkegård (p. 27). Der kommer også en række råd til have- og parkforvaltning – dødt ved, uslåede græspartier mm (p. 46 og 52ff.) – som er velkendte og udmærkede, men uden analyse, helhed og perspektiv. Jeg spørger – hvornår har det effekt, hvornår er det staffage og legitimering.

Jeg ku ikke finde en eneste stringent analyse ift det svære arbejde i byen for reel støtte til national biodiversitet – selvbærende biotoper i metapopulationsnetværk med hele plante- og svampefloraer og insektfaunaer. Det er muligt man kan dupere en flok planlæggere og politikere på rundvisning med artseksempler (wow, så sjælden) og simple artsantal (wow, 38 arter!). Men det er simpelthen ikke skarpt nok, hvis man vil undgå, at bynatur bliver brugt som det vitaminløse sukkerovertræk, der skal få den voldsomme vækst i by og infrastruktur til at glide ned. Afsnittet om at bruge High Nature Value (HNV-index) for byen (p. 33) er fint, men data virker for svage til at give interessant nu-viden. Og sørme om det politikerlækre "spredningskorridor" ikke (mis-)bruges bogen igennem, hvor det frimodigt hævdes at de grønne striber (uspecificeret) gennem byen, kan fungere som spredningskorridorer (for hvad?). En GIS-analyse af barrierer for biodiversiteten analyserer veje og jernbaner som barrierer (fordi de er linieformede?) mens mange andre barrierer ikke indgår (p. 35). Nu er jeg nok negativ, men jeg blev skuffet.

Bogen demonstrerer fint naturens svage stilling på de dyre by-kvadratmetre, og den tager sig en sjælden gang sammen til at beskrive modsætninger i det ellers så hypede bylivs herligheder (fx afsnittet "Gener" først på p. 71), men fortaber sig i oplistning af de mange faktorer og aktører, der spiller ind. Ift bynatur og biodiversitet ender den bare med at gennemgå for meget (og kun eksemplarisk) og opnå for lidt. Den er for uskarp til at være god forskning, og for tandløs til at være god politisk rådgivning – selvom det er godt formidlet. Den forholder sig nærmest ikke på mit grundlæggende spørgsmål: "*Kan bynatur overhovedet tænkes og udformes og bruges på en måde, hvor den kan bidrage væsentligt og integreret – sammen med "land-naturen" - mod den enorme og uløste biodiversitetstrussel i vores rige og intensivt udnyttede og udbyggede lille land*". Der er plads til en Miljøbiblioteket nr. 3.

Af Jens Reddersen

Anmeldelse: DANMARKS BREDTÆGER, RANDTÆGER OG ILDTÆGER



Boganmeldelse: Ole Fogh Nielsen & Lars Skipper 2015: Danmarks bredtæger, randtæger og ildtæger. - Danmarks Dyreliv, bd. 13. Apollo Booksellers. 202 s. 300 kr. (vejledende).

"*Hvad er det, der er pansret, er stor (for sin gruppe), har en lang snabel, ofte har store tænder stikkende ud foran samt seks ben?*" Vittigheder og gåder var vitterlig ikke ret gode i min 60'er-barndom, og dengang ville svaret ha' været "*En elefant, det med de seks ben er bare for at gøre det sværere!*" Nu er svaret faktisk "*bredtæger!*", som der lige er kommet en vidunderlig, både klassisk og moderne bog om fra Apollo-serien "Danmarks Dyreliv". Serien er, som jeg fromt ønskede i anmeldelsen af Hermansens "Dagsommerfugle i Danmark" (nr. 11; 2010) kommet op i gear igen med Lars Skippers "Danmarks blomstertæger" (nr. 12: 2013) og nu denne - om de populære bredtæger, ofte endda store og flotte insekter.

Bogen viser, hvad bøger endnu kan bedre end hjemmesider: Dels er layout, sprog og indhold langt bedre checket (fordi tryk er så definitivt) og dels er overskueligheden via bladring så god. Bogen virker robust med hårdt vandafvisende omslag, og bør derfor (trods de 700 gram og 16 x 25 cm) hives med i feltrygsækken. Bliver den så slidt op af brug, har man råd til genkøb, da bogen kun koster 300 kr (og ikke 299,95 kr, jubi). Det er endnu engang pga tilskud fra Gott-sei-Dank onkel Aages fond. Hvor ville dansk naturhistorie være henne uden AVJF?

Forord og generelle tekster går fra s. 7-43, hvor noget er bedre end andet (største trussel mod overdrev er næppe "tilplantning", som er §3-ulovlig, men nok "tilgroning"). På s. 44-195 følger så essensen, nemlig beskrivelserne af de 73 arter med nøjagtig to forrygende sider til hver. Disse artsbeskrivelser er et scoop: Helt ens og standardiserede for alle arter, alt er på et og samme opslag. Al info er på venstresiden, på højresiden kun fotos. På venstresiden: Foroven et smalt "bånd" med nyttig bladre-farvekode til undergruppe (fx de seks arter af Tornben er lyslilla), artens nr., dansk navn og videnskabeligt navn (autor) og endelig imago set oppefra i virkelig (lille) størrelse. Forneden et lidt bredere "bånd", altid med udbredelses-prikkort tv. (20x20 km UTM, af Søren Tolsgaard) og th. med det klassiske lige-oppefra foto af typisk imago (som set i insektkassen). Sørme om ikke lige forekomsten i nabolandene er kommet med i en diskret grå bjælke under kortet, overskuelige koder med fx P for Polen. Sørme om ikke sæson-forekomsten af hhv. nymfer (foroven) og adulte (forneden) er kommet med i en tilsvarende bjælke, der helt til højre flankeres af artens rødlistestatus, fx Stregtæge (*Jalla dumosa*) med "truet" (EN).

Brødteksterne kører så i et bredt midterbånd i to spalter med udseende, forveksling, habitat, biologi samt udbredelse og sjældenhed. Alt om dén art – i én overskuelig maggiterning men flot og lækkert uden at fremstå proppet. Det bør inspirere denne series layout fremover.

Højresiden har altid et meget stort flot foto af adult i fuld sidebredde (og det fortjener de), og derunder 2, nogen gange 3-4, mindre fotos – typisk af fx hun og nymfe. For særligt svære arter kan det dog være detailfotos af skilletræk, fx ved bispetæger eller kanttæger. Det fungerer. Ved kanttægerne var der nostalgi i gensynet med *Rhopalus parumpunctatus*, som jeg og Søren Tolsgaard sad og baksede med i tægekasserne på Naturhistorisk Museums loftskamre ca. 1990 for at blive fortrolige med nøglekarakterne. Det hjalp jo ikke, at vi ikke stolede på nåledyrenes ældgamle etiketter. Havde vi blot haft denne bog.

Side 190-195 giver på tre dobbeltopslag alle 73 arter, set dorsalt og alle forstørret op til 4 cm, så man her let kan checke første bud på en identifikation (faktisk længde og ikke forstørrelsen står dog klogt ved artsnavnet). Den afsluttende systematiske oversigt giver dog intet, bogen ikke allerede har givet. Distriktkataloget giver flot på to siders opslag overblikket over arternes forekomst i 11 faunistiske distrikter og (igen) deres rødlistestatus, mens dobbeltopslaget "Levesteder" giver 1-8 habitattyper, de typisk kan findes i. Nyttige overblik. Jeg savner her et helsides Danmarkskort, der viser fundtætheden for arterne – de kort, der efter behag kan opfattes som "artsrige tæge-egne" eller "områder, hvor mange tægesamlere har sommerhus". Dér er tabellen over faunadistrikterne for upræcis. Flere gange har jeg brokket mig over manglen på bestemmelseshjælp for kyndige begyndere – også her. Dels hvordan man skiller disse tæger fra især blomstertægerne, fx de smalle kanttæger fra græstægerne. Det nævnes slet ikke. Dels ku man godt lave quick-and-dirty-nøgler, der fx gør opmærksom på scutellums størrelse, pronotum med spids sidetorn, røde farver, osv). Det ku' understøtte arts-bladringen i fotooversigten, hvor man ved mange arter ikke skal hænge sig for meget i farverne – fx bliver mange grønne farver brunlilla omkring overvintringen.

Men en flot og nyttig bog. Jeg fandt kun en stavefejl (i en overskrift – plejer at skyldes layouteren). Perfekt meget information i et luftigt og overskueligt layout. Flotte dyr og meget meget flotte fotos. En stærk invitation til at kigge på bredtæger. Jeg giver den gladelig seks ud af seks maxillarpalper.

Af Jens Reddersen

Alm. Ulvefod (*Lycopodium clavatum*).
Foto: Torben Ebbensgaard

Opret Kobjælde (*Anemone pulsatilla*).
Foto: Torben Ebbensgaard

Jydsk Naturhistorisk Forening har fået ny formand

EIGIL HOLM GÅR AF EFTER 15 ÅR SOM FORMAND

Ved generalforsamlingen år 2000 kom Eigil Holm ind i bestyrelsen. Han ynder at spøge med, at han på denne generalforsamling var den eneste deltager, der ikke var medlem af bestyrelsen, og da der skulle vælges et nyt medlem, havde man kun ham. Sandheden skal jo ikke stå i vejen for en god historie, men troligt er det, at bestyrelsen fik et meget kompetent og vidende medlem ved Eigils indtræden. Og allerede året efter blev han valgt til formand. Efter 15 år med fremgang, stor stabilitet og masser af nye initiativer valgte Eigil i 2015 at forlade bestyrelsen og hellige sig sine mange andre gøremål. Ekskursioner, biavl og snapsefremstilling - altid er han i gang til stor inspiration og nydelse for omgivelserne.

I Eigils formandsperiode har foreningen udvidet sine aktiviteter, fået lavet et nyt og flot layout på Flora og Fauna. Desuden stod Eigil for sammenlægingen af Naturhistorisk Forening for Jylland og Jydsk Forening for Naturvidenskab. Eigil var i sin periode som formand desuden i bestyrelsen for Naturhistorisk Museum. Meget af den positive udvikling i foreningen de senere år skyldes Eigils kærlige skub, lidt lokken og lirken samt insisteren. I bestyrelsen glæder vi os over, at Eigil stadig vil stå til rådighed med vejledning, foretagsomhed og spændende foredrag til gavn og glæde for foreningens medlemmer. *red.*

INGA KOFOED ANDERSEN NY FORMAND FOR JNF

Inga Kofoed Andersen er geolog og har i flere end ti år arbejdet i Miljøministeriet, hvor hun kortlægger og sikrer drikkevandsforsyninger til kommende generationer. Hun er meget optaget af at udbrede viden om jordens dannelse og de processer, der har påvirket overfladen i millioner af år. Og den trang får hun stillet som freelance rejseleder for større danske rejsebureauer, der arrangerer ture med geologisk indhold: Bjerge, floder og vulkaner. Derudover er hun tilknyttet FO som naturvejleder for seniorer og udforsker gerne grænserne for, hvor langt ud i naturen en terrængående rollator kan bevæge sig. Det er en livslang og smittende glæde ved at være i naturen og lære om naturen, der driver Ingas engagement i Jydsk Naturhistorisk Forening, og hun udtaler i forbindelse med formandsskiftet:
”Jeg overtager en velfungerende forening med populære aktiviteter, medlemmerne bakker op om vores arrangementer og læser vores flotte blad, som har en høj faglig kvalitet. Det gør mig både ydmyg og stolt at stå i spidsen for en forening, som gennem så mange år har bidraget til at udbrede kendskabet til den fantastiske danske natur, Det er min ambition, at jeg sammen med resten af bestyrelsen kan tage behørig vare på den arv ved at udvikle foreningen i respekt for ånd og traditioner. I en fortravlet hverdag, hvor alt kan googles, er det min passion at skabe rum til fordybelse, nærvær og naturoplevelser - og det er netop styrken ved Jydsk Naturhistorisk Forening.” *red.*

Næringsstoffer på heden– Kan hedeplejen håndtere det?

Inger Kappel Schmidt

Hederne er knyttet til de næringsfattige, sandede og sure jorde i Vestjylland og langs kysterne. Oprindelig var områderne overvejende skovbevoksede, men fældning af skov, afbrænding og opdyrkning udpinte jorden yderligere og skabte udstrakte hedeområder, hvor specialister som hedelyng (*Calluna vulgaris*) trivedes.

I midten af 1700-tallet dækkede heden over 1 mill. ha (Nielsen 1953). I dag er der omkring 84.000 ha hede tilbage. De sidste rester af heden er beskyttet (§3), men uden fjernelse af træopvækst vil disse områder naturligt springe i skov. Tilgroning af hederne er en naturlig proces, der vil forløbe med eller uden næringstilførsel, selv om tilgroningen ofte relateres til den øgede atmosfæriske deposition af kvælstof (N-deposition). Der er ingen tvivl om, at depositionen har sat yderligere skub i tilgroningen. N-depositionen er steget støt siden 1950'erne og i 1980'erne var den gennemsnitlige deposition 21 kg N ha^{-1} $år^{-1}$. Siden 1989 er den atter reduceret med over 30 % pga. faldende emission til gennemsnitlig 12-14 kg N ha^{-1} $år^{-1}$ og lidt lavere for hederne (Ellermann et al. 2012, Ellermann et al. 2013).

Det er velkendt, at **årtier med høj N-deposition** har haft en negativ effekt på hedernes plante- og dyreliv (Southon et al. 2013). Forhøjet niveau af kvælstof i luften, regnen og i jorden har en række direkte og indirekte påvirkninger. Diversiteten af bredbladede urter, laver, mosser og græsser falder, mens dækningen af græs stiger. Det skyldes især højtvoksende græsser som blåtop (*Molinia caerulea*) og bølget bunke (*Deschampsia flexuosa*), der profiterer af lettilgængelige næringsstoffer (Southon et al. 2013). Der ligger meget omfattende dokumentation for påvirkningerne af kvælstof på heder både fra Danmark (f.eks. Riis-Nielsen 1997; Kristensen og McCarthy 1999; Nielsen m.fl. 1999; Nielsen m.fl. 2000; Kongstad 2006) og internationalt (Aerts og Heil 1993; Friedrich m.fl. 2011). De nævnte publikationer er bare et lille udvalg.

Det har været en almindelig antagelse, at tilgroning af hederne med græs eller træer overvejende kan relateres til deres kvælstoftilstand. Derfor har der været fokus på, hvor meget kvælstof de enkelte plejemetoder fjernede fra heden. Selv om der mange steder foregår en målrettet pleje, der fokuserer på diversiteten og prioritetsarter, er der også en del steder, hvor plejen overvejende fokuserer på fjernelse af biomasse (evt til energi) og næringsstoffer (kvælstof) for at opretholde næringsfattige forhold, som århundreders udnyttelse af produkter fra heden har gjort. De mest benyttede plejemetoder i Danmark er maskinel slåning, rydning af buske og træer, græsning med kvæg eller får, og i mindre men stigende omfang afbrænding, samt tørveskrælning (Figur 1, 2 og 3).

I de senere år er der dog kommet flere studier, der fokuserer på, hvordan den kontinuerlige fjernelse af biomasse og organisk stof kan medføre næringsstof-ubalance, da kvælstof fjernet med biomassen hurtigt erstattes af den relativ høje N-deposition i modsætning til andre næringsstoffer som f.eks. fosfor og basekationer som kalium eller calcium. I det følgende vil vi se nærmere på, 1) hvordan hedens planter fordeler sig i forhold til jordens næringsindhold og 2) om jordbunden på heden har ændret pH og næringsstofsammensætning efter mere end 50 år med forhøjet N-deposition og 3) hvordan forskellige plejemetoder påvirker pH og sammensætningen af næringsstoffer, og 4) hvilken betydning det kan have for flora og fauna.

METODE

I Danmark er der, før kvælstofdepositionen for alvor øgedes, lavet en del grundige studier af hedejordes kemiske sammensætning (bl.a. Weis 1932; Hansen 1976) og hvordan hedens planter fordeler sig i forhold til jordbundsfaktorerne (Hansen 1976). Der er ikke siden lavet tilsvarende omfattende undersøgelser, men sammenligning med en række nyere lokale undersøgelser og eksperimenter fra Danmark og Nordeuropa kan dog gøre os lidt klogere på, hvad mere end 50 års høj kvælstofdeposition har betydet af kemiske ændringer i jord. De fleste undersøgelser beskæftiger sig med indlandshederne, som også er i fokus i denne artikel.

Does heathland management induce nutrient imbalance?
The extensive heathland farming ceased in 1800 and the major part of the heathlands was turned into forest plantation or modern agricultural fields. The heathlands now-a-day are remnants of the vast heathland area covering almost 40 % of Jutland in 1800. The most nutrient poor soils were abandoned and developed slowly into forests. The natural succession towards forest has been accelerated due to atmospheric deposition of nitrogen. In order to conserve the heathlands as dwarf shrub dominated habitats, heathland management is needed and has been applied especially during the last 20-30 years. Commonly used management practices in Denmark are mowing or grazing by sheep or cattle, removal of trees and to a minor extent sod cutting and fire. The latter is now increasingly used. However, continued removal of biomass and soil organic matter may severely deplete other nutrients than nitrogen. Nitrogen is replaced by N-deposition whereas the deposition only adds smaller amount of phosphorus (P) and cations, which may result in nutrient imbalance and decline in diversity. Further, the relatively high N-deposition has probably also contributed to a decline in base cations. Many endangered heathland species are associated with soils with slightly higher pH level and nutrient content than the soil typically found under especially Molinia caerulea, but also Calluna vulgaris tolerates the nutrient levels found in the most depleted heathland soil. Management which removes relatively more N than P will be one way to a sustainable management of soil cations and P. Fire removes the highest amount of N and C compared to P and minerals.

Key words: Nutrient imbalance, N-deposition, management, cutting, fire, grazing, pH.

[1] *Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet, Rolighedsvej 23, 1958 Frederiksberg. iks@ign.ku.dk*

Figur 1.
Slagleklipper på Hjelm Hede 2010. Hyppige slåninger som på Hjelm Hede, kan resultere i en violet monokultur af hedelyng.
Repeated cutting of heather as seen here at Hjelm Hede may result in a purple monoculture of C. vulgaris. *Foto: Inger Kappel Schmidt*

Figur 2.
Tørveskrælning på hede domineret af blåtop. Foto: Inger Kappel Schmidt
Sod cutting on a Molinia caerulea *dominated heath.*

Figur 3
Mosaik af dværgbuske på Nørholm Hede, som man sjældent finder på hederne. Her ses hedelyng, revling og klokkelyng. Mikrotopografien på den urørte hede er meget varieret og overalt findes våde og tørre partier. Foto: Inger Kappel Schmidt
Mosaic of C. vulgaris, Empetrum nigrum *and* Erica tetralix *at Nørholm Hede. The un-managed heath has a highly varied microtopography with dry and wet parts.*

Hedens flora i relation til næringsstoffer og pH
I 1970-1971 analyserede Kjeld Hansen jorden på 50 indlandsheder fordelt på 22 hedesletter og 21 bakkeøer i Vestjylland, 7 yngre sandmoræner i Himmerland og 5 felter med klippe på Bornholm (Hansen 1976). I hver hede blev der udtaget jordprøver under en række af hedens plantearter. I alt udlagde han 400 1 m^2 felter under forskellig vegetation for at undersøge arternes fordeling efter jordbund. Dog skulle der i alle felter være hedelyng (*Calluna vulgaris*). I hvert felt blev der udtaget 4 jordprøver, der blev delt i hhv morlag og øverste 10 cm af mineraljorden og derefter samlet til en prøve fra hvert lag. Prøverne blev analyseret for bl.a. pH_{H2O}, ombyttelige og totalt indhold af kationer (Ca, Mg, K, Na, Mn, Al) og fosfor (P). Kvælstof (N) indgik desværre ikke i analyserne. Dermed er sammenligning med data fra NOVANA programmet, hvor der er målt pH, C og N i jord, ikke mulig (Nielsen et al. 2015).

I Holland er der lavet en tilsvarende, men mindre undersøgelse (Houdijk et al. 1993), der indsamlede jordprøver fra omkring 10 heder, hvor truede arter var til stede, men havde udvist stor tilbagegang, og tilsvarende fra heder, hvor blåtop, hedelyng eller klokkelyng voksede. De indsamlede de øverste 10 cm af mineraljorden og analyserede for bl.a. pH, P, Al og Ca i både vand og $NaCl_2$. Kleijn m.fl. (2008) og De Graaf m. fl. (2009) samlede ovenstående undersøgelse med tilsvarende publicerede og upublicerede data fra en række overvejende hollandske undersøgelser, hvor samme indsamlingsmetodik og kemiske analyser var foretaget. Formålet var at identificere de biogeokemiske faktorer, der er afgørende for forekomsten af hedens mere sjældne arter.

På nogen heder kan man finde mere urterige partier langs grusveje, hvor støv fra gruset har beriget jorden med næringsstoffer og mineraler, eller på tidligere dyrkede marker - indmarken i det gamle hedebrug (Figur 4). Disse lokale forskelle i vegetationen skyldes forskelle i jordens næringsindhold mellem tidligere dyrkede marker og områder, der aldrig blev opdyrket, men blev benyttet til græsning og leverede lyngris og tørv til gården (udmarken), eller som blev dyrket uden tilførsel af næringsstoffer efter lange brakperioder med akkumulering af næringsstoffer. Sammenligning af disse områder kan sige en del om vegetationens fordeling i forhold til jordbundsfaktorer og er lettere at sammenligne over tid.

I 2011 udlagde vi 200 felter á 1 m^2 på Nørholm Hede, som overgik fra hedebrug i 1800-tallet til fredet hede uden pleje i 1895. På heden blev udlagt 100 felter i områder, hvor der ikke er spor af tidligere dyrkning eller tilførsel af næringsstoffer (udmarken) og 100 felter blev placeret på tidligere dyrkede marker (indmarken), hvor de højryggede agre og dyrkningskort vidner om opdyrkning og sandsynligvis næringstilførsel gennem århundreder. I hvert felt blev der udtaget fire jordprøver fra morlaget og fra de øverste 0-10 cm af mineraljorden. De blev samlet til en prøve for hvert lag. Prøverne blev analyseret for totalt P og Olsen P (plantetilgængeligt fosfor), pH_{KCl}, ombytteligt Ca og Al (Van Steerteghem 2012). Vegetationens dækning blev visuelt estimeret.

Næringsstoffer og pH efter forskellige plejemetoder
Det mest detaljerede studie af forskellige plejemetoders effekt på næringsstofpuljerne i heder er udført på Lüneburger Heide (Haerdtle et al. 2006; 2009), hvor hedens næringsbudget blev opgjort efter et år med fire forskellige plejemetoder: Slåning i 10 cm's højde, vinterafbrænding af overjordisk biomasse, tørveskrælning, hvor biomasse, morlag og øverste del af A-horisonten fjernes, samt 8 timers daglig græsning med 1.1 får ha^{-1} (med hyrde).

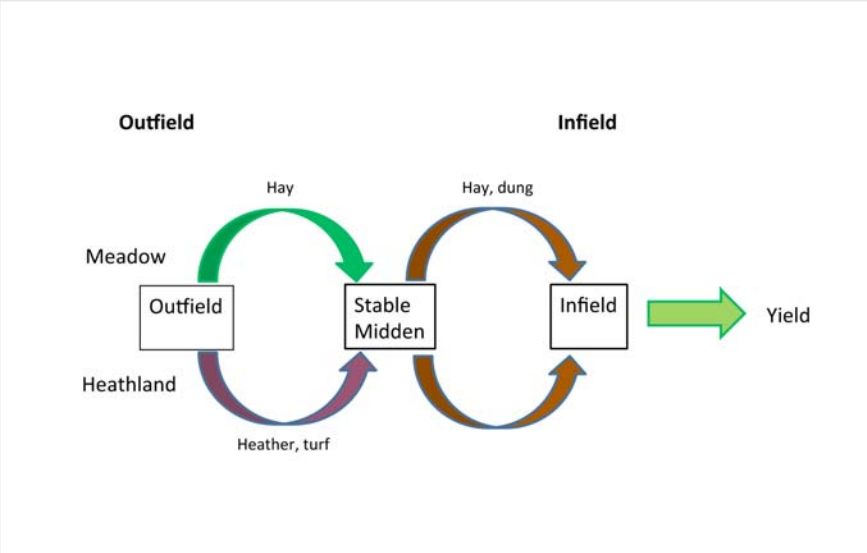
I Danmark blev der allerede tidligt etableret plejeforsøg bl.a. Böcher (1941) på Randbøl Hede, men der er meget få steder, hvor der er fulgt op på disse forsøg med jordbundsanalyser. I 1999 undersøgte Buttenschøn m.fl. (2005) effekten af græsning, afbrænding, slåning og tørveskrælning samt en række mindre benyttede plejemetoder også på Randbøl Hede. I forsøget fra 1999 blev der taget jordprøver ved forsøgets start i alle forsøgsfelter i 0-10 cm dybde og noteret om det var under blåtop, bølget bunke, dværgbuske eller andet. Prøverne blev analyseret for pH_{CaCl2}, C, N og P, og ombytteligt Ca og K.

Områderne fra begge forsøg er desværre delvist blevet afbrændt i LIFE projektet RAHID (2011- 2015), så dele af forsøgene ikke længere kan bruges til at følge langtidseffekterne af forskellige plejetiltag. De skiftende projekter, mål og aktører gør det generelt svært at følge op på tidligere forsøg. I 2015 undersøgte vi jorden på Randbøl Hede, Trehøje Hede og Præstbjerg Hede i områder, der indenfor 1-5 år har været afbrændt én til flere gange eller slået og sammenlignede med urørt hede (Randbøl) og gammel lynghede slået i starten af 1990'erne (Trehøje). Jordprøver fra morlag og øverste 0-10 cm af mineraljorden blev analyseret for pH i vand og $CaCl_2$, C, N, P og ombyttelige kationer. På Trehøje og Præstbjerg Hede er plejen en del af et forsøg med afbrænding efterfulgt af græsning med får og hyrde (Figur 5)

Med udgangspunkt i disse forsøg, forsøger vi at evaluere effekten af forskellige hedeplejeformer på næringsstofpuljer og sammensætningen af næringsstoffer i jorden. Baseret på overvejende hollandske studier ser vi desuden på, hvad disse ændringer i vegetationen kan betyde for insekter, der fouragerer på hedens planter.

RESULTATER OG DISKUSSION

Hedejordens næringsstoffer og planternes fordeling.
Hedens planter er generelt tilpasset lav pH og lave næringsmængder. Hansen (1976) undersøgte planternes forekomst på 50 heder og fandt, at de gennemsnitligt var at finde på jorde med pH_{H2O} på 3,94 og 4,27 i hhv morlag og sandjord. Bredbladede urter og andre græsser end bølget bunke og blåtop voksede på jorde med det højeste pH, Calcium (Ca) og fosfor (P) indhold. Blåtop skilte sig ud blandt græsserne ved at vokse på jorde med lavere pH, kation- og P-indhold, men også tykkere morlag og højere vandindhold. Tilsvarende fandt Buttenschøn m.fl. (2005) også lavere pH under blåtop på Randbøl Hede.



Figur 4
Stofkredsløb i hedebruget. På de næringsfattige jorde var det et stort arbejde at skaffe nok næringsstoffer til at dyrke jorden. Store arealer (udmarken) blev græsset om dagen og dyrene bragt hjem om aftenen. Her afleverede de en del gødning, som blev opsamlet og brugt til at gøde indmarken. Dermed var jorden delt i et ekstensivt og et intensivt udnyttet areal (Efter Christiansen 2001)
Nutrient and organic matter flow in the infield-outfield system, which divided the farmland into an extensively and intensively exploited area. Animals grazed during daytime at the outfield and were gathered in the barns or midden during night. The dung was collected and used in the more intensively farmed part, the infield (After Christiansen 2001).

Figur 5 a (tv) og b 5 (nederst)
Afbrænding efterfulgt af græsning med får og hyrde afprøves i disse år på Trehøje og Præstbjerg Hede. Her (5 b) er det hyrde Berit Kiilerich med sine Svælsau får.
Foto: Annette Holmenlund.
Burning followed by sheep grazing with shepherd is practiced these years at Trehøje and Præstbjerg Hede.

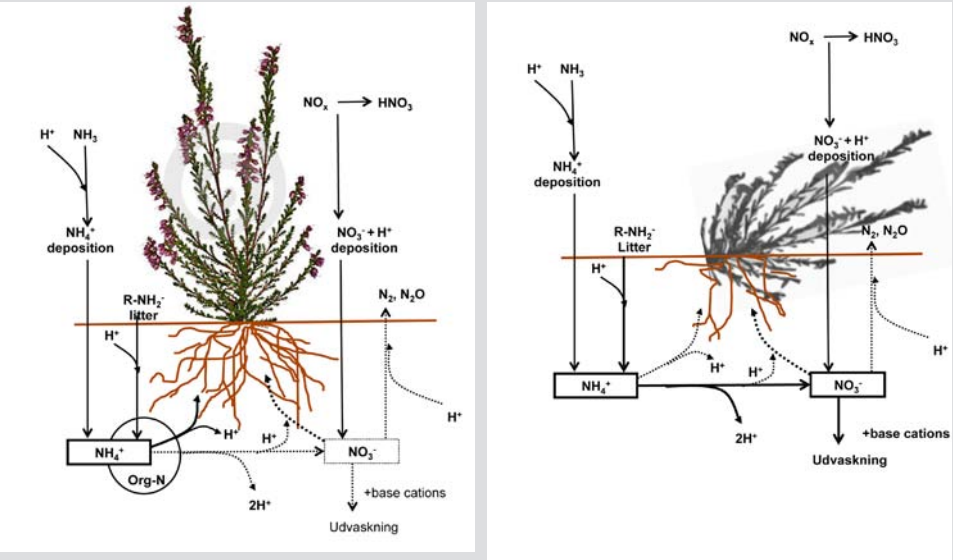
Mange af de bredbladede urter, der er i tilbagegang eller er forsvundet fra hederne voksede på jorde med højere pH end gennemsnittet (Hansen 1976). Det er derfor oplagt at spørge, om tilbagegangen i disse grupper kan relateres til en forsurende effekt fra N-deposition, dvs. nedfald af kvælstofforbindelser (primært skabt i industri og landbrug) fra atmosfæren til hedeområderne.

Før stigningen i den atmosfæriske deposition af kvælstof blev der udover Hansen (1976) lavet flere grundige studier af hedejordes fysiske og kemiske beskaffenhed (Weis 1929, 1932; Hansen 1969). De benyttede hhv. saltekstrakt og vandekstraktion til bestemmelse af pH (Tabel 1), men nyere analyser af hedejorde er også foretaget med begge metoder, så vi vil vove pelsen og lave en sammenligning.

Generelt ser der ikke ud til at være forskel på pH i morlaget før og nu baseret på vandekstraktion. Der er kun få tidlige målinger af pH ekstraheret med saltekstrakt, så det er svært at vurdere udviklingen. Ser man på pH_{H2O} i blegsandet, er den lavest målte værdi hos Hansen (1976) 4,05 i Vrads Sande. I det beskedne materiale målt i de senere år er der flere pH_{H2O} værdier under 4.0, hvilket kan tyde på en vis forsuring af mineraljorden. Værdierne for pH_{salt} peger i samme retning. Weis (1932) fandt pH-niveauer på Grindsted Hedeslette på 3.7 – 4.5. Tilsvarende værdier finder man i dag kun på østdanske heder. En del målinger i morlaget har pH_{salt} under 3.0 og pH i blegsandet ligger også omkring 3.0 flere steder.

BOKS 1: KVÆLSTOF

Kvælstof har i de fleste økosystemer fra naturens hånd været en begrænset ressource. I en uforstyrret hede vil en lille smule kvælstof tilføres økosystemet og meget lidt vil forlade det med det overskydende regnvand. Kvælstofkredsløbet er altså relativt lukket med en begrænset udveksling af stof mellem økosystemet og omgivelserne. N-depositionen består af kvælstofilter (NOx) og ammoniak. Heder med høj dækningsgrad af lyng kan tåle relativt høje koncentrationer af kvælstof i en periode. Hedelyng udskiller store mængder polyfenoler både fra de levende blade og under nedbrydningen af døde. Under nedbrydningen af polyfenolerne binder mikroorganismerne en del kvælstof i svært nedbrydelige forbindelser (Kristensen og McCarty 1999). På den måde medvirker dværgbuskene til at opretholde et meget lavt indhold af plantetilgængeligt kvælstof i jorden. Planter af lyngfamilien har en speciel form for mykorrhiza, der kan nedbryde disse forbindelser og på den måde sikrer lyngen eneadgang til kvælstoffet – en konkurrencefordel under næringsfattige forhold. Når lyngen dør vil produktion af polyfenoler stoppe og der kommer et overskud af ammonium i jorden, som mikroorganismer kan omdanne til nitrat ved nitrifikation. Når ammonium (NH_4^+) omdannes til nitrat (NO_3^-) frigives brintioner (H^+), der er en syre. Nitrat er negativt ladet og bindes derfor ikke til jordens negativt ladede partikler, men udvaskes. Det trækker kationer med sig og de øverste jordlag bliver langsomt tømt for basekationer.



Figur 6. I den intakte lynghede er udvaskningen af kvælstof begrænset. Kvælstof findes overvejende i sværtnedbrydelige forbindelser eller som aminosyrer. Kvælstofkredsløbet er lukket. Hvis lyngplanterne dør på grund af alder, angreb af lyngbladbillen eller frostskader kan ammonium concentrationen stige til toxiske niveauer, nitrifikationen er høj og det samme er udvaskningen af nitrat.
Under intact C. vulgaris the nitrogen cycle is closed and the leaching of nitrate limited. If the heather plants die of age, heather beetle outbreak or winter desiccation, the ammonium concentration may increase to toxic levels, nitrate is produced and the nitrogen cycle is open with high leaching of nitrate.

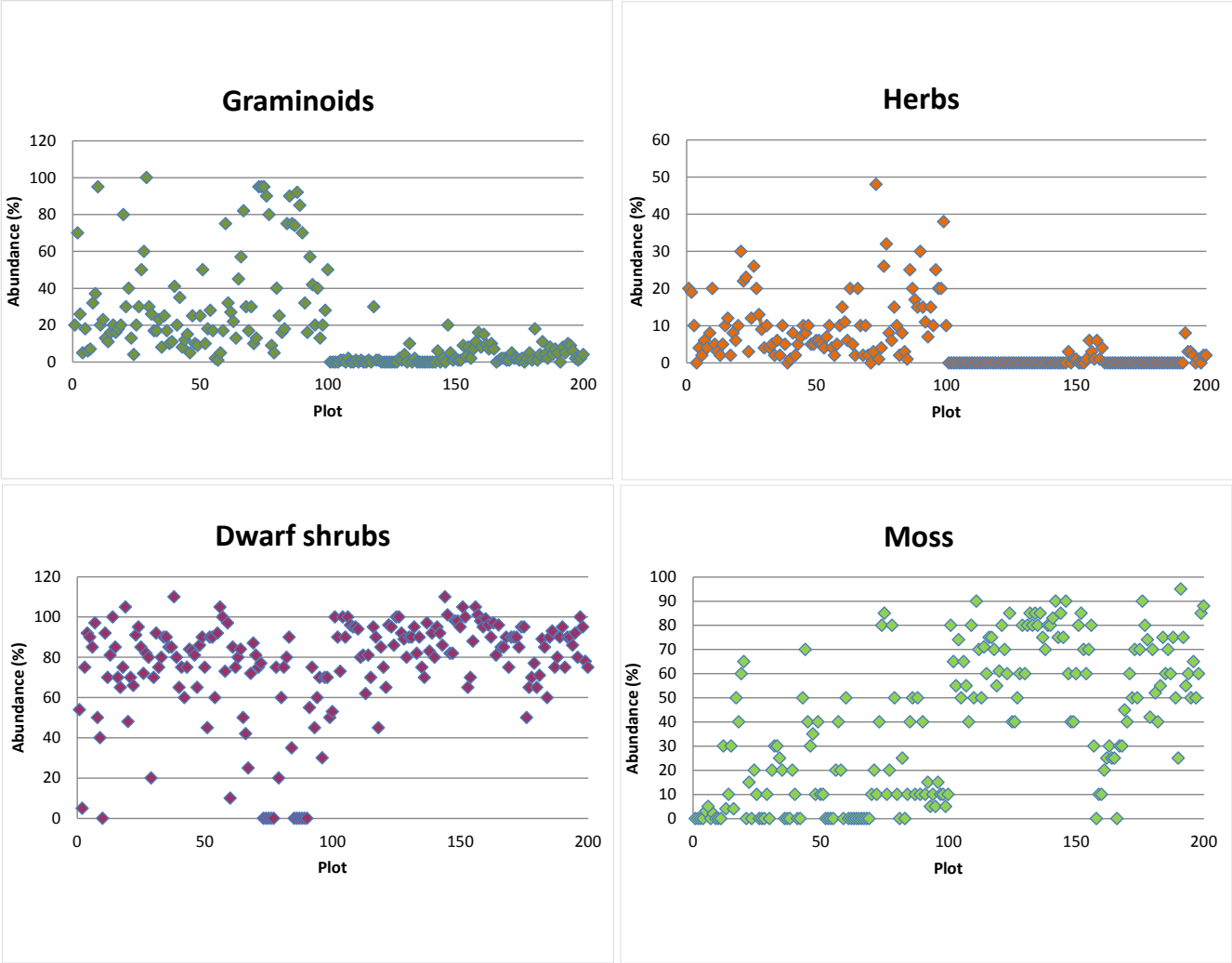
Figur 7.
Tidligere arealanvendelse giver tydelige forskelle i jordbundsprofilet i århundreder. Her er jordprøver fra Nørholm Hede taget på de tidligere marker, der blev dyrket frem til 1870 (venstre) og på den urørte hede (højre). Det bagvedliggende foto viser de tydelige højryggede agre. Disse kulturspor udviskes, hvis heden udsættes for pleje med f.eks. slagleklipper, som fjerner det øverste jordlag på højereliggende partier. Fotos: Inger Kappel Schmidt
Former land-use is visible in the soil profile during centuries. The figure shows soil profile from Nørholm Hede from former fields cultivated until 1870 (left) and from the out-field without trace of soil disturbance (right). The photos behind the left profile shows the ridge and furrow topography due to historical ploughing. Mechanical cutting may blur the cultural remnants.

Tabel 1. pH i hedejord målt i vand eller salt ekstrakt. Gennemsnit er beregnet på basis af H+ koncentrationen.
The pH in the mor-layer or mineral soil in heathlands over time. The pH was measured on air dried soil sampled in either water or extracted in KCl or $CaCl_2$.

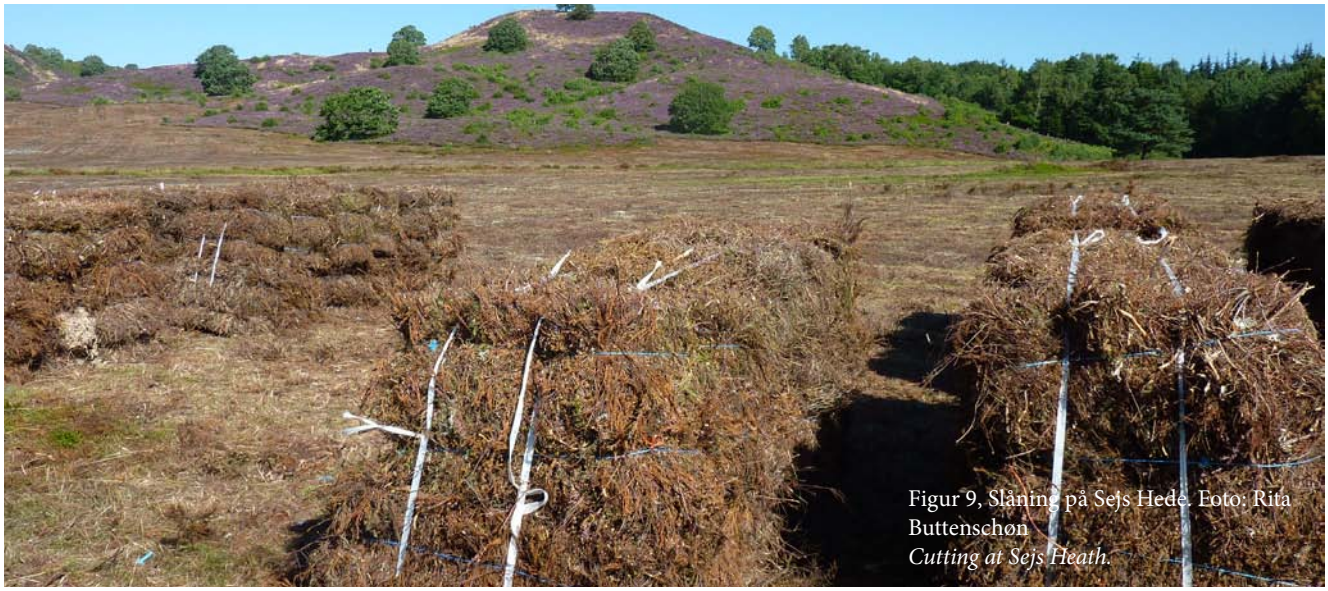
Lokalitet	år	mor pHH2O	mor pHsalt	Blegsand pHH2O	blegsand pHsalt	Note	kilde
Grindsted			3,5-3,7		3,7-4,5	Hedeslette	Weis 1932
Damhus	1961	4,0		4,3		Ved Vind	Hansen 1969
Br60	1961	3,7		4,1		Ved Vind	Hansen 1969
Vestjylland	1970-71	3,94		4,24		22 hedesletter	Hansen 1976
Vestjylland	1970-71	3,92		4,29		21 bakkeøer	Hansen 1976
Himmerland	1970-71	3,97		4,29		7 heder	Hansen 1976
Bornholm	1970-71	4,03		4,54		5 heder	Hansen 1976
Hjelm Hede	1994	3,60	2,66	3,95	2,93	Hedeslette	Nielsen m.fl. 2000
Lodbjeg Hede	1994	4,01	2,9	4,11	3,06	Klithede	Nielsen m.fl. 2000
Mols Bjerge,	2003	4,6	3,67	4,6	4,14	Østdansk	Schmidt m.fl. 2004
Randbøl	1999		3,46			0-10 cm	Buttenschøn m.fl. 2005
Randbøl	1999		3,30			Blåtop, 0-10 cm	Buttenschøn m.fl. 2005
Nørholm	2011				3,40	Gamle marker	Van Steerteghem 2012
Nørholm	2011				3,04	Urørt	Van Steerteghem 2012
Randbøl	2015	4,09		3,93		Urørt	Gutzat, Schmidt upubl
Trehøje	2015	4,46	2,98	4,48	3,05	Ældre hede	Munoz, Buttenschøn,Schmidt upubl
NOVANA heder	2011-2013		4%<3.0; 64%3,0-3,5; 32%>3,5				Nielsen m.fl. 2015

I jordprøver fra den terrestriske overvågning i NOVANA har 4 % af jordene pH_{salt} værdier under 3.0, 64 % af prøverne ligger mellem 3.0 og 3.5 og kun 32 % har pH over 3.5 (Nielsen m.fl. 2015, Tabel 1). Strandberg og Nielsen har undersøgt pH på en række midtjyske heder og blandt andet på Sejs hede lå flere feltmålinger mellem 2,7 og 2,9. Dette er så ekstremt surt, så man måske er tæt på et tipping point med et buffersystem, der minder om pyritholdige moser med ekstrem forsuring (upubliserede data).
På Nørholm Hede er der markant flere urter og højere floradiversitet på de gamle marker, der har været gødet og opdyrket gennem århundreder frem til 1860'erne, sammenlignet med arealer uden kendt opdyrkning (Figur 4). De gamle marker er karakteriseret ved højere pH (Tabel 1), markant højere P-indhold, tyndere morlag og svagere podsolering (Figur 7).

Resultaterne fra Nørholm Hede er interessante, da de viser, at den mest næringsfattige del af heden er artsfattig, da urterne forsvinder med det lave næringsindhold og pH (Figur 7). Et forhold man skal være opmærksom på i hedeplejen (se nedenfor). Flere hollandske forsøg har analyseret jordbundsfaktorer under forskellige arter tilknyttet heden og har bl.a. peget på en negativ korrelation mellem Al/Ca ratioen og pH og omvendt en positiv korrelation mellem antal plantearter og pH (Houdijk m.fl. 1993; Kleijn m.fl. 2008; De Graaf m.fl. 2009). Kigger man på data fra forskellige danske forsøg (Hansen 1976; Buttenschøn m.fl. 2005; Van Steerteghem 2012) er der i bedste fald en svag stigning i Al/Ca ratioen med stigende pH. Forskellene kan skyldes, at de hollandske studier inkluderer surt overdrev med højere pH. De Graaf m.fl. (2009) fandt at NH_4^+ var den faktor, der bedst forklarede faldet i antal plantearter på den tørre hede. Et forhold Strandberg m.fl (2012) også pegede på for klokkelynghede. Forhøjet NH_4^+ kan skyldes et skifte fra immobilisering af uorganisk N, som det ses i den intakte dværgbuskdominerede hede (Kristensen og McCarty 1999), til et mere åbent N-kredsløb domineret af mere næ-



Figur 8
Dækning af forskellige funktionelle grupper på de tidligere dyrkede marker på Nørholm Hede (plot 0-100) og på heden, der har ligget urørt siden 1895 (plot 101-200). Der er markant større dækning af urter på den tidligere dyrkede hede. Det kan sandsynligvis relateres til det højere pH og indhold af fosfor og kationer i jorden end på den dyrkede del af heden. Dækningen af likener var henholdsvis 0 og 0.2 % på den dyrkede og urørte hede.
The cover of different growth forms (graminoids, moss, herbs and dwarf shrubs) at Nørholm Hede. The first 100 plots are sampled in former cultivated heathland; the second hundred plots are sampled in uncultivated heathlands. There is significant higher cover of herbs on the former cultivated heath, which may be due to higher pH and content of P and cations in the former infields. Lichens were abcent at the former cultivated fields and covered 0.2 % at the uncultivated area



Figur 9, Slåning på Sejs Hede. Foto: Rita Buttenschøn
Cutting at Sejs Heath.

Tabel 2. Plejemetoders fjernelse af næringsstoffer på Lûneburger Heide (Härdtle m.fl. 2009). Den store mængde N og P, der udtages ved græsning skyldes sandsynligvis, at der er tale om kontrolleret græsning med hyrde, hvor dyrene overnatter i indhegning, og hvor ca 60 % af dyrenes fæces og urin afsættes.

Removal of nutrients at Luneburger Heide with different management regimes. The high annual removal of nutrients by grazing may be due to sheep grazing by shepherd and that the animals stay in enclosures during night where about 60 % of their feces and urine are placed.

	Kvælstof fjernet *kgN ha^{-1}*	Årligt *kgN ha^{-1} år^{-1}*	Fosfor fjernet *kgP ha^{-1}*	Årligt *kgP ha^{-1} år^{-1}*	N/P ratio af fjernet materiale
Fåregræsning/Sheep grazing (hvert år)	25,6	25,6	1,9	1,9	13,5
Afbrænding/Fire (hvert 10. år)	106	10,6	1,9	0,2	53
Slåning/Mowing (hvert 10. år)	100	10	7,4	0,7	13,5
Tørveskrælning/Sod cutting (hvert 30. år)	1716	57.2	76,2	2,6	22,3

ringskrævende arter, så det måske snarere er dværgbuskenes død, der forårsager forhøjet NH_4^+end NH_4^+ der forårsager dværgbuskenes død.

Hedeplejen og næringsstofferne,
De mest detaljerede undersøgelser af næringsstoffjernelse ved forskellige plejemetoder stammer fra Lüneburger Heide. De viser, at specielt tørveskrælning effektivt fjerner overskydende kvælstof fra eutrofierede heder. Samtidig med kvælstof fjernes dog også P og kationer. Forsøget viser, at kvælstof erstattes af N-depositionen i løbet af 5-10 år, hvis der benyttes græsning med hyrde eller slåning og i løbet af 30 år, hvis man benytter tørveskrælning (Tabel 2). Ser man derimod på fosfor og andre elementer er billedet anderledes. Der er meget lidt P i den atmosfæriske deposition, så P skal overvejende erstattes fra forvitring, der er en langsommelig proces. Især i de næringsfattige vestjyske sandjorde, hvor indholdet er meget lavt. Dermed kan der opstå en næringsubalance. Kystnære heder modtager en del kationer med nedbøren, som helt eller delvist kan kompensere tabet (Håardtle m.fl. 2006).

Afbrænding er den plejemetode, der fjerner mest N i forhold til P med en NP ratio af det afbrændte materiale på 53 på Lüneburger Heide. Tilsvarende forhold mellem N og P i det afbrændte materiale fandt Vestergaard m.fl, 1996. I 1992 brændte 192 ha hede i Hansted reservatet. Branden fjernede 67 og 68 % af C og N, men kun 20 % af fosforpuljen (Vestergaard og Alstrup, 1996). Også pH bliver påvirket af de forskellige plejemetoder. I et forsøg med afbrænding af 2 heder fandt Hansen (1969) en stigning i pH umiddelbart efter branden, men det faldt hurtigt og 2 år efter branden var pH-niveaet det samme som før branden. Til gengæld var der stadig 60 % højere P-indhold i jorden 2 år efter branden. På Randbøl Hede var pH uændret efter afbrænding, hvorimod pH var signifikant forhøjet 2 år efter afbrænding på Trehøje Hede (upubliceret). Langtidsgræsning på Buelund, Mols viste et svagt stigende pH i mineraljorden fra 3,7 til 4,0 (Buttenschøn upubliceret).

Afbrænding af hederne har ikke været specielt udbredt som plejemetode i Danmark (Riis-Nielsen 1991). Der er fornyet interesse for at anvende afbrænding, da det er en billig metode, der bevarer mikrotopografien, kulturspor og nok så væsentligt fordi en forholdsmæssig større andel af N forsvinder op i røg, hvorimod hovedparten af P og kationer forbliver på jorden. Afbrænding har den fordel, at man kan brænde relativt små arealer (mosaikafbrænding) og dermed skabe uensaldrende heder. Til gengæld efterlader branden et såbed og en jord med rigeligt P, så opfølgning i form af græsning med fordel kan benyttes for at forhindre tilgroning med bl.a. den kvælstoffixerende gyvel (*Cytusis scoparius*). Kombinationen af afbrænding efterfulgt af græsning med hyrde praktiseres på Præstbjerg og Trehøje Hede (Figur 3) og det bliver spændende at følge langtidseffekterne af det.

I Holland har man de seneste 30-40 år plejet heder med tørveskrælning eller slåning, hvor det øverste af morlaget blev høstet med. Det har været en effektiv måde til at fjerne kvælstof, men det betyder samtidigt et fald i P indholdet i jorden til et niveau, hvor arter som blåtop tilpasset lav P-tilgængelighed klarer sig godt, hvilket kan betyde tab af biodiversitet (Diemont m.fl. 2013; Friedrich m.fl. 2012). I de senere år er diskussionen af plejemetodens rolle for forarmning af hedernes flora og fauna intensiveret. Slåning og specielt tørveskrælning fjerner store mængder N og P, men høj N-deposition betyder, at det høstede kvælstof hurtigt erstattes i modsætning til fosfor og kationer, hvilket kan betyde næringsstof ubalance i jorden og planterne. Et forhold Strandberg m.fl. (2012) også diskuterer for den våde klokkelynghede.

Vogels m.fl. (2013) studerede invertebratfaunaen i relation til planternes N/P ratio i Holland, og resultaterne viste faldende antal insekter i fangstfælder for flere grupper (bl.a. herbivore og carnivore carabid biller) med stigende N/P ratio. De vurderer, at tilbagegang af fuglearter (i hyppighed og artsantal) tilknyttet heder ikke nødvendigvis kun skyldes forringet habitatstruktur, men

også kan skyldes ændringer i fødegrundlagets kemiske sammensætning.

KONKLUSION

Den allermest næringsfattige del af heden er artsfattig. Da man i 1800-tallet for alvor begyndte at opdyrke hederne eller tilplante dem med skov, skete det på heder med de bedste næringsforhold. Resterne af den store jyske alhede, vi har tilbage i dag, er de allermest næringsfattige heder, som derfor er specielt udsatte for forsuring pga. ringe bufferkapacitet.

Resultaterne fra Nørholm Hede peger på, at der er behov for at forvalte hedens næringsstoffer og næringsstofbalance. En mulighed er, at lade successionen gå lidt længere end til gammel hedelyng, dvs tillade en vis trævækst, som foreslået af andre grunde i kapitlet om Nørholm Hede. Træerne vil med deres rødder kunne allokere næringsstoffer fra dybere jordlag og dermed berige de øverste jordlag med mere næringsrig førne med højere pH. Desuden skal der mere fokus på plejemetoder, hvor der ikke fjernes relativt mere P og kationer end N, da de ikke på tilsvarende vis erstattes af den atmosfæriske deposition. Kontrolleret afbrænding, optimalt set som en turnus mellem hedens delområder, er en mulighed.
Det vil også være fristende at foreslå kalkning på dele af udvalgte heder for at se, om det kan fremme andelen og diversiteten af urter. Der er ofte en mere varieret flora på de gamle veje over heder, hvor der i hedebruget var transport af mergel fra kalkbrud til marker eller i kanten af grusvejene, hvor støvet fra vejen beriger jorden med mineraler.

CITERET LITTERATUR

Aerts R, Heil GW 1993. Heathlands: Patterns and Processes in a Changing Environment pp. 181-200. Kluwer Academic Publisher.

Buttenschøn RM, Degn HJ, Jørgensen S 2005. Forsøg med bekæmpelse af Blåtop på Randbøl Hede. Arbejdsrapport Skov & Landskab 9. 62 sider.

Böcher TW 1941. Vegetationen på Randbøl hede med særlig hensyntagen til det fredede areal. Det Kongelige Danske videnskabernes selskab. Biologiske skrifter., Bd. I, nr. 3

Christiansen S 1978: INFIELD-OUTFIELD SYSTEMS —characteristics and development in different climatic environments. Geografisk Tidsskrift 77: 1-5. http://img.kb.dk/tidsskriftdk/pdf/gto/gto_0077-PDF/gto_0077_70715.pdf

Christiansen S 2001. Flows of matter in a traditional heathland farm about 1840. An example from Norther West Jutland, Denmark. Geografisk Tidsskrift 101: 43-66

De Graaf MCC, Bobbink R, Smits NAC, Van Diggelen R, Roelofs JCM 2009. Biodiversity, vegetation gradients and key biochemical processes in the heathland landscape Biological Conservation 142(10) · October 2009

Degn HJ 1997. Ændringer af vegetationen på Randbøl Hede 1954-1995. Flora og Fauna 103 (2): 25-46.

Diemont WH, Kramer K, Hommel P & Härdtle W 2013: Impact of atmospheric N on growth in heathlands. In: Diemont WH et al. (eds) 2013. Economy and ecology of heathlands, KNNV Publishing, Zeist, the Netherlands: side 259-272.

Ellermann T, Andersen HV, Bossi R, Christensen J, Løfstrøm P, Monies C, Grundahl L. & Geels C 2013: Atmosfærisk deposition 2012. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. 85 s. – Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 73. http://dce2.au.dk/pub/SR73.pdf

Ellermann T, Bossi R, Christensen J, Løfstrøm P, Monies C, Grundahl L. & Geels C 2015: Atmosfærisk deposition 2013. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. 69 s. – Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 119. http://dce2.au.dk/pub/SR119.pdf

Friedrich U, Falk K, Bahlmann E, Marquardt T, Meyer H, Niemeyer T, Schemmel S, von Oheimb G, Härdtle W 2011: Fate of airborne nitrogen in heathland ecosystems: a 15N tracer study. Global Change Biology 17: 1549-1559.

Friedrich, U., G. von Oheimb, W.U. Kriebitzsch, K. Schleβelmann, M.S. Weber & W. Härdtle. 2012. Nitrogen deposition increases susceptibility to drought- experimental; evidence with the perennial grass Molinia caerulea (L.) Moench. Plant and Soil 353: 59-71.

Hansen K 1969. Edaphic conditions of Danish heath vegetation and the response to burning-off. Særtryk af Botanisk Tidsskrift 64: 121-140

Hansen K 1976. Ecological studies in Danish heath vegetation. Dansk botanisk arkiv, bd. 31, nr. 2: 1-118.

Houdijk ALFM, Verbeek PJM, Van Dijk HFG, Roelofs IGM 1993. Distribution and decline of endangered heathland species in relation to the chemical composition of the soil. Plant and Soil 148(1):137-143

Härdtle W, Neimeyer M, Niemeyer T, Assmann T, Fottner S 2006. Can management compensate for atmospheric nutrient deposition in heathland ecosystems? Journal of Applied Ecology 43: 759-769.

Härdtle W, von Oheimb G, Gerke AK, Niemeyer M, Niemeyer T, Assmann T, Drees C, Matern A, Meyer H 2009: Shifts in N and P budgets of heathland ecosystems: effects of management and atmospheric inputs. Ecosystems 12: 298-310.

Kleijn DR, Bekker M, Bobbink R, de Graaf MCC, Roelofs JGM 2008. In search for key biogeochemical factors affecting plant species persistence in heathlands and acidic

grasslands: a comparison of common and rare species. Journal of Applied Ecology 45(2):680 – 687

Kongstad Pedersen J 2006. Kvælstofs og fosfors indvirkning på fænologi, tilvækst og næringsstofindhold for Deschampsia flexuosa og Calluna vulgaris. Specialerapport, Københavns Universitet.

Kristensen HL, McCarty GW 1999. Mineralization and immobilization of nitrogen in heath soil under intact Calluna, after heather beetle infestation and nitrogen fertilization. Applied Soil Ecology 13: 187-198 Nielsen KE, Hansen B, Ladekarl UL, Nørnberg P 2000. Effects of N-deposition on ion trapping by B-horizons of Danish Heathlands. Plant and Soil 223: 265–276, 2000.

Nielsen KE, Nygaard B, Bladt J, Damgaard C, Ejrnæs R 2015. Indikatorer for terrestriske naturtyper inden- og udenfor habitatområderne, 2013. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 46 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 157 http://dce2.au.dk/pub/SR157.pdf

Nielsen NC 1953. Udviklingen i tal gennem 100 aar for landejendomme og befolning, arealets benyttelse, planteavl og husdyrhold. I: Hedens Opdyrkning i Danmark (Red. Harald Skodshøj) : mindebog udg. ved oprettelsen af Kongenshus. Mindepark for hedens opdyrkere. Det Danske Hedeselskab

Nielsen PL, Andresen LC, Michelsen A, Schmidt IK, Kongstad J 2009. Seasonal variations and effects of nutrient applications on N and P and microbial biomass under two temperate heathland plants. Applied Soil Ecology 42(3): 279-287

Riis-Nielsen T 1997: Effects of nitrogen on the stability and dynamics of Danish heathland vegetation. Ph.D. Thesis, Department of Plant Ecology, University of Copenhagen.

Riis-Nielsen T, Schmidt IK, Frandsen BL & Binding T 2005: Nørholm Hede -En langtidsundersøgelse af hedens vegetationsudvikling og tilgroning. Forskningsserien. Skov&Landskab, KVL. Bog: 1-210.

Riis-Nielsen T, Søchting U, Johansson M & Nielsen P 1991: Hedeplejebogen - de danske heders historie, pleje og udforskning. Miljøministeriet, Skov- og Naturstyrelsen: 1-248.

Schmidt IK, Nielsen BO & Riis-Nielsen T 2007: Lynghederne. I: Vestergård P. (red.) Det åbne land. Naturen i Danmark, bind 3. 213-246. Gyldendal

Southon GE, Field C, Caporn SJM, Britton AJ & Power SA 2013: Nitrogen Deposition Reduces Plant Diversity and Alters Ecosystem Functioning: Field-Scale Evidence from a Nationwide Survey of UK Heathlands. PLoS ONE 8(4): e59031. doi:10.1371/journal.pone.0059031

Southon GE, Green ER, Jones AG, Barker CG & Power SA 2012: Long-term nitrogen additions increase likelihood of climate stress and affect recovery from wildfire in a lowland heath. Global Change Biology 18: 2824-2837

Strandberg M, Nielsen KE, Bak J, Damgaard C 2012. Forsuring truer klokkelyng. Vand & Jord 19: 70-74.

Van Steerteghem E. 2012: The relationship between former land-use, nutrient availability and heathland succession at Nørholm Hede. Specialerapport Ghent Universitet, Belgien

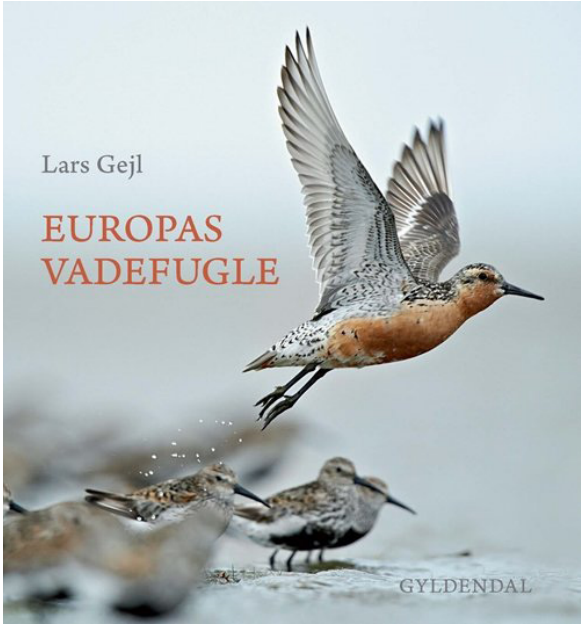
Vestergaard P og Alstrup V 1996. Loss of organic matter and nutrients from a coastal dune heath in Northwest Denmark caused by fire. Journal of Coastal Conservation 2: 33-40.

Vogels J, Siepel H & Webb NR 2013: Consequences of changed nutrient contents for entomofauna and insectivores. In : Diemont WH et al. (eds) 2013. Economy and ecology of heathlands, KNNV Publishing, Zeist, the Netherlands: side 273-297.

von Oheimb G, Power SA, Falk K, Friedrich U, Mohamed A, Krug A, Boschatzke N & Härdtle W 2010. N:P ratio and the nature of nutrient limitation in Calluna-dominated heathlands. Ecosystems 13: 317-327.

Weis F 1932. Fortsatte fysiske og kemiske undersøgelser over danske hedejorder og andre podsoldannelser. Biologiske meddelelser. Kgl. Danske videnskabernes selskab, bd. 10, nr. 3.

Anmeldelse:
EUROPAS VADEFUGLE



Boganmeldelse: Lars Gejl 2015: Europas vadefugle.
Gyldendal, 370 sider, kr. 399,95 (vejledende).

Ved første blik på Lars Gejls "Europas vadefugle" tænkte jeg: Er det blot endnu en flot bog i stort format og med mange farvebilleder? Den skepsis forsvandt imidlertid ved nærmere bekendtskab. Bogen behandler alle vadefuglearter, som yngler i Europa. Dertil kommer nogle almindelige trækgæster og endelig en række tilfældige, meget sjældne gæster. Bogens hovedfokus er identifikation, som ofte volder problemer, når det gælder vadefugle. Først gives en kort introduktion om vadefuglenes træk- og yngleforhold. Derpå følger en gennemgang af opbygningen af de artsbeskrivelser, som udgør bogens største del. Så gennemgås alt det, man skal se efter for at identificere artene i deres forskellige dragter. Fjerdragtens forskellige dele og deres betegnelser vises meget klart og instruktivt på figurer af både stående og flyvende fugle. Fjerfældning og dragtskifter gennemgås, og forfatteren lægger ikke skjul på at det er kompliceret. En række silhuetter af karakteristiske vadefugle vises, og i den forbindelse omtales begrebet "jizz", som ofte på en nyttig måde kombinerer udseende, lyd og adfærd. De indledende afsnit afsluttes med en lang række "sammenligningstavler", hvor nærstående arter sammenstilles og pile og figurtekster viser, hvad man skal lægge mærke til. En række fotos af flokke giver et indtryk af, hvordan tingene tager sig ud i felten.

Artsbeskrivelserne lægger hovedvægten på artsbestemmelse, herunder dragtskifte betinget af sæson og alder. Her kommer de talrige fotos af imponerende kvalitet i brug, idet figurteksterne er grundige og forklarer, hvad man skal lægge mærke til. For de europæiske ynglefugle gives også oplysninger om yngleforhold, træk og udbredelse. For de sjældne gæster er den slags oplysninger mere kortfattede. Her er selve artsbestemmelsen hovedsagen. Artsbeskrivelserne giver en QR-kode, som giver adgang til en optagelse af artens stemme. Dette gælder dog ikke for de meget sjældne gæster.
De enkelte grupper (familier og slægter) indledes af en kort tekst og et billede af en repræsentant i stort format. Denne serie billeder er meget smukke og varierede. De skal ikke kun vise en detalje i fjerdragten, men er vel medtaget af æstetiske grunde. Alligevel forsyner forfatteren dem med en nøgtern figurtekst, som bygger på hvad man faktisk kan læse ud af billedet. På den måde får han egentlig sagt, at der ikke er nogen modsætning mellem en faglig tilgang til naturen og en begejstring for dens skønhed.

Hvem henvender denne bog sig til, og hvad kan de bruge den til? Bogen rummer i sig selv et paradox. På den ene side er dens hovedvægt på artsbestemmelse og dragtskifte relevant for feltornitologer. På den anden side måler den 35x35cm og vejer 1,3 kg, og er dermed ikke en man tager med i felten. Undertegnede kan måske påberåbe sig en vis erfaring som fuglekigger, men absolut ikke med spidskompetence i finere detaljer i fjerdragt og dragtskifter. Derfor blev jeg i første omgang noget overvældet over bogens detaljerigdom. De indledende afsnit, som er forudsætning for brugen af bogens artsbeskrivelser, forekommer klare og instruktive. Den største del af bogen med de mange artsbeskrivelser er vel tænkt til at bruges som en håndbog. Den indgående behandling af fjerdragten adskiller bogen fra så mange andre i den populære fuglelitteratur. Det kan være med til at skærpe opmærksomheden for detaljer og give mening til disse detaljer og dermed øge fornøjelsen ved fuglekiggeriet. Jeg er allerede stødt på detaljer, som jeg har lyst til at se nøjere på, både på mine egne billeder og visse arter, næste gang jeg møder dem. Jeg ser frem til at bruge bogen, og jeg tror at mange andre fuglekiggere vil kunne have fornøjelse af den.

Af Jens Peter Lomholt

Invasive arter på hederne

Rita Merete Buttenschøn[1], Mathilde Bosen[2], Jon Buttenschøn[3], Henrik S. Kristensen[4], John Patuel Hansen[2], Kristian Mandsberg Nielsen[4]

En stor del af de danske heder er under tilgroning med invasive plantearter. (Fredshavn og Ejrnæs 2009). I tilstandsvurdering af habitatnaturtyper fra 2010-11 vurderer Fredshavn (2012), at de invasive arter kan blive et problem også på velplejede og i øvrigt næringsfattige arealer. De invasive arter, der hyppigst forekommer på hederne, er bjergfyr (*Pinus mugo)*, rynket rose (*Rosa rugosa),* og det invasive mos stjernebredribbe (*Campylopus introflexus)*, men også arter som glansbladet hæg (*Prunus serotina)* og gyvel (*Cyticus scoparius)*, der ikke betragtes som invasiv (se boks) optræder lokalt som problemarter på hederne.

Invasive arter regnes globalt set som en alvorlig trussel mod biodiversitet. EU's strategi for biodiversitet "mod 2020" indeholder målsætning om kontrol med prioriterede invasive arter og deres spredningsveje som et af virkemidlerne til beskyttelse af biodiversitet. En ny EU forordning om forebyggelse og håndtering af introduktion og spredning af invasive, ikke hjemmehørende arter skal implementeres i Danmark og de øvrige medlemsstater. For at få et samlet overblik over invasive arters skadelige virkning i Danmark bad Naturstyrelsen Københavns Universitet om at udarbejde en vurdering af de invasive arters påvirkning målt i forhold til biodiversitet, sundhedsskadelige virkninger og økonomi (Madsen m.fl. 2014). Rynket rose og glansbladet hæg er i rapporten vurderet til at have en stor påvirkning.

Definition af invasive arter:
Introducerede (eller ikke-hjemmehørende) arter, som har spredt sig uden for deres naturlige udbredelsesområde ved menneskets hjælp. Invasive arter betegner en lille del af de ikke-hjemmehørende arter, og disse kendetegnes ved, at de ved deres spredning og konkurrenceevne er i stand til at skade den hjemmehørende natur og true den biologiske mangfoldighed.

Stat og kommuner sætter disse år mange projekter i gang med bekæmpelse af invasive arter på heder og på andre lysåbne naturtyper som opfølgning på Natura 2000 planerne. Desuden indgår bekæmpelse af invasive arter i en række store EU-LIFE projekter, herunder bl.a. et projekt med forsøg på bekæmpelse af rynket rose I Thy, der er nærmere beskrevet nedenfor.

Rynket rose – en trussel mod mange af de kystnære heder
Rynket rose er vidt udbredt i Danmark og er under fortsat spredning. Den koloniserer først og fremmest sandede jorder, men findes også på andre, veldrænede jordbundstyper. Den er resistent overfor salt, vind og tørke og trives på steder med en årlig sandoverlejring på op til 30 cm (Belcher 1977) hvilket betyder, at den kan etablere sig og trives i klitter og klitheder og andre havpåvirkede naturområder. Dens udbredelse fremmes af menneskelig forstyrrelse og ved øget næringsindhold, som bl.a. findes nær huse, veje og strande (Kollmann m.fl. 2009). Rynket rose er registreret på 14 ud af i alt 18 lysåbne naturtyper under NOVANA (Bruus m.fl. 2007) med særlig stor hyppighed i hvid og grøn klit.

Rynket rose hører hjemme i den tempererede zone i Nordøstasien, der har et klima, der minder om klimaet i Nordeuropa (Bruun 2005). Den blev oprindeligt indført

Experiments on control and eradication of Japanese rose (*Rosa rugosa*)
Large parts of the Danish heathlands are being invaded by *Rosa rugosa* and other alien invasive species. The invasive species are a threat to the innate Danish flora and to biodiversity. *Rosa rugosa* is hardy and very difficult to control or eradicate. Practical experiments on control have often failed.
The Danish Nature Agency and Thisted municipality have conducted experiments on control of *Rosa rugosa* using cutting, treatment with glyphosate and grazing and combinations hereof. The experiments took place on a 450 ha large dune-land area at Hanstholm during the period 2010 to 2013. They consisted of a large-scale trial of treatment with glyphosate on all stands of *Rosa rugosa* in the project area, block experiments with cutting and glyphosate application and block experiments with grazing by cattle, goat, respectively, sheep. In all 2153 stand of *Rosa rugosa* were mapped by GPS in the 450 ha area, totalling a cover of 8 ha.
None of the treatments led to total eradication of *Rosa rugosa* during the 4-year running of the experiments. There was no significant difference between the effect of cutting, treatment once or twice with glyphosate and combination of cutting and glyphosate treatment on comparison by a post-treatment vitality index, but all treatments differed in effect when compared to untreated stands. Roundup Bio® was used for the herbicide treatment in a concentration 2% added 0.1% ammonium sulphate and 0.1% standard additive The large-scale experiment showed that the effect of the glyphosate treatment depended on rose-stand size, thus small stands were heavily damaged and many died, whereas larger stands showed small, transient damage. The time of application was important with highest effect in July, effect declining over August to September.
Grazing by goat had a large effect on the vitality of the rose-stands, decreasing effect over sheep grazing to only small effect by cattle grazing. The effect of grazing was immediate on smaller rose-stands and prolonged with increasing stand-size.
It is concluded that control and eradication of *Rosa rugosa* takes many years of repeated treatment and that no single of the applied treatments during the course of the experiments out-rank any other in efficiency. Grazing, however, showed a definite ranking in relation to grazing animal species, which is consistent with the mode of grazing of the different species.

Key-words: Invasive plants, *Rosa rugosa*, *Cyticus scoparius*, eradication, glyphosate, mowing, grazing, heathland

[1]Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet, Rolighedsvej 23, 1958 Frederiksberg, rmb@ign.ku.dk, [2] Plan- og Miljøafdelingen, Thisted Kommune, Kirkevej 9, 7760 Hurup, [3]Fødevarestyrelsen, Miljø- og Fødevareministeriet, Stationsparken 31-33, 2600 Glostrup, [4]Naturstyrelsen Thy, Søholtvej 6, 7700 Thisted.

BOKS 1: GYVEL BETRAGTES SOM HJEMMEHØRENDE

Af Lene Rostgaard Nielsen og Erik Dahl Kjær

Gyvel har været del af den danske flora i århundreder, og betragtes derfor som hjemmehørende i landet. Den blev beskrevet i Danmark allerede i 1648 af Simon Paulli i Flora Danica (Paulli 1648) som blev skrevet til kongen, Christian IV, og har været kendt i Skandinavien siden middelalderen (Buchwald, 2008). I nyere tid har gyvel imidlertid skabt problemer på hederne i dele af Danmark, hvor den kan sprede sig med stor hast og være svær at kontrollere. Er den så en invasiv art? Ikke ifølge "Aktion-plan for invasive arter" (Skov-og Naturstyrelsen, 2009), fordi invasive arter per definition ikke kan være hjemmehørende. Men samtidig med at gyvel i visse områder optræder invasivt er der andre hedeområder, hvor den ikke breder sig mærkbart og snarere betragtes som værende sårbar. En undersøgelse blev sat i værk for at afdække om der i Danmark kunne være tale om to typer af gyvel: en oprindelig hjemmehørende sårbar type med relativt lave fænotyper - hovedsagelig begrænset til beskyttede semi-naturlige økosystemer (Rosenmeier, Kjær og Nielsen 2013), samt en kraftig type af potentielt højere planter, der spreder sig hurtigt på en invasiv måde. Ved hjælp af genetiske markører (mikrosatellitter) blev den genetiske struktur af gyvel i Danmark undersøgt. Ni danske populationer af gyvel blev inkluderet i undersøgelsen. Populationer af ikke-invasiv, lav gyvel blev identificeret ved hjælp af søgning i www.naturdata.dk og fire af disse, alle fra Jylland, blev udvalgt og brugt til prøveudtagning for den lave type. Fem danske lokaliteter, med formentlig højere og kraftigt voksende planter, blev udvalgt i Jylland (2 steder), Fyn (1 placering) og Sjælland (2 steder). På to af disse steder (Mols Bjerge og Svanninge Bjerge) er gyvel blevet rapporteret til at udvise invasiv adfærd og betragtes som et landskabsukrudt. Foruden at indsamle friske skud til DNA analyser blev planternes højde og bredde også målt. Forskellige populationsgenetiske analyser viste samme resultat, nemlig to grupper af gyvel. Og de to genpuljer svarede nøje til populationer med planter med enten en horisontal vækst og ikke-invasiv adfærd, eller en oprejst vækst og i nogle tilfælde invasiv adfærd. Resultaterne underbygger antagelsen om, at der findes to genetisk set forskellige typer af gyvel i Danmark: en lav form, som ikke bliver højere end 1,5 meter, og høj form, hvoraf det er den sidste type der visse steder skaber problemer med invasiv spredning. Om kun den ene eller begge typer er hjemmehørende kan undersøgelsen dog ikke afklare. Forfatterne foreslår, at de to typer gennemgår en grundig taksonomisk redegørelse. En formel taksonomisk status for de to typer er nødvendig for at igangsætte aktiviteter til beskyttelse af den sårbare type og til at kontrollere den problematiske type.

Referencer

Buchwald E (2008) Gyvel – dansk, italiensk eller invasiv. Urt 32: 88–95
Paulli S (1648): Flora danica, det er dansk urtebog. Melchiore Marzan. Kiøbenhafn
Rosenmeier L, Kjær ED, Nielsen LR (2013). The Scotch broom, Cytisus scoparius (Fabaceae), a paradox in Denmark – an invasive plant or endangered native species? Botanical Journal of the Linnean Society 171: 429–441.
Skov- og Naturstyrelsen (2009). Handlingsplan for invasive arter, http://www.skovognatur.dk/NR/rdonlyres/DB812145-4733-4D7F-95AA-9EB940A61D1E/0/Handlingsplanforinvasivearter2.pdf.

Tilgroning med gyvel (*Cyticus scoparius*) på Mols. Foto: Rita Merete Buttenschøn

i Europa omkring år 1800 som prydplante. I dag findes den som naturaliseret i den tempererede zone i Europa og Nordamerika, hvor den mange steder spreder sig invasivt i kystnære områder. Rynket rose blev første gang registreret som vildtlevende i Danmark 1875. I 1950erne fik den en gevaldig fremgang i forbindelse med udbygningen af sommerhusområderne, hvor den blev udplantet i læhegn og som prydplante. I samme periode aftog den ekstensive græsning i kystlandskabet, hvilket har været med til at øge tilgroningshastigheden.

Store rosenkrat overskygger og fortrænger den naturligt hjemmehørende flora med det tilhørende dyreliv og udgør en potentiel trussel mod biodiversiteten (Isermann 2006, Reddersen 2006). Dens rodsystem henter næringsstoffer op fra dybere lag og kan føre til ændringer af jordbunden, der betyder, at de oprindelige plantesamfund ikke kan genindvandre (Vanderhoeven m.fl. 2005, Dassonville m.fl. 2008). Rynket rose angives desuden at kunne danne hybrider med hjemhørende rosenarter bl.a. blød filtrose *(Rosa mollis)* og at være trussel mod arten (Kellner m.fl. 2012). De tætte tornede krat hæmmer adgang og kan være et problem for den rekreative udnyttelse af kystområder, ligesom de hæmmer dyrs adgang til at græsse dem og besværliggør håndtering i forbindelse med naturpleje. Efter rydninger af krattene kan de døde grene med deres skarpe torne forblive på arealet i mange år (Weidema 2006).

Rynket rose spreder sig både ved frø og vegetativt. Dens hyben kan indeholde mellem 20 og 120 frø, og en voksen klon kan producere 600-1300 frø pr. kvadratmeter (Bruun 2005). Frøene forbliver levedygtige i jorden i flere år, præcis hvor mange vides ikke. Frøene spredes med vand og med dyr. Hyben og frø kan flyde og holde spireevnen efter lang tid i salt- eller ferskvand (Jessen 1958). Frøene spredes af mange dyr, der æder hyben, især fugle men også af mange pattedyr fra mus over ræv, hare og hjorte til kvæg og heste.

Når rosen først er etableret, kan den sprede sig vegetativt ved hjælp af rhizomer og danne store kloner med et tæt og stærkt rodsystem. Roddybden ligger normalt på 0,5-1,0 m, men rødderne kan gå ned i en dybde på 2 m. En GPS registrering af udbredelsen af rynket rose i Thy i 2004 og igen i 2007 viser, at dens udbredelse i perioden er blevet fordoblet (Stopperup og Kristensen 2007). En modelberegning baseret på GPS-registreringen fra 2004 anslår, at antallet af buske vil øges fra de oprindelige 1.321 målt i 2004 til 18.000 i løbet af 30 år, og at det areal de dækker øges fra 0,3 til 8,4 %, hvis ikke der gribes ind (Kollmann m.fl. 2009). I det igangværende LIFE projekt "sårbar natur langs Vestkysten" blev der i 2014 registreret rynket rose på ca. 110 ha indenfor det samlede projektareal på ca. 11.400 ha (Naturstyrelsen (uden dato).

Rynket rose er hårdfør og meget vanskelig at udrydde. Praktiske forsøg med bekæmpelse af rynket rose er ofte mislykkedes. Der findes relative få kontrollerede forsøg, og de er ofte uden entydige resultater. I forsøget med bekæmpelse af rynket rose i Thy viste effekten af forskellige bekæmpelsesmetoder at være afhængig af størrelsen på de enkelte buske, hvilket kan være med til at forklare, at forskellige forsøg har givet varierende resultater. De mest anvendte metoder er behandling med glyphosat, slåning og græsning. I de seneste år er der desuden i stigende grad anvendt forskellige metoder til optrækning samt opgravning.

Rynket rose er så udbredte i Danmark og i det øvrige Europa, at udryddelse ikke længere er praktisk eller økonomisk muligt. For at begrænse de negative påvirkninger, den kan forvolde og hindre, at den spreder sig på sårbare lokaliteter, er det nødvendigt at prioritere og målrette indsatsen.

METODE OG MATERIALER

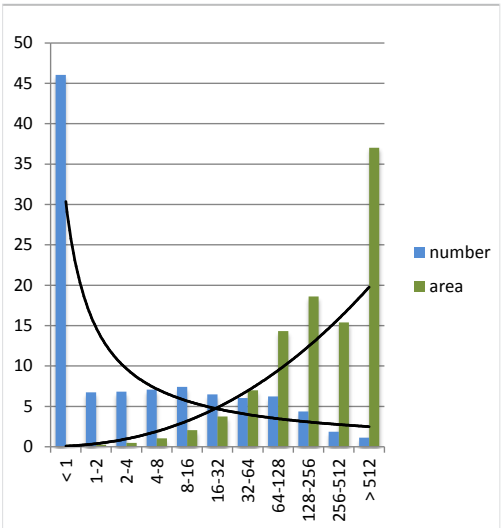
I Thy blev der i perioden 2010 til 2013 gennemført en række kontrollerede forsøg med slåning, græsning og kemisk bekæmpelse som led i et EU-LIFE-projekt "LIFE08 NAT/DK/000464 Dry Grassland in Denmark – Restoration and Conservation" for at give et bedre grundlag for evidensbaseret forvaltning af rynket rose.

To forsøg blev udført af Naturstyrelsen Thy og Thisted Kommune på et 450 ha stort klit område nord for Hanstholm. Det ene er et forsøg i storskala med bekæmpelse af samtlige forekomster af rynket rose i det 450 ha store projektområde ved hjælp af slåning og sprøjtning med glyphosat. Det andet forsøg bestod dels af et blokforsøg med syv forskellige behandlinger med slåning, sprøjtning, og dels af et forsøg med græsning med hhv. kvæg, får og geder.
Inden forsøgene blev etableret blev der foretaget en kortlægning og opmåling ved hjælp af GPS af alle rynket rose forekomster i projektområdet. Der er registreret og nummereret i alt 2153 forekomster med et samlet areal på ca. 8 ha (Figur 1).

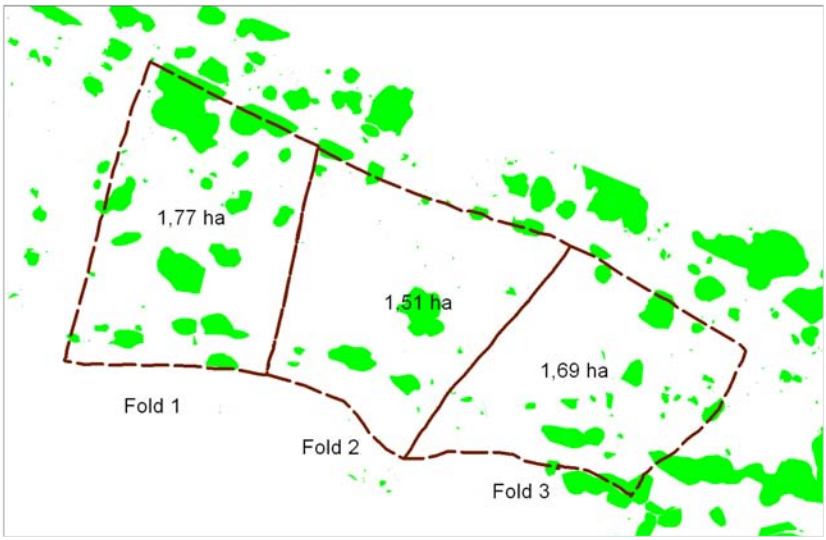
Blokforsøg
Blokforsøget blev udlagt i en ensartet forekomst af rynket rose, hvor jordbund, terræn og alder var så ensartede som muligt. Forsøgsområdet er opdelt i 4 blokke, der hver er inddelt i 7 felter på 2x5 meter med minimum 0,5 m. imellem de enkelte felter. De syv behandlinger, der indgår i forsøget, er fordelt tilfældigt i de fire blokke. Behandlingerne er gentaget hvert år fra 2010 til og med 2013.

Behandlinger

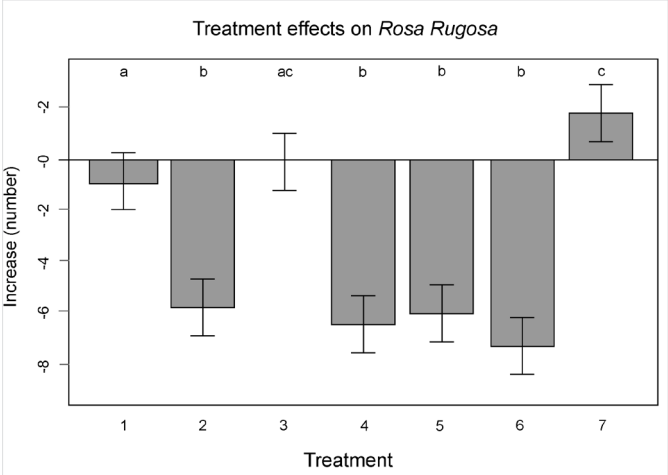
1. Tidlig nedskæring (april/maj) efterfølgende slåninger 3 gange i løbet af sæsonen
2. Tidlig nedskæring (april/maj) efterfulgt af behandling med glyphosat når genvæksten er 10-15 cm. Nedskæring af evt. genvækst.
3. Sen nedskæring (juni) efterfølgende slåninger 3 gange i løbet af sæsonen
4. Sen nedskæring (juni) efterfulgt af behandling med glyphosat når genvæksten er 10-15 cm. Nedskæring af evt. genvækst
5. Behandling med glyphosat (juni) uden forudgående nedskæring. Efterfølgende nedskæring af døde planter



Figur 1. Fordeling af rynke rose på størrelse og samlet areal af de forskellige størrelsesgrupper i det 450 ha. store forsøgsområde i Thy. Tendenslinjerne er potens-linjer og begge er signifikante med p < 0,001
Size- and area-contribution of the different size-groups of Rosa rugosa in the 450 ha project area in Thy. The trend-lines are "power" and significant with p < 0.001.

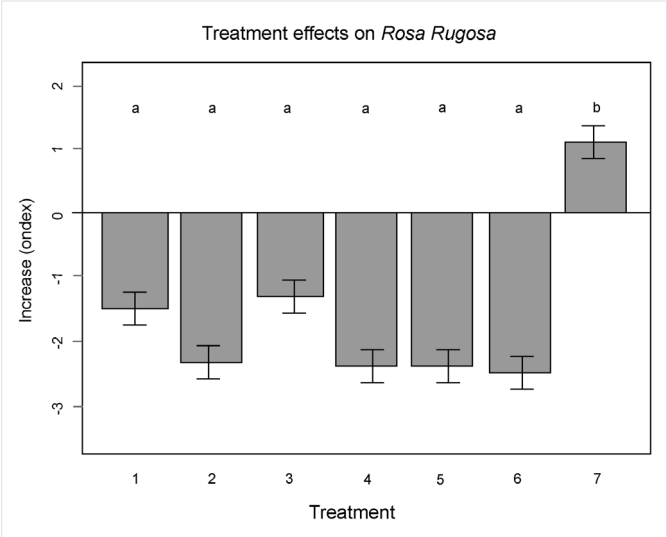


Figur 2. Oversigt over de tre græsningsfolde og fordelingen af rosenbuske inden græsningen blev startet. Fold 1 kvæg, fold 2 geder og fold 3 får.
Overview of the three grazed fencings showing the distribution of Rosa rugosa stands before the initiation of grazing. "Fold 1" = cattle, "fold 2" = goat and "fold 3" = sheep grazed.



Figur 3. Effekt af 6 behandling med slåning og sprøjtning med glyphosat samt ubehandlet kontrol beregnet på baggrund af frekvens af skud af rynket rose. Behandlingerne blev foretaget årligt fra 2010 til 2013. 1. Tidlig nedskæring med efterfølgende slåninger tre gange i løbet af sæsonen
2. Tidlig nedskæring efterfulgt af behandling med glyphosat
3. Sen nedskæring efterfølgende slåninger tre gange i løbet af sæsonen
4. Sen nedskæring efterfulgt af behandling med glyphosat
5. Behandling med glyphosat uden forudgående nedskæring.
6. Behandling to gange med glyphosat uden forudgående nedskæring.
7. Ubehandlet kontrol.

Effect of treatment of the six treatments combining cutting and spraying with glyphosate and the the untreated control.
1. Early cropping (April/May) with removal of cuttings and with subsequent cutting of plot three times a year;
2. Early cropping with removal of cuttings and with subsequent annual treatment with glyphosate when regrowth was 1 to 15cm;
3. Late cropping (June) with removal of cuttings and with subsequent cutting three times a year;
4. Late cropping (June) with removal of cuttings and with subsequent annual treatment with glyphosate when regrowth was 1 to 15cm;
5. Treatment with glyphosate without prior cropping and cutting of dead Japanese rose a few weeks after treatment;
6. Treatment twice of Japanese rose with glyphosate without prior cropping and cutting of dead Japanese rose a few weeks after treatment;
7. Untreated control



Figur 4. Effekt af behandling med slåning og sprøjtning med glyphosat beregnet på baggrund af et indeks, der omfatter antal og højde af skud og bladdække af rynket rose.
Effect of the six treatments and the untreated control based on an index combining number of shoots, height of shoots and leaf-area of Rosa rugosa

Blokforsøget med felt årligt behandlet med glyphosat (behandling nr. 5) sept. 2013. Foto: Rita Merete Buttenschøn
One of the plots in the block experiment treated with glyphosate (treatment no 5) in September 2013.

nogle uger efter behandling med glyphosat

6. Behandling to gange med glyphosat uden forudgående nedskæring. Efterfølgende nedskæring af døde planter nogle uger efter behandling med glyphosat
7. Ubehandlet kontrol

Den kemiske behandling er foretaget med Roundup Bio i en koncentration på 2 % tilsat 0,1 % ammoniumsulfat samt 0,1 % standard additiv. Slåning blev foretaget med buskrydder med savklinge. Den afslåede biomasse blev revet sammen og fjernet. Vegetationen blev analyseret to gange årligt forår (inden behandlingerne blev foretaget) og efterår (efter behandlingerne er afsluttet), dog kun om foråret i 2013. (For nærmere beskrivelse se Boesen 2011).

Forsøg med græsning
Græsningsforsøget fandt sted i tre små indhegninger med kvæg, geder og får. De tre indhegninger er placeret i en svagt kuperet klithede der går over i en ret stejl skråning med kalkoverdrev på den øverste del. De tre folde indeholder en varierende mængde af rosenbuske (Figur 2). Græsningstrykket var sat til hhv. 2 - 3 stk. skotsk højlandskvæg, 10-12 får af nordisk race og 8-10 geder i sommerperioden. Græsning med kvæg og får blev startet i august 2010, mens gederne først kom på græs i 2011. Dyrene blev flyttet til og fra afhængigt af, hvor meget føde der var, og i 2013 kom der først dyr på hen på sommeren på grund af hård vinter efterfulgt af langvarig tørke. Effekten af græsningen blev årligt analyseret efter samme metode som beskrevet under blokforsøget. Derudover blev bid på roserne registreret ved hjælp af en 5-trins skala.

Storskala forsøg med glyphosat
I et 450 ha stort forsøgsområde blev der i alt registreret 2153 forekomster af rynket rose, heraf blev de 1948 forekomster behandlet med glyphosat en gang i løbet af perioden 2010-2013. De øvrige 205 forekomster indgik i græsningsforsøget eller blev slået. I 2010 blev en del af forekomsterne slået som led i storskala forsøget, men på baggrund af resultaterne fra første års behandlingerne i blokforsøget (Boesen 2011), blev der de efterfølgende år kun anvendt sprøjtning. Effekten af behandlingen blev visuelt vurderet efter en 5-trins skala i løbet af 2013:

1. Ingen synlig negativ effekt på planten
2. Planten kun lidt reduceret i vitalitet, der er fortsat produktion af blomster og frø
3. Planten er tydeligt reduceret i vitalitet (med mindre dele af planten død/vissen) uden blomstring eller med kun et fåtal af blomster
4. Planten er stærkt svække/delvis vissen uden blomstring, men ikke helt død
5. Planten død og/eller forsvundet

RESULTATER

Ingen af behandlingerne i blokforsøget førte til at rynket rose blev udryddet. Den umiddelbare effekt af de første behandlinger med slåning var et øget antal rosenskud og de årlige gentagne behandlinger havde ingen eller kun en lille effekt på antallet af rosenskud med tidlig slåning som den mest effektive (Figur 3). Behandlingerne med glyphosat resulterede derimod alle i en tydelig reduktion i antallet af rosenskud uden signifikante forskelle mellem de enkelte behandlinger (Figur 3). En vurdering af effekten af de forskellige behandlinger ud fra et vitalitetsindeks (skudhøjde, antal af skud samt bladdække) viste, at der ikke er signifikante forskelle på effekten af slåning i forhold til behandling hhv. 1 og 2 gange årligt med glyphosat eller til en kombination af slåning og behandling med glyphosat (Figur 4).

Bundvegetationen
Tidlig slåning resulterede i en øgning af artstæthed og i det totale antal arter, mens slåning generelt reducerede antallet af gedeblad og af bregner. De to årlige behandlinger med glyphosat resulterede i en reduktion af artstæthed og antal af arter, mens effekten af de øvrige behandlinger ikke viste klare tendenser.

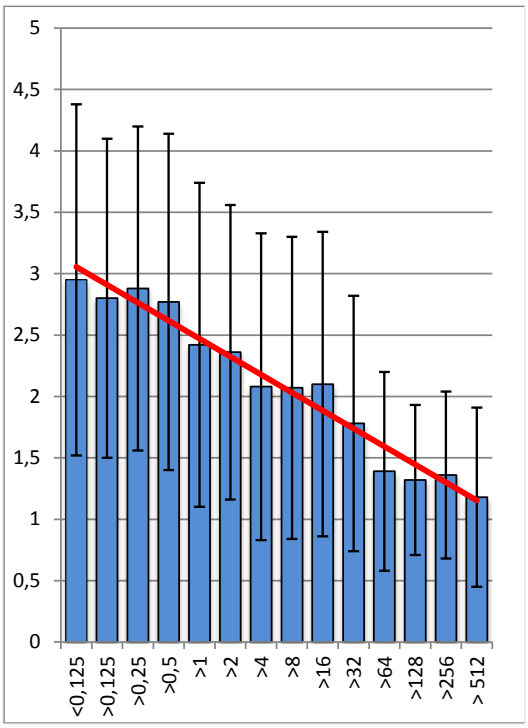
I storskala forsøget afhang effekten af behandlingen med glyphosat af størrelsen på de enkelte bevoksninger. De mindste buske blev svært skadet eller gik ud, mens de større buske blev mindre påvirkede eller tilsyneladende slet ikke påvirkede af denne ene behandling (Figur 5). Behandlingerne blev foretaget i løbet af juli, august og september måned med størst effekt fra behandlingerne foretaget i juli og mindst i september (Figur 6).

Start af græsning førte ligesom slåning til en øgning af antallet af rosenskud. Under græsning skete der en løbende afløvning af roserne. Det lykkedes gederne at reducere rosernes vitalitet væsentligt (Fig. 7). Der var en mindre, men tydelig effekt af fåregræsningens, mens græsningen med kvæg kun havde en lille effekt (Fig. 7). Effekten af græsning var størst på de små rosenbuske og aftog med voksende størrelse på buskene.

Kvæget angreb rosenbuskene fra randen af busken og åbnede gradvis bevoksningen. De græsser rynket rose som en integreret del af deres fødesøgning og ikke som en foretrukken art. Den lidt frodigere plantevækst omkring og inde i rosenbevoksningerne, der får næringsstoffer fra nedbrydning af førne laget, medførte dog et lidt øget græsningstryk på bevoksningen. Fårene angreb ligeledes rosenbuskene fra kanten, men de trængte dybere ind I krattene end kvæget gjorde. Fårene udvælger sig bladene på rynket rose som en foretrukken art. En del af rosenbuskene var højere end fårenes rækkevidde og undgik derfor græsning af de øverste skudspidser og blade.

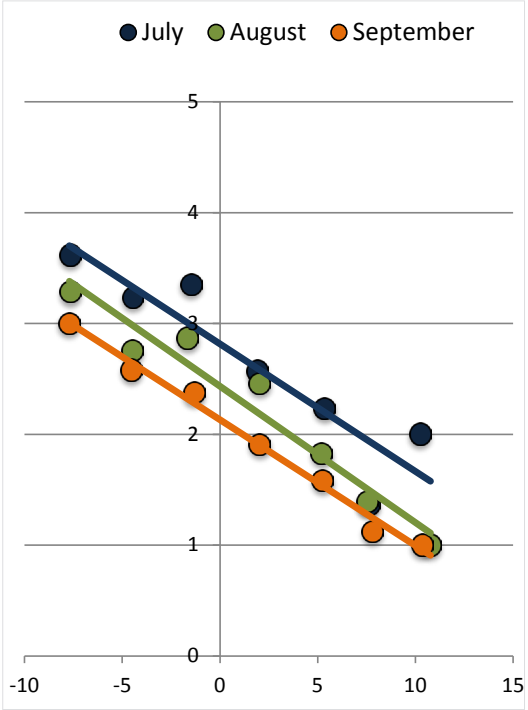
Gederne var hurtige til at nå ind til midten af buskene. De havde en meget tydelig præference for bladene af rynket rose. De kunne græsse stående på bagbenene og dermed nå de højeste skud. Til forskel fra kvæg og får græssede gederne også hårdt på havtorn.

Bidtrykket på rynket rose varierer med arten af græsningsdyr (Fig. 8). Kvægets bid på rynket rose var lavt først på sæsonen, men

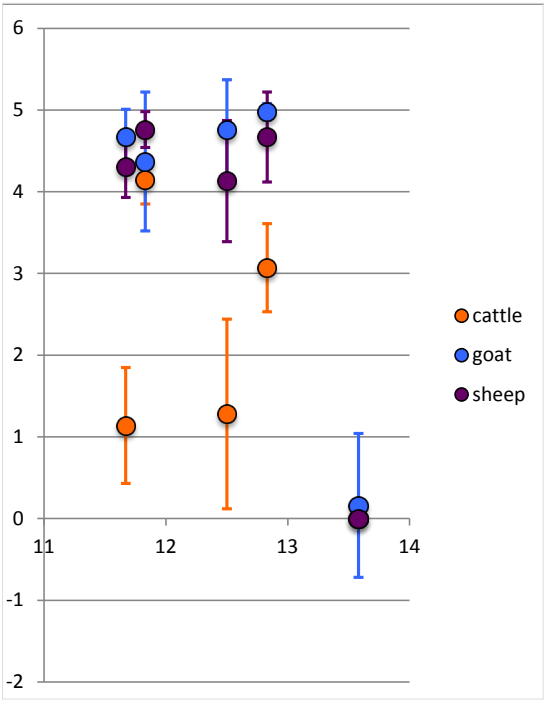


Figur 5. Effekt af behandling en gang med glyphosat på rynket rose i forhold til størrelse på de enkelte bestande. X-akse: størrelse af bestand; Y-akse: procentandel af bestande i størrelsesgruppe. Effekten er vurderet efter en 5 trins skala:
1 Ingen synlig negativ effekt på planten,
2. Planten kun lidt reduceret i vitalitet, der er fortsat produktion af blomster og frø,
3. Planten er tydeligt reduceret i vitalitet (med mindre dele af planten død/vissen) uden blomstring eller med kun et fåtal af blomster, 4. Planten er stærkt svækket, delvis vissen uden blomstring, men ikke helt død,
5. Planten død eller død og forsvundet.
Den lineære tendens-linje er signifikant, p < 0,001.

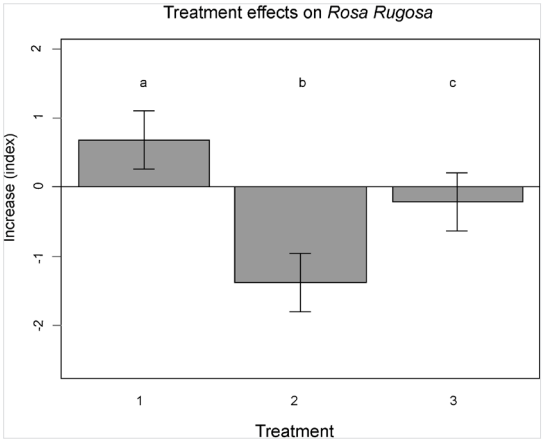
Efficiency of single glyphosate treatment of Rosa rugosa in relation to size. X-axis = stand size-group, y-axis percentage of stands within each size-group. The efficiency score was assessed visually on all initially mapped Rosa rugosa stands by a five-step scale:
1. There was no apparent change of the vitality of the stand
2. The vitality of the stand was reduced, but produced flowers and seed
3. The vitality of the stand was markedly reduced, partly dead or withered and had no or only few inflorescences
4. The stand was weakened, partly withered, without inflorescences, but still alive
5.The stand was dead.
The linear trend line is significant, p < 0.001.



Figur 6. Effekt af en gang behandling med glyphosat i forhold til behandlingstidspunkt og størrelse på de enkelte bestande. Effekten er vurderet efter en 5-trins skala beskrevet under figur 5. De lineære tendenslinjer er signifikante, juli og august p < 0,001 og september er signifikant, p < 0,01. Y-akse = effekt-score; X-akse = buskstørrelse i m² udtrykt som eksponent af 2.
Efficiency score in relation to Rosa rugosa stand size and month of application of glyphosate. The linear trend lines are significant, July and August p < 0.001 and September p < 0.01. Y-axis = efficiency-score; X-axis = stand-size in m² expressed as exponent of 2.



Figur 8. Bidtryk på rynket rose af hhv. kvæg, får og geder registreret 1 til 2 gange i løbet af 2011-2013. Ved registreringen i 2013 blev foretaget før kvæget blev sat ud.
Browse on Japanese rose by cattle, goat and sheep measured twice a year in 2011 and 2012 and once in 2013. X-axis time; Y-axis average browse-score with standard deviation. In 2013 the goats had only just been put on pasture, when recording was made, whereas the cattle had not yet been put on pasture.



Figur 7. Effekt af græsning med hhv. kvæg (1), geder (2) og får (3) på rosen indeks. Specielt gederne viste en stor præference for rynket rose.
Effect of grazing by cattle (1), goat (2) and sheep (3) on Rosa rugosa – number, size and cover-index data.

Skotsk højlandskvæg græsser på rynket rose (*Rosa rugosa*). Foto: Rita Merete Buttenschøn *(*Rosa rugosa*). Highland cattle grazing Japanese rose (Rosa rugosa).*

steg gradvist til et medium til højt bidtryk sidst på sæsonen, men lavere end bidtrykket fra hhv. får og geder. Får og geder nåede et højt bidtryk efter kortere tids græsning – 1 – 1½ måned – og vedligeholdte et højt bidtryk sæsonen igennem, med et lidt højere bidtryk hos gederne end hos fårene.

DISKUSSION

Resultaterne af behandlingerne med slåning og sprøjtning på rynket rose svarer til resultaterne fra et norsk forsøg, der løb over 2 år (Nilsen m.fl. 2008, Fløistad og Nilsen 2009). Forventninger var, at den længere forsøgsperiode med flere gentagelser ville føre til en udryddelse af rynket rose i det mindste ved en del af de behandlinger, der indgik. Samtlige behandlinger inklusive de 4 gange slåning årligt svækker rosen og vil føre til en udryddelse, men det kan ikke på baggrund af blokforsøget konkluderes hvor mange år det vil tage med fortsatte behandlinger. Placering af blokforsøget i en stor samlet bevoksning af rynket rose, hvor de enkelte behandlinger var adskilt af ubehandlede bræmmer af rosenkrat, har formentlig påvirket de behandlede rosers evne til regeneration. Erfaringerne fra storskala forsøget, hvor kun en del af bevoksningerne døde eller blev svært skadet efter en behandling med glyphosat, svarer til praktiske erfaringer, hvor der som regel er behov for gentagne behandlinger. På Bornholm har regionskommunen, der har fået dispensation til at anvende kemisk bekæmpelse, behandlet rynket rose med gentagne behandlinger med Glyfonova Plus efter en forudgående optrækning eller slåning af bevoksningerne. Her regner man med at sprøjtning i kombination med mekanisk rydning vil tage 4 år at bekæmpe rosen (Jørgensen 2014). Der er beskrevet enkelte eksempler på en effektiv bekæmpelse ved hjælp af glyphosat, men oplysninger om størrelse og antal af rynket rose, mangler (Hammerken 2011).

Græsning med geder vurderes på baggrund af forsøget at kunne bekæmpe rynket rose i løbet af en kortere årrække. Får vurderes ligeledes at vær effektive, men kan kræve en nedskæring af roserne og muligvis en længere årrække. Den generelle opfattelse er, at husdyr kan holde rynket rose væk fra græsgangen, men at etablerede bestande er resistente overfor græsning. Bruun (2005) antager, at det kun er nyspirede og unge planter, der er følsomme overfor græsning. Der er dog praktiske erfaringer, der understøtter vurderingen af geder og fårs evne til en effektiv bekæmpelse af rynket rose. Der foreligger ligeledes enkelte eksempler med effektiv bekæmpelse ved hjælp af kvæggræsning (galloway) fra Tyskland (Lütt 2004).

Der er generelt stor forskel på forskellige dyreflokkes lyst til at browse – ikke blot afhængig af race, men også hvad den enkelte flok er vænnet til at æde. Det er vigtigt at græsgangen indeholder en rimelig fordeling af rynket rose og bundvegetation. Dyrene kan ikke leve af rynket rose alene. Robuste racer af kvæg, får og geder, der er vænnet til at æde vedplanter som en del af deres føde, skal ikke sultes for at bide rynket rose. Generelt er dyr, der sulter og afmagres, ikke gode naturplejere.

Andre metoder

Mens der kun foreligger et begrænset antal veldokumenterede undersøgelser af forskellige bekæmpelsesmetoder, er der afprøvet mange forskellige metoder og typer af maskinelt udstyr i praktiske forsøg på bekæmpelse. Der er stor forskel på, hvor godt bekæmpelsen er lykkedes fra lokalitet til lokalitet, og kun meget få eksempler på, at det er lykkedes at udrydde rynket rose. Opgravning anbefales som den mest effektive metode (Weidema 2006, Isermann 2014) og anvendes bl.a. af en del kommuner. Forsøg med nedgravning af rynket rose bestande i klitterræn ved Tisvildeleje viste, at der skete fortsat fremspiring af nye planter 18 måneder efter nedgravningen, selvom der blev foretaget en efterbehandling med hhv. 2 og 3 gange harvning (Kollmann m.fl. 2011), og kræver ligesom de øvrige metoder opfølgning. Enkelte praktiske forsøg med tildækning med fibertex efter nedskæring tyder på en effekt efter kun få år. I Life projekt sårbar natur langs Vestkysten vil bekæmpelse ved hjælp af tildækning blive forsøgt i et ca. 22 ha stort område med en samlet bevoksning af rynket rose på ca. 1250 m^2 ved Husby (Uffe Strandby , pers. komm. 2015).

Langsigtede planer for bekæmpelse og opfølgning er nødvendigt

Det er nødvendigt at have en langsigtet plan eller strategi for bekæmpelsen, der målretter og prioriterer indsatsen og sikrer nødvendige ressourcer til at gennemføre bekæmpelsen indtil målet er nået. Bekæmpelse af etablerede bestande af rynket rose tager mange år. De mange eksempler, der findes på mislykkede rydninger, skyldes oftest, at bekæmpelsen ikke er foretaget systematisk og er opgivet for tidligt. Rydning uden tilstrækkelig opfølgning er i bedste fald spild af ressourcer. I værste fald fører det til en accelereret tilgroning med rynket rose. Det er derfor vigtigt, at der følges op på en bekæmpelse for at sikre, at rynket rose ikke spirer frem igen og retablerer bevoksningen. Overvågningen skal fortsætte i det mindste i to vækstsæsoner efter bekæmpelsen er gennemført for at sikre, at der er sket en fuldstændig udryddelse.

TAK

Tak til Johannes Ransijn for hjælp med de statistiske analyser. Tak til personlige kommentarer fra Uffe Strandby, Naturstyrelsen Vestjylland og ikke mindst til Axel Stobberup, Naturstyrelsen Thy for gennemførelse af opmåling og den praktiske bekæmpelse.

CITTERET LITTERATUR

Artmann K (2012) Der invasive Neophyt Rosa rugosa an Küstenstandorten. Untersuchungen zu Massnahmen seiner Zurückdrängen. Diplomarbeit Universität Potsdam (unpublished).

Belcher CR (1977) Effect of sand cover on survival and vigor of *Rosa rugosa* Thunb. *International Journal of Biometeorology*, **21**, 276–280.

Boesen M (2011) Bekæmpelse af Rynket rose (*Rosa rugosa*) i sårbare naturtyper. Speciale rapport, Aarhus Universitet (unpublished).

Bruun HH (2005) Biological Flora of the British Isles No. 239. *Rosa rugosa* Thunb.

Rynket rose (*Rosa rugosa*) foråret efter 1 behandling med glyphosate i storskala forsøget. Foto: Rita Merete Buttenschøn
*Japanese rose (*Rosa rugosa*) the following spring after one application of glyphosate in the large-scale experiment.*

Forsøg med fåregræsning, hvor en del af rosenbuskene var for høje til at fårene kunne græsse dem. I den 3. græsningssæson nåede en del af roserne at sætte nye blomstrende skud inden fårene blev sat ud. Foto: Rita Merete Buttenschøn
View of the sheep-grazing experiment showing that part of the taller rose-bushes was out of reach of grazing. Part of the roses succeeded to produce new flowering shoots before the sheep were put back on grass on the 3rd year of grazing.

ex Murray. Journal of Ecology 93: 441–470. DOI: 10.1111/j.1365-2745.2005.01002.x

Buttenschøn RM (2013) Experiments on control of invasive, Rosa rugosa. Report to EU-LIFE project "LIFE08 NAT/DK/000464 Dry Grassland in Denmark – Restoration and Conservation".(unpublished).

Fløistad IS, Nilsen LS (2009) Bekjempelse av rynkerose (*Rosa rugosa*)-resultater fra 2009. Utprøving av metodikk (mekanisk og kjemisk) i Rinnleiret naturreservat og Ørin naturreservat i Levanger og Verdal, Nord-Trøndelag. Bioforsk Report. Vol. 4 Nr. 144 2009.

Frandsen S I, Hansen M K (2008) Hvor effektivt er bekæmpelse af Rynket Rose med nedgravning og fræsning? – Et feltforsøg i klitter i Nordsjælland. Botanisk Projekt, KU-LIFE, Frederiksberg. (unpublished).

Frederiksen L (2005) *Rosa rugosa* i et eksponeret klitsystem. Speciale rapport. Københavns Universitet, Biologisk Institut. (unpublished).

Fredshavn, J. (2012) Tilstandsvurdering af habitatnaturtyper 2010-11. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 32 s. Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt center for Miljø og Energi nr. 39. http://www.dmu/Pub/FR39.pdf.

Fredshavn JR, Ejrnæs R (2009). Naturtilstanden i habitatområderne. Habitatdirektivets lysåbne naturtyper. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 76 s.- Faglig rapport fra DMU nr. 735. http://www.dmu/Pub/FR735.pdf.

Hammeken K (2011) Mekanisk/kemisk bekæmpelse af Rynket Rose. Naturstyrelsen. http://www.naturstyrelsen.dk/Naturbeskyttelse/invasivearter/Borger/Bekaempelse/Mekanisk.htm.

Isermann M (2003) *Rosa rugosa*-shrubland in dry coastal dunes. *Verhandlungen der Gesellschaft für* Ökologie, 33, 146.

Isermann M (2007) Expansion of *Rosa rugosa* and *Hippophaë rhamnoides* in coastal grey dunes: Effects at different spatial scales. Flora 203: 273-280.

Isemann M (ed.) (2014) Best practise in management of *Rosa rugosa.* Poster presentation Neobiota Conference 2014

Jessen K (1958) Om vandspredning af *Rosa rugosa* og andre arter af slægten. *Botanisk Tidsskrif*, **54**, 353–366.

Jørgensen MB (2014) Bekæmpelse af rynket rose. Bornholm Regionskommune. Upubl. Notat.

Jørgensen R H (2008) Rynket Rose (*Rosa rugosa*) i et klitlandskab – Etableringsmønster, udbredelse og negative konsekvenser af en invasiv, fremmed art. Specialeprojekt, KU-LIFE, Institut for Økologi, Faggruppe Botanik. Frederiksberg. (unpublished).

Kollmann J, Frederiksen L, Vestergaard P, Bruun HH (2007) Limiting factors for seedling emergence and establishment of the invasive non-native *Rosa rugosa* in a coastal dune system. Biological Invasions 9: 31–42. DOI 10.1007/s10530-006-9003-y

Kollmann J, Jørgensen R H, Roelsgaard J, Skov-Petersen H (2009) Establishment and clonal spread of the alien shrub *Rosa rugosa* in coastal dunes – A method for reconstructing and predicting invasion patterns. Landscape and Urban Planning, volume 93, 194-200. doi:10.1016/j.landurbplan.2009.07.006

Kollmann J, Brink-Jensen K, Frandsen SI, Hansen MK (2011) Uprooting and Burial of Invasive Alien Plants: A New Tool in Coastal Restoration? Restoration Ecology vol. 19, 3: 371-378. DOI: 10.1111/j.1526-100X.2009.00569.x

Kudsk P (2007) Glyphosat – egenskaber og anvendelse. Side 53-54 I: Weidema I, Ravn HP, Vestergaard P, Johnsen I, Svart HE (red). Rynket Rose i Danmark. http://www.skovognatur.dk/Emne/Naturbeskyttelse/invasivearter/Rose_workshop.

Lütt S (2004) Neophyten in Schleswig-Holstein: Problem oder Bereicherung?
Dokumentation der Tagung im LANU am 31.03.2004. Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein.

Madsen C L, Dahl C M, Thirslund KB, Grousset F, Johannsen V K, Ravn HP (2014) Pathways for non-native species in Denmark. Department of Geosciences and Natural Resource Management, University of Copenhagen, Frederiksberg. 131 pp.

Naturstyrelsen (uden dato) LIFE sårbar natur langs vestkysten. http://naturstyrelsen.dk/naturbeskyttelse/naturprojekter/life-saarbar-natur-langs-vestkysten/ (set 050815).

Nilsen L S, Fløistad S, Bele B (2008) Bekjempelse av rynkerose (*Rosa rugosa*). Utprøvning av metodikk (mekanisk og kjemisk) i Rinnleiret naturreservat og Ørin naturreservat i Levanger og Verdal, Nord-Trøndelag. Bioforsk Rapport Vol. 3 Nr. 163.

Reddersen J (2006) Effekter på floraen ved tilgroning af beskyttede strandoverdrev med rynket rose (*Rosa rugosa*). Flora og Fauna 112, 75-84.

Stobberup A, Kristensen HS (2007) Rynket rose's (*Rosa rugosa*) udbredelse i det vestlige Thy. Side 16-18 I: Weidema I, Ravn HP, Vestergaard P, Johnsen I, Svart HE (red). Rynket Rose i Danmark. http://www.skovognatur.dk/Emne/Naturbeskyttelse/invasivearter/Rose_workshop.

Thiele J, Kollmann J, Andersen UR (2009) Ecological and socioeconomic correlates of plant invasions in Denmark. The utility of environmental assessment data. Ambio 38:89-94. DOI 10.1579/0044-7447-38.2.89.

Weidema I (2006) NOBANIS – Invasive Alien Species Fact Sheet – *Rosa rugosa* [online]. The North European and Baltic Network on Invasive Alien Species – NOBANIS 03/11/2014. http://www.nobanis.org/files/factsheets/Rosa_rugosa.pdf

Weidema I, Ravn HP, Vestergaard P, Johnsen I, Svart HE (red). Rynket Rose i Danmark. http://www.skovognatur.dk/Emne/Naturbeskyttelse/invasivearter/Rose_workshop

De fleste af os elsker at komme ud og opleve naturen

En helt almindelig gåtur i skoven kan byde på mange oplevelser. Især hvis man ved, hvad man kigger på. Jydsk Naturhistorisk Forening giver dig viden og indsigt, der beriger dine naturoplevelser.

Jydsk Naturhistorisk Forening giver dig viden om naturen med et højt fagligt indhold formidlet levende og engageret af eksperter. Foreningen arrangerer spændende foredrag og ekskursioner, som du kan finde på vores hjemmeside: www.jydsknaturhistorisk.dk og foreningens blad, Flora & Fauna, bringer originale videnskabelige- og populære artikler i et flot og farvestrålende layout.

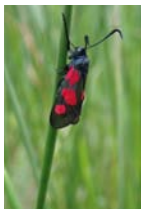
Hvad enten du er professionel eller naturinteresseret i din fritid

Så er Jydsk Naturhistorisk Forening din forening. Selvom vi formidler bredt, er der faglig ekspertise bag alt, hvad vi gør. Vi samarbejder med andre naturhistoriske foreninger, og vi deltager i bestyrelsesarbejdet for Naturhistorisk Museum, Aarhus. Vi er det oplagte valg for den, der vil netværke inden for det naturvidenskabelige miljø.

Det er nemt at blive medlem!

Du indbetaler kontingentet til foreningens konto 1551-7068786 og opgiver ved indbetalingen navn og adresse. Så nemt er det!
Årskontingentet er på 230 kr. for ordinære medlemmer, 255 kr. for institutioner, 270 kr. for udenlandske medlemmer. Studerende: 100 kr. dog 65 kr. hvis de ikke vil have Flora og Fauna.

Kontakt:
Peter Wind
e-mail: pw@roendesnet.dk
www.jydsknaturhistorisk.dk



Klimaændringer vil påvirke hedens udbredelse

Inger Kappel Schmidt[1] & Johannes Ransijn

Hederne dominerede i 1800-tallet kysten fra det nordlige Norge til det nordlige Spanien og Portugal. Vi opfatter ofte heden som et produkt af menneskets aktivitet og opdyrkning af heden, men hedernes atlantiske distribution afspejler derudover et samspil med klimaet (Figur 1). I et særnummer af Flora og Fauna om klimaændringer fra 2008 er klimaets påvirkning af processer på heden gennemgået (Schmidt et al. 2008). I denne artikel ser vi nærmere på, hvordan klimaændringer kan påvirke hedernes udbredelse.

Klimaændringer er samtidige ændringer af temperatur, nedbør og CO_2. Klimascenariet for Danmark forudser stigende atmosfærisk CO_2, højere middeltemperatur og uændret eller lidt øget nedbørsmængder (www.DMI.dk). Nedbørsmønstret vil ændre sig, så der kommer øget nedbør om vinteren og uændret eller lavere nedbør i sommerhalvåret. Nedbørsintensiteten er også ændret, så der kommer færre, men mere ekstreme regnskyl og længere tørkeperioder om sommeren.
Klimaændringerne vil utvivlsomt sætte hederne yderligere under pres. Længere perioder med tørke om sommeren kan gøre det vanskeligere for hedelyng at etablere sig, når planterne dør af alder, barfrostskader eller angreb af lyngbladbillen (*Lochmeae suturalis*), da lyngspirerne ikke tåler kraftig udtørring, og derfor regenererer dårligt i tørre år (Gimingham 1972, Britton et al. 2003).

Figur 1: Hedens udbredelse omkring 1800 (efter Diemont, Alterra).
The distribution of heathlands in Europe in 1800.

Heathland distribution in a changing climate
North Western European heathlands are often seen as a product of human activity but the atlantic distribution of heathlands reflects an interaction with climate. Elevated temperature, altered precipitation and precipitation patterns and increased atmospheric CO_2-concentration affect ecosystems processes alone and in combination. We investigated plant community responses to climate in two large scale experiments in heathland ecosystems, In general, the studied ecosystems show high resilience and recovered fast after disturbance. However, after major disturbance where the plants die and have to reestablish from seeds, they are highly sensitive to even moderate change in climate. We conclude that the future climate scenarios for Denmark with prolonged summer drought are likely to change the distribution range of C. vulgaris, a keystone heathland species.

Key words: Heathlands, climate change, distribution, *Calluna vulgaris*

På baggrund af to klimaforsøg med henholdsvis eksperimentel ændring af temperatur, nedbør og atmosfærisk CO_2 koncentration, undersøger vi, hvordan hedelyng påvirkes i forskellige livsfaser (se boks F&F 121 side 83).

Hypotesen er, at hedelyng er en tørketolerant plante og selv kraftig tørke vil hæmme konkurrerende græsser mere end lyngen. Det modsatte, forventer vi er tilfældet, når hedelyng skal regenerere, da lyngspirerne er relativt følsomme overfor tørke pga. langsom vækst og derfor vil

[1] *Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Kobenhavns Universitet, Rolighedsvej 23, 1958 Frederiksberg. iks@ign.ku.dk*

Figur 2. Forsøget i Mols Bjerge består af 20 m^2 felter, hvor reflekterende alu-gardiner kører ud over vegetationen om natten og dermed hæmmer afkølingen af området. Tilsvarende dækkes felterne af et plastik-gardin, når det regner om foråret. Varme-gardinerne trækkes fra, når det regner om natten.
Mols climate change experiment manipulating drought and temperature by the roof technique. PAR and rain sensors control the curtains so the hydrological balance experience minimal disturbance. Foto Claus Beier. www.increase.ku.dk

Figur 3. CLIMAITE eksperimentet manipulerer de tre væsentligste klimafaktorer med natopvarmning (nederste gardin), tørke (øverste gardin) og forhøjet CO2 med FACE teknik.
The Climaite experiment is a full factor experiment with night-time warming by roofs (lower curtain), prolonged summer drought (upper curtain) and elevated CO2 by FACE technique. www.climaite.ku.dk Foto: Kim Pilegaard

Figur 4. NDVI måling i permanente vegetationsfelter på CLIMAITE-forsøget. Det giver et relativt mål for den grønne biomasse. Foto: Inger Kappel Schmidt
NDVI measurements in permanent vegetation plots at the Climaite experiment with Spectrosense. It is simple and gives a relative measure of the green biomass.

de blive udkonkurreret af hurtigtvoksende græsser og urter, der danner tæt førnelag, skygger og udtørrer jorden.

METODE

Lokaliteterne

Forsøgslokaliteterne er begge østdanske heder med en vegetation domineret af bølget bunke (*Deschampsia flexuosa*) og hedelyng (*Calluna vulgaris*) med mindre islæt af andre græsser, urter og mosser knyttet til hede eller surt overdrev.

Klimaforsøg

I 1998 og 2004 etablerede vi klimaforsøg i henholdsvis Mols Bjerge og ved Jægerspris. Forsøget på Mols inkluderer forhøjet minimumstemperatur og sommertørke (Figur 2.1 og 2.2; Beier et al. 2004). Forsøget ved Jægerspris kombinerer de tre væsentligste klimafaktorer nedbør, temperatur og CO_2-koncentrationen i et fuldfaktorforsøg (Figur 3.1 og 3.2; Mikkelsen et el. 2008). Det er en del af et dansk klimanetværk CLIMAITE, som er et samarbejde mellem forskere fra Københavns og Århus Universitet og DTU finansieret af Villum Kann Rasmussen.

Manipulationerne forsøger at skabe de klimaforandringer, som forudses i Danmark anno 2075 med en 35 % forøgelse af den atmosfæriske CO_2-koncentration til 510 ppm, 2 °C højere minimumstemperatur og forlænget sommertørke. Behandlingerne startede hhv. i 1999 på Mols og i 2005 i CLIMAITE forsøget.

Effekten af behandlingerne sammenlignes med ubehandlede kontrolfelter. Forhøjet minimumstemperatur skabes ved at reflektive gardiner glider ud over vegetationen om natten og dermed tilbageholder en del af den varme, som solen har tilført økosystemet om dagen (Figur 2-1). Gardinerne ruller fra igen om morgenen, og felterne er derfor uden manipulation om dagen. Gardinerne er styret af lysmåler eller timer. I tilfælde af regn om natten glider gardinerne fra, så den hydrologiske balance opretholdes. Sommertørke skabes på tilsvarende vis med plastikgardiner, som overdækker felterne i tilfælde af regn. De er styret af en regnsensor, der aktiveres i en periode på 1-2 måneder i forsommeren, når det regner. De specielt designede rullegardiner fjernes automatisk, når de ikke er i brug for at mindske uønskede side-effekter så som skygge, vind og ændret vandbalance. Forhøjet CO_2 doseres kontinuerligt ved at koncentreret CO_2 blæses ud af 0.3 mm dyser fra en ring om felterne. Det er kun dyser i vindsiden, der er åbne, så CO_2 blæser med vinden ind over felterne.

Vegetationsundersøgelser

Siden 1998 (Mols) og 2004 (Climaite) har vi analyseret vegetationen i permanente felter hvert år. Det første år var før klimamanipulationerne startede. Vi anvendte pin-pointmetoden (Kongstad et al. 2012), hvor en pind sænkes lodret ned gennem vegetationen og alle berøringer på planter noteres med art, højde, plantedel (blomst, årsskud, levende eller død biomasse). Hver art kan få flere hits i hvert punkt. Pin-point analysen giver dermed et 3-D billede af vegetationen. Tilsvarende analyser blev gennemført udenfor forsøgsområdet med efterfølgende høst for at kunne omregne pinpoint analysen til biomasse. Der var meget høj korrelation mellem højden af første hit på hedelyng og biomassen, hvorimod græssernes biomasse kunne bestemmes på baggrund af det total antal hits per pind.

For at følge planterne i hele vækstsæsonen målte vi NDVI, som er et vegetationsindex, der er korreleret med den grønne biomasse. Princippet i målingen er, at en lyssensor måler indkommende rødt og nær-infrarødt (NIR) lys. Rødt lys absorberes af planternes grønkorn, hvorimod NIR reflekteres. Ved at måle indkommende og reflekteret lys i vegetationsfelterne får vi et mål for den grønne biomasse. Målingen tager få sekunder og er et godt supplement til den grundige vegetationsanalyse, der både giver biomasse og sammensætningen af plantesamfundet (figur 4).

RESULTATER OG DISKUSSION

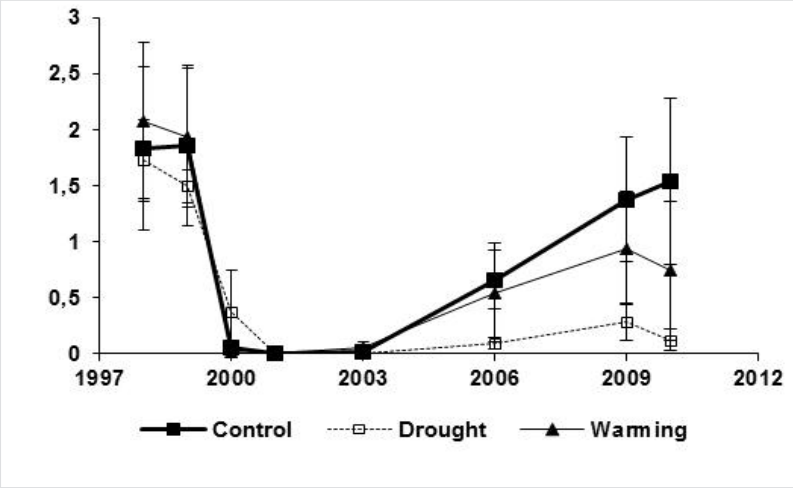
Generelt fandt vi lille respons til klimamanipulationerne i både hedelyng, græsser og urter baseret overvejende på CLIMAITE forsøget, da lyngplanterne i forsøget på Mols tidligt blev afløvet og døde pga lyngbladbiller (Figur 5).

Nat-opvarmningen betød færre nætter med frost i det tidlige forår og planterne startede væksten ca 2 uger tidligere (Prieto et al. 2009; Kongstad et al. 2012). Selv om planterne startede deres vækst tidligere, var der ingen effekt af opvarmningen senere på året sandsynligvis pga lavere vandindhold i felterne (Figur 6).

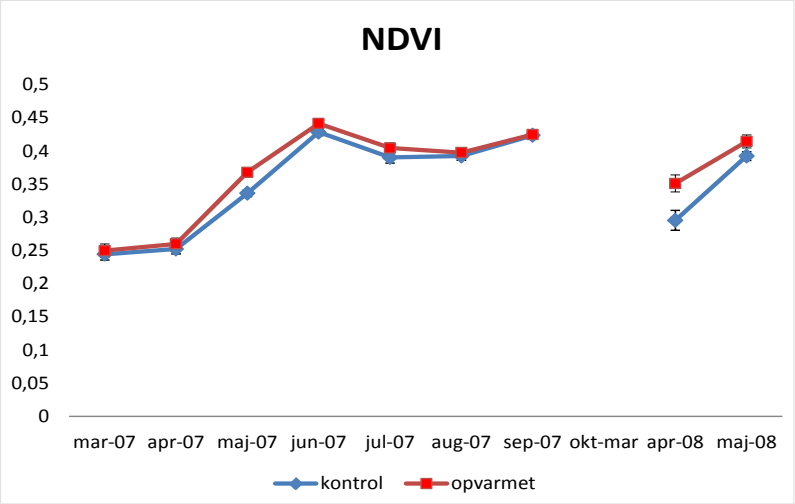
Tørke i en længere periode hvert forår betød ca. 20 % lavere vækst under og lige efter tørken, men ligeså snart felterne var våde igen, indhentede planterne den fulde vækst i de andre behandlinger og generelt var der ikke signifikant lavere vækst i felter udsat for tørke. CO2 stimulerede fotosyntesen (Albert et al. 2010), men havde ingen effekt på den overjordiske biomasse. Til gengæld blev der allokeret ressourcer til rødderne og især til dybe rødder (Arndal et al. 2012; 2014). Desuden kvitterede græsserne for forhøjet CO_2 med en fordobling i antallet af blomstrende skud. Heders lave næringsindhold er sandsynligvis årsag til den begrænsede overjordiske respons til forhøjet CO_2.

Vi havde forventet en del interaktioner mellem de tre klimafaktorer, hvor vi især forventede, at CO_2 ville udligne effekten af tørke pga forbedret vandbalance. Når planter vokser i en atmosfære med forhøjet CO_2, behøver de ikke åbne spalteåbningerne så ofte for at få CO_2 til fotosyntesen og dermed mindskes vandtabet fra planterne (Matthews 2006). Vi så meget få interaktioner og generelt viste planterne sig enten resistente (hedelyng) eller resiliente (græsserne).

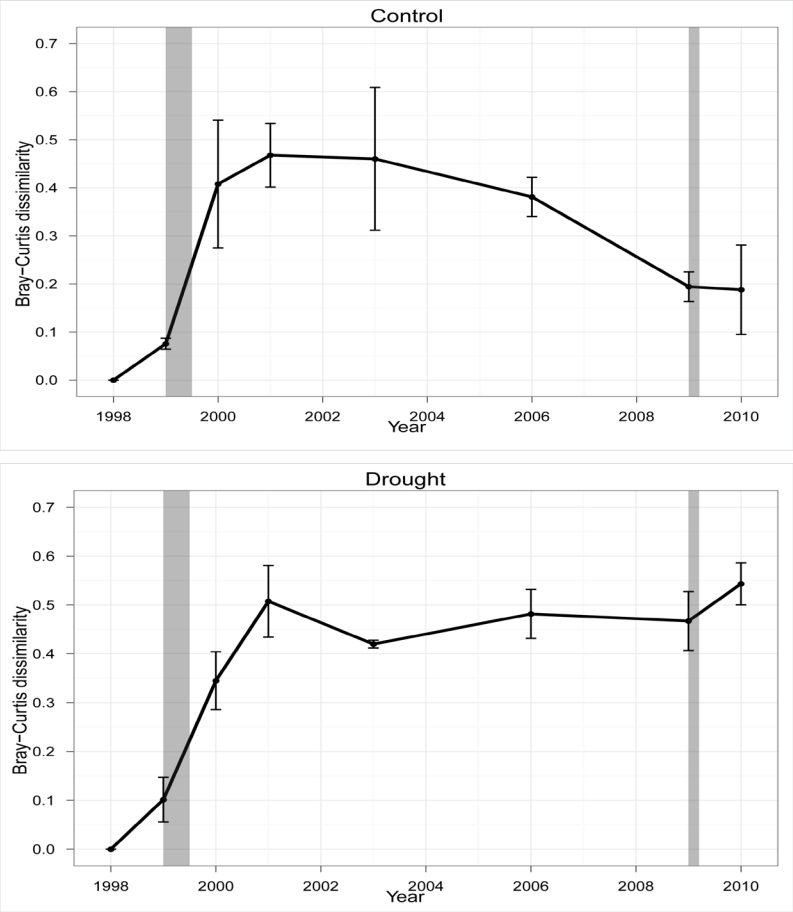
Den manglende respons til vores klimamanipulationer blev af mange tilskrevet, at vi kun fjernede en mindre del af nedbøren og opvarmningen var en beskeden opvarmning på ca 1 °C.



Figur 5: Hedelyng (pin-hits pr pind) fra 1998-2010. I 1999-2000 var der et alvorligt angreb af lyngbladbiller og derefter blev vegetationen klippet og biomassen fjernet for at fremme genvækst af hedelyng.
Calluna vulgaris (pin-hits per pin) in response to night-time warming and prolonged summer drought at Mols. After the first year with experimental warming and drought, the heather plants died due to a severe outbreak of heather beetles. We harvested the vegetation to promote regrowth of the heather.

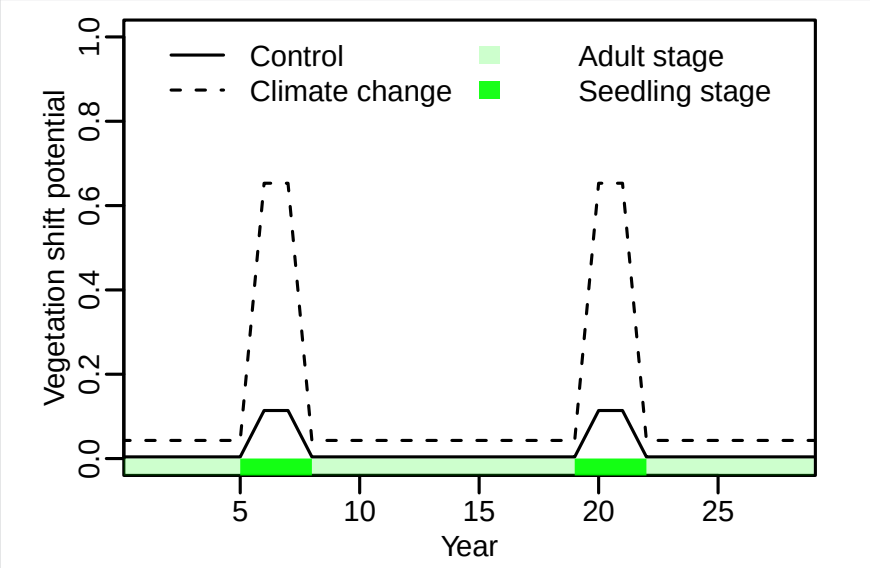


Figur 6. NDVI±SE på Climaite 2007-2008, hvor forårsmålingerne begge år viser en signifikant øget grøn biomasse i varmefelterne.
NDVI±SE on CLIMAITE 2007-2008. The spring measurements show significantly higher green biomass in the warmed plots.



Figur 7. Bray-Curtis dissimilarity (middel±SE) af vegetationssammensætningen I et specifikt år I forhold til den oprindelige vegetation, før behandlingerne blev startet. De grå søjler illustrerer et alvorligt (1999) og et mindre (2009) angreb af lyngbladbiller.
The Bray-Curtis dissimilarity of the plant community composition in a specific year relative to the initial (1998) plant community composition at the same plot (mean± SE). Grey bars indicate major (1999) and minor (2009) heather beetle outbreaks. Plots were mowed after the heather beetle attack in 1999.

Figur 8. Konceptuel figur af vegetationens sensitivitet ved klimaændring. Så længe lyngplanterne er etableret, er de relativ resistente overfor ændringer i klimaet. Hvis de skal regenerere efter en ekstrem klimahændelse, lyngbladbilleangreb eller aldring, er de meget følsomme overfor selv moderate klimaændringer og er der en stor risiko for et "vegetationskifte". Effekten af klimaændringen kan derfor kun rigtig vurderes efter en regenerationscyclus.
Conceptual figure of the sensitivity of plants to climate change. As long as the heather plants are established, they are relatively resistant to changes in climate. However, if they die due to extreme climate event, heather beetles or of age, they are extremely sensitive to even moderate climate with a risk for a shift in vegetation. The impact of climate change can therefore only be evaluated after regeneration. Ransijn 2014.



Forsøget på Mols fortæller en noget anden historie om, hvilken effekt klimaændringer kan have på heden. Her blev forsøget tidligt sat tilbage af et lyngbladbilleangreb, hvor lyngen døde og skulle regenerere fra frø. Vi klippede vegetationen ned, svarende til almindelig hedepleje, for at hjælpen regenerationen af lyngen på vej. Regenerationen af hedelyng startede først i de opvarmede felter og med lidt forsinkelse i kontrolfelterne, hvorimod der var meget ringe regeneration i tørkefelterne (Figur 5). Hvis man sammenligner vegetationssammensætningen i 1998, året før klimamanipulationerne blev igangsat, med vegetationen i årene frem til 2010, ser man tydeligt vegetationsskiftet efter bladbilleangrebet (Figur 7).

I kontrolfelterne og til dels også de opvarmede felter nærmer vegetationssammensætningen sig den oprindelige. I tørkefelterne er der endnu ikke tegn på, at lyngen kommer tilbage. Ud over manglende regeneration af hedelyng, er der også en del flere urter og et skift fra overvejende bølget bunke til en blandet græsvegetation med en større andel af krybende hestegræs (*Holcus mollis*). Den lave regeneration af hedelyng i felter udsat for længere tørke peger på, at lynghederne vil påvirkes af klimaændringer, hvis vi får ændrede nedbørsforhold med længere tørkeperioder i vækstsæsonen. Det viser, at hedelyng er sensitiv overfor selv moderate ændringer i klimaet i den korte periode arten har til at regenerere, inden græsserne etablerer et lukket vegetationsdækket (figur 8). Det samme viser resultaterne fra et europæisk netværk af klimaeksperimenter, hvor sensitiviteten til klimaændringer var korreleret med forstyrrelser af økosystemerne (Kröel-Dulay et al. 2015).

Interaktioner mellem klima og kvælstof
Der er flere undersøgelser af interaktionerne mellem kvælstof og klima, hvor der specielt har været fokus på interaktionerne mellem tørke og kvælstof. Haerdtle et al. (2013; upubliceret) har i væksthuse og feltforsøg vist, hvordan kvælstof øger lyngplanternes skud-rod forhold og dermed øger deres sensitivitet overfor tørke. Tilsvarende fandt Southon et al (2012) i et feltforsøg flere tørkeskader på lyng i felter, der var gødet med 30 kg N ha-1. Udover den direkte effekt på lyngplanterne af mindre rodbiomasse i forhold til skudbiomasse og dermed dårligere mulighed for at klare længere tørke, vil lyngen yderligere blive presset af øget konkurrence fra græsser og urter, der kan udnytte højere næringstilgængelighed til en hurtigere vækst. Det vil gøre vinduet, hvor hedelyng kan regenerere sig endnu mindre (figur 8; Ransijn 2014), da græsserne hurtigt lukker af for lys og udtørrer jorden.

Konklusionen fra disse og tilsvarende klimaforsøg er, at hedelyng og hedevegetationen generelt er resilient og hurtigt regenererer efter forstyrrelse, så længe planterne ikke dør. Derimod er hedelyng meget sensitiv overfor specielt tørke, hvis den skal genetablere sig fra frø. Det kan betyde, at vi især på de østdanske heder, hvor nedbøren i forvejen er i underkanten for opretholdelse af heden, vil se et skifte fra hede til overdrev. Hedernes og hedelyngs udbredelse fra det nordlige Norge til Portugal indikerer ikke sensitivitet til ændringer i temperaturen, men vi kender ikke til den genetiske variation i hedelyng og dermed tilpasningsmuligheder i udbredelsesområdet. Desuden er der skiftende følgearter langs gradienten og arternes udbredelse vil ændre sig med ændrede temperaturer. Immigration og forekomst af arter på hederne vil dog påvirkes af, at hederne oftest ligger som øer i et fragmenteret landskab.

TAK

Villum Kann Fonden takkes for støtte til CLIMAITE projektet og til EU for finansiering af det europæiske klimanetværk INCREASE.

CITERET LITTERATUR

Beier C, Ambus P, Christensen S, Holmstrup M, Larsen KS, Michelsen A, Mikkelsen TN, Priemé A, Schmidt I K, and Pilegaard K 2015: IMPACTS OF CLIMATE CHANGE ON TERRESTRIAL ECOSYSTEM FUNCTIONING – An overview. Report. DTU. ISBN-13: 978-87-93054-60-8. www.climaite.ku.dk

Beier C, Emmett B, Gundersen P, Tietema A, Penuelas J, Estiarte M, Gordon C, Gorissen A, Llorens L, Roda F. & Williams D 2004: Novel Approaches to Study Climate Change Effects on Terrestrial Ecosystems in the Field - Drought and Passive Night Time Warming. – Ecosystems 7: 583-597.

Britton, A., R. Marrs, R. Pakeman, and P. Carey. 2003. The influence of soil-type, drought and nitrogen addition on interactions between Calluna vulgaris and Deschampsia flexuosa: implications for heathland regeneration. Plant Ecology 166:93-105.

Gimingham, C. H. 1972. Ecology of heathlands. Chapman and Hall, London.
Haerdtle W, Calvo L, Marcos E, Meyer-Gruenefeldt & von Oheimb G. 2013: Heathlands under global change - the importance of interactive effects. Invited talk. 13th European Heathland Workshop. North Western dune and lowland heaths – natural processes and management. Abstract book: 59-60. www.heathlandworkshop.ku.dk
http://www.dmi.dk/klima/fremtidens-klima/danmark/

Kongstad J, Schmidt IK, Riis-Nielsen T, Arndal MF, Mikkelsen TN, Beier C (2012) High Resilience in Heathland Plants to Changes in Temperature, Drought, and CO2 in Combination: Results from the CLIMAITE Experiment. Ecosystems 15: 269–283.

Kröel-Dulay G, Ransijn J, Schmidt IK, Beier C, De Angelis, de Dato G, Dukes JS, Emmett B, Estiarte M, Garadnai J, Kongstad J, Kovács-Láng E, Larsen KS, Liberati D, Ogaya R, Riis-Nielsen T, Smith A, Sowerby A, Tietema A, Penuelas J 2015. Increased sensitivity to climate change in disturbed ecosystems. Nature Communications 6:6682. DOI: 10.1038/ncomms7682.
Matthews D 2006. Global change: The water cycle freshens up. Nature 439: 793-794

Mikkelsen TN, Beier C, Jonasson S., Holmstrup M, Schmidt IK, Ambus P, Pilegaard K, Michelsen A, Albert K, Andresen L, Arndal MF, Bruun N, Christensen S, Danbæk S, Gundersen P, Jørgensen P, Kongstad J, Linden LG, Maraldo K, Priemé A, Riis-Nielsen T, Ro-Poulsen H, Stevnbak K, Selsted MB, Sørensen P, Larsen KS, Carter MS, Ibrom A, Martinussen T, Miglietta F & Sverdrup H 2008. Experimental design of multifactor climate change experiments with elevated CO2, warming and drought: the CLIMAITE project. Functional Ecology Vol: 22 (1), 185-195

Prieto P, Peñuelas J, Niinemets Ü, Ogaya R, Schmidt IK, Beier C, Tietema A, Sowerby A, Emmett BA, Láng EK, Kröel-Dulay G, Lhotsky B, Cesaraccio C, Pellizzaro G, de Dato G, Sirca C, Estiarte M (2009) Changes in the onset of spring growth in shrubland species in response to experimental warming along a north–south gradient in Europe. Global Ecology and Biogeography 18, 473–484.

Ransijn J 2014: Changing heathlands in a changing climate. Climate change effects on heathland plant communities. PhD-thesis, Department of Geosciences and Natural Resource Management, University of Copenhagen.

Schmidt IK, Beier C, Kongstad J, Andresen L, Michelsen A, Albert K, Ambus P, Selsted M, Maraldo K, Holmstrup M, Arndal MF, Mikkelsen TN, Ro-Poulsen H, Jonassen S & Karsten RJ 2008. Klimaændringer og processer og funktion i terrestriske økosystemer. Flora og Fauna 113(4): 113-124. Århus 2008

Southon GE, Green ER, Jones AG, Barker CG & Power SA 2012: Long-term nitrogen additions increase likelihood of climate stress and affect recovery from wildfire in a lowland heath. Global Change Biology 18: 2824-2837

MACULINEA-sommerfugle og stikmyrer på danske heder – coevolution i tid og rum

David R. Nash[1] & Anne Andersen

Udtrykket "coevolution" har været brugt i mange forskellige sammenhænge siden dets oprindelse i slutningen af 1950'erne (Mode 1958). Konceptet i sig selv er meget ældre og blev allerede behandlet i detaljer af Darwin (1859; 1862). I dets originale form refererer udtrykket coevolution til ændringer af karaktertræk hos to (eller flere) arter, der lever i tæt samspil, gennem reciprokke (gensidigt tilbagevisende) påvirkninger af hinanden (Breedlove & Ehrlich 1968; Janzen 1980; Janzen & Muller 1969; Muller 1969). Alle typer af interaktioner mellem arter kan potentielt føre til coevolution. Det gælder både mellem parasitter og deres værter, mellem byttedyr og rovdyr og i mellem mutualister. Det er *forventet,* at coevolution spiller en vigtig rolle i mange arters udvikling og der er en stigende erkendelse af, at de fleste arter interagerer tæt med andre arter, især med mikroorganismer, hvilket påvirker deres fitness (overlevelses- og formeringsevne). Udviklingen af en art sker med andre ord i tæt samspil med andre arter. Det er imidlertidigt ikke så ligetil at *påvise* forekomsten og betydningen af denne coevolution. Der er kun få eksempler, hvor coevolution entydigt kan adskilles fra andre former for evolution. Ofte bliver forekomsten af coevolutionen udledt alene baseret på tilstedeværelsen af interaktioner, tilpasninger eller gensidig artsdannelse, hvilket i sig selv ikke er nok til at påvise at der foregår coevolution (Janzen 1980).

Den coevolutionære mosaik

Et af de mest brugbare begrebsapparater, der bruges om den coevolutionære proces, er "den geografiske mosaik af coevolution". Begrebet er fremsat og videreudviklet af John Thompson og hans kollegaer over de sidste tyve år (Thompson 1994; Thompson 1999; Thompson 2005). Idéen er baseret på den erkendelse, at den coevolutionære proces ikke kun foregår over evolutionær tid, men også over geografiske afstande. Med andre ord en erkendelse af, at geografisk adskilte bestande af interagerende arter udvikler sig forskelligt. Det virker måske som en triviel iagttagelse, men den er faktisk fundamental i forhold til, hvordan og hvorvidt organismer har mulighed for at udvikle sig coevolutionært.

Retningsbestemt selektion vil mindske den genetiske variation i en bestand, da den favoriserer bestemte genetiske varianter frem for andre (Mather 1941). Det kan derfor være svært at forstå, hvordan den genetiske variation kan blive bibeholdt under naturlig selektion. Den geografiske mosaik af bestande muliggør, at adskilte bestande udvikler alternative tilpasninger til de specifikke bestande af andre arter, som de lever i samspil med. Disse sideløbende tilpasninger kan dermed bidrage til den samlede genetiske diversitet inden for arten, hvis der er tilstrækkelig (men ikke for meget) genetisk udveksling mellem artens bestande. Den geografiske mosaik af bestande kan med andre ord både være med til at danne og bibeholde de coevolutionære tilpasninger samt bestandenes tilpasningsevne (dvs. deres genetiske diversitet).

Maculinea-*sommerfugle og stikmyrer*

Sommerfugle i slægten *Maculinea* har en højest udsædvanlig livscyklus (Figur 1). De første tre larvestadier efter ægklækningen tilbringer de på værtsplanten. De sidste larvestadier og puppestadiet tilbringer de inden i en stikmyretue (slægten *Myrmica*), hvor de snylter på myretuens ressourcer. Der er to typer af interaktioner mellem sommerfuglelarverne og stikmyrerne (Thomas & Elmes 1998). Én hvor sommerfuglelarven lever som rovdyr og æder myrernes afkom (æg, larver, pupper) og én hvor sommerfuglelarven lever som en gøgeunge og bliver fodret af arbejdermyrerne, der ofte prioriterer denne højere end deres eget afkom (til tider æder 'gøgeungerne' også myreafkommet).

Myrerne har således store omkostninger ved at huse *Maculinea*-larverne. Det forblev længe et mysterium, hvorfor myrerne bringer larverne ind i myretuen, men gennem de sidste tyve år har vi og andre forskningsgrupper undersøgt dette forhold. Det viser sig, at sommerfuglen i sit fjerde larvestadie forlader værtsplanten og lader sig dumpe ned på jorden. I dette stadie producerer sommerfuglelarven kulbrinter på deres kutikula (overhud), som fungerer som en kemisk profil, der efterligner de ægte stikmyrelarvers kemiske profil (Akino et al. 1999; Nash et al. 2008). Det er ikke en perfekt efterligning, men den er god nok til at myrerne adopterer tilpas mange sommerfuglelarver til, at arterne kan overleve (Hochberg et al. 1994). Så snart sommerfuglelarverne er inde i my-

Maculinea butterflies and Myrmica ants on Danish heathlands – coevolution in time and space"
Butterflies in the genus *Maculinea* have an unusual life-cycle in which they have evolved to exploit both specific host plants and colonies of *Myrmica* ants. Their reliance on two hosts with only partially overlapping ranges means that *Maculinea* butterfly populations are naturally patchy, and this mosaic distribution provides ideal conditions for coevolution between the butterflies and their hosts. Here we give a summary of our research on the coevolution between *Maculinea alcon* and its host ants, *Myrmica rubra* and *Myrmica ruginodis* on Danish heathlands. The ants and butterflies show a geographic mosaic in their interactions, with some populations specializing on one host ant species, some on the other, and some utilizing both. This is primarily driven by an evolutionary arms race between the butterflies and ants in which the butterflies are selected to mimic the cuticular hydrocarbons of the ants more closely, while the ants are selected to change their cuticular hydrocarbons to be more distinct from the butterflies. This, in combination with fluctuations in population sizes of the ants (probably because of the negative effects of parasitism by the butterflies), leads to an interacting system that is highly dynamic in both space and time.

Key words: Simbiose, bevaringsbiologi, ensianblåfugl, coevolutionær mosaik

[1]*Center for Social Evolution, Biologisk Institut, Københavns Universitet, Universitetsparken 15, 2100 København. DRNash@bio.ku.dk*

Figur 1: Livscyklus af ensianblåfugl (*Maculinea alcon*). A. Hunnen lægger sine æg på blomsterknopperne af klokkeensian i slutningen af juni og i juli. B. I løbet af ca. to uger gennemgår larven de tre første larvestadier inde i blomsterknoppen. I det fjerde larvestadie forlader larven planten og lader sig falde ned på jorden. C. Hvis en fødesøgende stikmyre opdager larven, vil den samle larven op og bære den ind i myretuen, hvor den placeres sammen med myrenes eget afkom. D. Inde i myretuen bliver larven fodret hele efteråret og vinteren af arbejdermyrerne, som om den var en af deres eget afkom. E. Larven forpupper sig inde i myretuen i slutningen af maj. F. Efter omkring en måned kommer den voksne sommerfugl ud af puppen og forlader myretuen før den breder sine vinger ud (G). H. Parringen foregår så snart hunner har forladt myretuen.

Figure 1: The life-cycle of Maculinea alcon. *A. Females lay eggs on the developing flower buds of the marsh gentian during late June and July. B. The larvae develop inside the flower buds for the first three larval instars during ca. two weeks, and exit the plant and drop to the ground after moulting to the fourth larval instar. C. If discovered by a foraging Myrmica ant, the larva is picked up and taken back to the ant nest, where it is placed among the ant brood. D. There it develops throughout the autumn and winter, being fed by the worker ants as if it was one of their larvae. E. The larva pupates inside the ant nest in mid to late May. F. After around a month, the adult butterfly ecloses, and exits from the ant nest before expanding its wings (G). H. Mating takes place as soon as females emerge from the ant nest.*

retuerne, begynder de at opføre sig som myrelarver. De tigger om mad (Elmes et al. 1991) og de producerer lyde, der minder om dronningemyrelarvernes lyde (Barbero et al. 2009) og på den måde fortsætter de med at narre myrerne.

Det er dog ikke alle stikmyretuer som er egnede for disse sociale parasitter. I den palæarktiske region er der stor variation i hvilke stikmyrearter, som *Maculinea*-sommerfuglene snylter på (Elmes et al. 1994; Witek et al. 2010). Der er ligeledes stor forskel på, hvor sårbare forskellige myrekolonier inden for samme bestand er over for parasitten.

Maculinea-*sommerfugle på verdensplan*
Slægten *Maculinea* stammer med al sandsynlighed fra de centralasiatiske stepper, hvor den først udviklede sig for ca. fem millioner år siden (Als et al. 2004; Ugelvig et al. 2011b). Den er udbredt i hele den palæarktiske region (fra Japan til Spanien). Der er i øjeblikket syv anerkendte arter i *Maculinea*-slægten (Als et al. 2004; Ugelvig et al. 2011b) og fem af disse er fundet i Europa. Af disse fem lever de tre: *M. arion* (sortplettet blåfugl), *M. nausithous* og *M. teleius* som rovdyr, mens *M. alcon* (ensianblåfugl) og *M. rebeli* lever som gøgeunger. De to sidste arter har der været en del forvirring omkring gennem det foregående århundrede, og det er blevet foreslået, at man ikke længere skal anerkende *M. rebeli* som en selvstændig art (Fric et al. 2007). En kritisk gennemgang af typeeksemplaret og artsbeskrivelsen af *M. rebeli* (Kudrna and Fric 2013) har vist at brugen af navnet *M. rebeli* om den variant af sommerfuglen som benytter *Gentiana cruciata* ikke har været passende. *M. rebeli* forekommer derimod ved meget større højde og udnytter *Gentianella rhaetica* og stor stikmyre (*Myrmica sulcinodis*) som værtsplante og værtsmyre (Tartally et al. 2014).

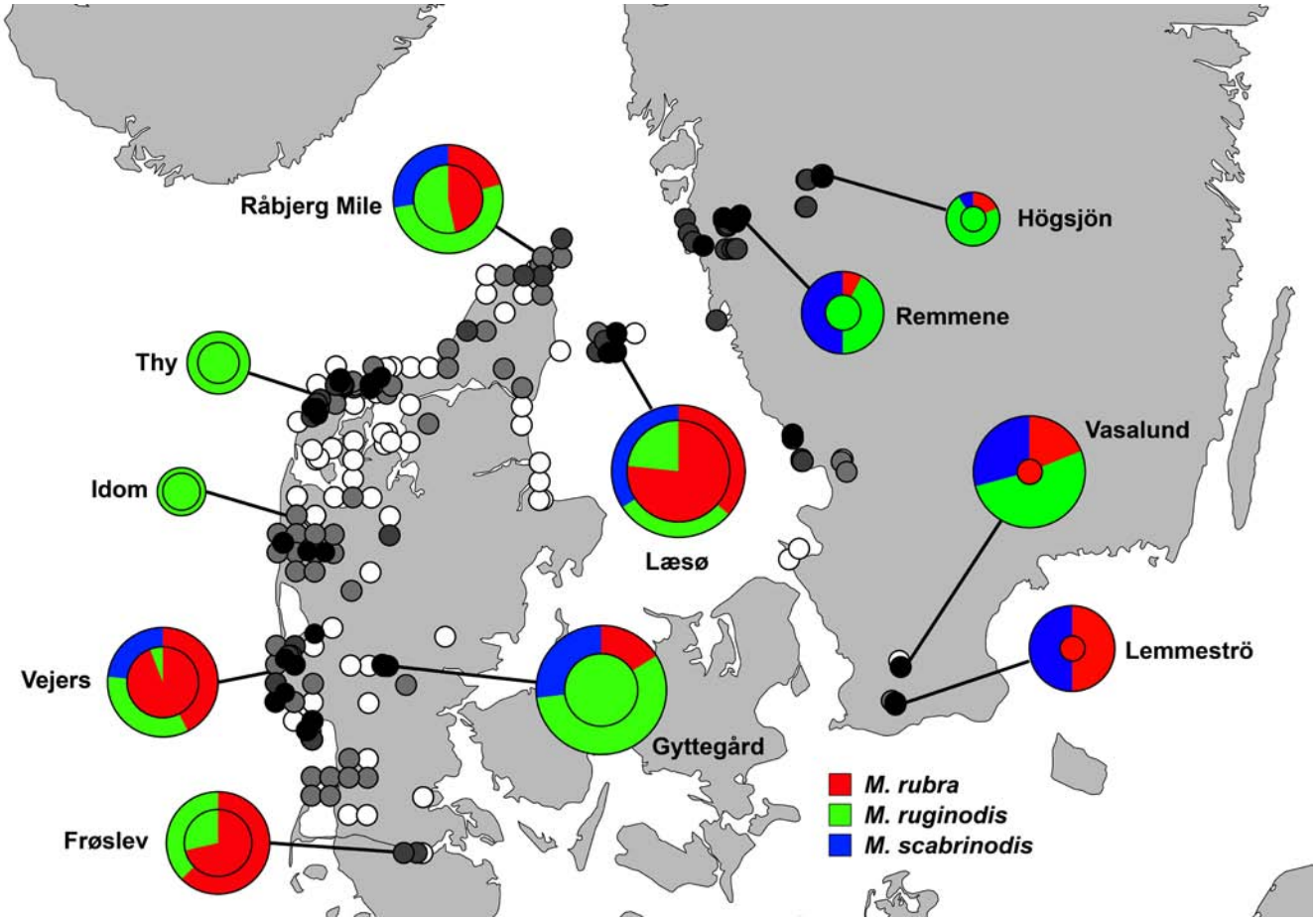
Maculinea-*sommerfugle og stikmyrer i Danmark*
Der er to *Maculinea*-arter i Danmark. Sortplettet blåfugl (*M. arion*) og ensianblåfugl (*M. alcon*). Sortplettet blåfugl var for 100 år siden udbredt, men findes i dag kun på Høje Møn. Tilbagegangen skyldes hovedsageligt de drastiske ændringer i arealanvendelsen, som følge af landbrugsudviklingen. Ensianblåfugl (*M. alcon*) har også været i tilbagegang over de sidste hundrede år, men er stadig sporadisk udbredt på heder i Jylland og på Fanø, Rømø og Læsø (Figur 2).

Der er ingen fund af ensianblåfugl i Danmark før 1923, men dette forhold skyldes uden tvivl, at man inden da fejlagtigt antog, at alle danske *Maculinea*-bestande tilhørte sortplettet blåfugl (Wolff 1923). Bestandene af ensianblåfugl er desuden ret variable i deres fremtoning (Kaaber 1964) og genetiske sammensætning (Gadeberg & Boomsma 1997) i forskellige egne af landet. Mens alle danske bestande lægger æg på klokkeensian (*Gentiana pneumonanthe*), snylter de på forskellige værtsmyrer. I Danmark snylter ensianblåfugl på korttornet stikmyre (*Myrmica rubra*) og almindelig stikmyre (*Myrmica ruginodis*), mens de tilsyneladende ikke udnytter engstikmyre (*Myrmica scabrinodis*) (Als et al. 2001; Nash et al. 2011). Det sidste er lidt overraskende, da denne myreart udnyttes af ensianblåfuglen andre steder i Europa og den er til stede på ensianblåfugls levesteder i Danmark (Als et al. 2002).

Coevolution mellem ensianblåfugl og stikmyrer i Danmark
Ensianblåfugl er en virulent social parasit, som mindsker stikmyrekoloniernes fitness. Det må derfor forventes, at der er et stærkt selektionspres på stikmyrerne for ikke at bringe ensianblåfugls larver med ind i myretuen og opfostre dem på bekostning af deres eget afkom. Ligeledes må ensianblåfuglen også opleve et stærkt selektionspres for at øge mulighederne for at blive adopteret af stikmyrerne. Disse modsatrettede selektionspres er ikke nødvendigvis lige stærke, og det er der en række grunde til. For det første, er ensianblåfugls larver fuldstændig afhængige af at blive opfostret i en stikmyrekoloni, hvorimod stikmyrekolonierne stadig har mulighed for at formere sig, selvom de er inficerede med sommerfuglelarven. Det er derfor forventet, at selektionspresset er højest på sommerfuglelarven. Dette fænomen kaldes populært "overlevelse versus måltid" princippet (Dawkins & Krebs 1978). For det andet, er det typisk kun en meget lille andel af en stikmyrebestand, der er inficeret med ensianblåfugl. Der er generelt relativt få overlap mellem udbredelsen af stikmyrerne og klokkeensian på de enkelte lokaliteter (Thomas et al. 1997; Figur 3). Af netop denne grund vil naturlig selektion fjerne alle tendenser til at udvikle resistens over for parasitten, hvis resistensen bare har den mindste ulempe for myrebestanden.

En anden vigtig komponent er udvekslingen af gener inden for stikmyrebestanden. Hvis myrerne har en tendens til at sprede sig langt, når de parrer sig og grundlægger nye myrekolonier, vil de gener, der koder for resistens over for ensianblåfugl, hurtigt blive fjernet fra bestanden gennem naturlig selektion. Hvis udveksling af gener derimod kun sker inden for et afgrænset område, vil resistensgenerne give en selektiv fordel til myrekolonier i områder hvor infektionsniveauet er højt. Dette muliggør lokale tilpasninger, som er grundlaget for coevolution.

Ensianblåfuglens to værtsmyrer i Danmark har forskellig biologi og dermed forskellige bestandsstrukturer. Almindelig stikmyre er en typisk stikmyre med kolonier bestående af få hundrede til et par tusind arbejdere og få dronninger. De formerer sig ved at sende vingede dronninger og hanner ud på parringsflugt. Under parringsflugten vil nye dronninger og hanner, som kommer fra et relativt stort område på et par kilometer, parrer sig. Befrugtede dronninger vil enten selv starte en ny koloni (ved at lægge æg og selv passe de første larver), eller slutte sig til en etableret koloni. I begge tilfælde betyder denne adfærd at generne i dronningerne og deres mager vil blive spredt over relativt store afstande. Det er derfor usandsynligt at resistensgener mod ensianblåfuglen vil eksistere i en bestand i længere tid. Ensianblåfuglens anden danske værtsmyre korttornet stikmyres kolonier kan vokse sig meget større (ti til tyvetusind arbejdere) og

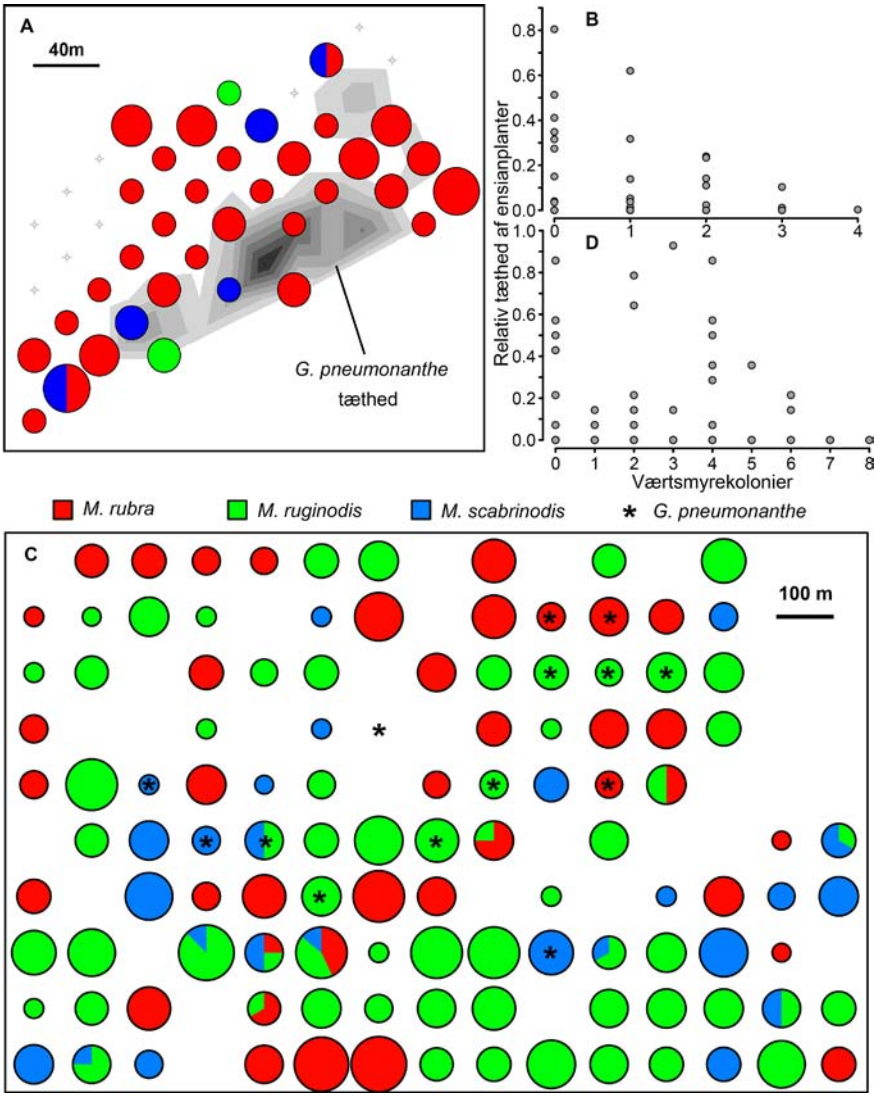


Figur 2: Kort over den aktuelle og historiske udbredelse af ensianblåfugl i Danmark og Sverige. Optegnelserne fra før 1990 er hvide, optegnelser i forbindelse med atlasprojektet 1990-1995 er grå og optegnelser efter 1995 er sorte. Kortet er udarbejdet på baggrund af data fra Atlasundersøgelsen af Danmarks Dagsommerfugle, den svenske ArtDatabanken, Bugbasen samt J. Calov og forfatternes egne registreringer. Værtsmyrebrugen i flere ensianblåfuglbestande i Danmark og Sverige er vist med lagkagediagrammer. De ydre cirkler i lagkagediagrammerne, viser antallet og andelen af stikmyretuer, der er fundet inden for en afstand af 2 meter fra en klokkeensianplante, på hver lokalitet. Den gennemsnitlige fødesøgningsrækkevidde for stikmyrekolonier er 2 meter. De indre cirkler viser antallet og andelens af stykmyretuer der er angrebet af ensianblåfugl. Størrelsen af hver cirkel er proportional med antallet af stikmyretuer der er undersøgt. Diagrammerne er baseret på data fra Als et al. 2002 og upublicerede optegnelser.

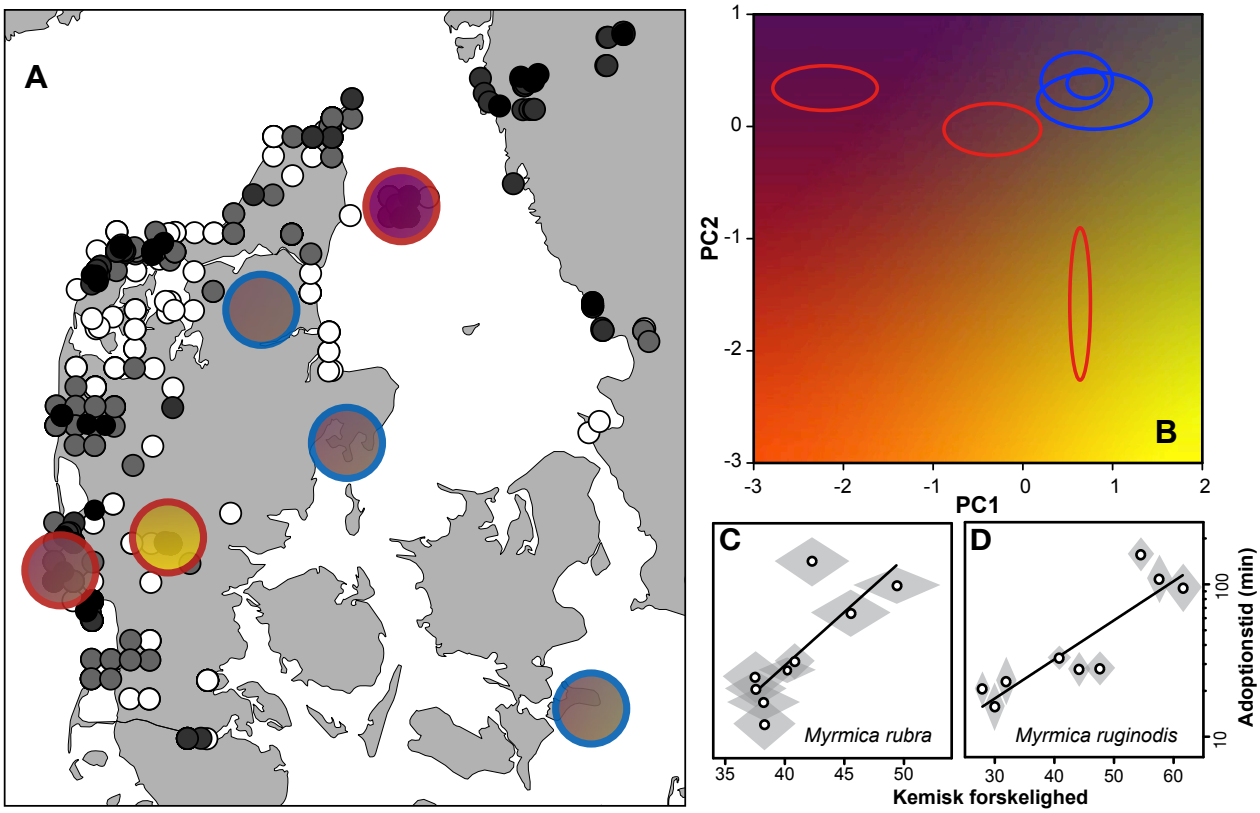
Figure 2: Map showing the recent and historical distribution of Maculinea alcon *in Denmark and Sweden. Records from before 1990 are shown in white, and those from the atlas project of 1990-1995 in grey and those after 1995 in black. Data sources are the Atlas survey of the Butterflies of Denmark, The Swedish ArtDatabanken, Bugbase and the personal records of J. Calov and the authors. Also shown is the host ant use of several populations of* Maculinea alcon *in Denmark and Sweden. The outer pies show the numbers and proportion of Myrmica ant nests of three species found within 2m (the approximate foraging range of* Myrmica *colonies) of* Gentiana pneumonanthe *plants at each site, and the inner pies show the number and proportion of nests that were infested by* Maculinea alcon. *The area of each pie is proportional to the number of* Myrmica *nests examined. Data from Als et al. 2002, with additional unpublished records.*

Figur 4: (side 141 nederst) Den geografiske mosaik af coevolution mellem ensianblåfugl og korttornet stikmyre i Danmark. A) Kort over variationen i korttornet stikmyres kemiske profil i coevolutionære brændpunkter (hvor ensianblåfugl er til stede; omkreds rød) og manglen på variation hvor ensianblåfugl er fraværende (omkreds blå). B) Analysen af hovedkomponenterne (Principal-components analysis) viser variationen i de kemiske profiler mellem bestandene. Midten af hvert symbol repræsenterer middelværdien for bestanden og bredden eller højden viser standardfejl (standard error) ved middelværdien. C) and D) viser forholdet mellem hvor forskelligartede ensianblåfugllarvernes og henholdsvis korttornet stikmyre- og almindelig stikmyrelarvernes kemiske profiler er og hvor hurtigt sommerfuglelarven er adopteret af myretuens arbejdermyrer. Jo mere ensartet de kemiske profiler er, des lettere får sommerfuglelarverne adgang til myrekolonien.

Figure 4: (page 141 bottom). The geographic mosaic of coevolution between Maculinea alcon and Myrmica rubra in Denmark. A) Map showing variation in *the cuticular hydrocarbon profiles of* Myrmica rubra *in hotspots of coevolution (where* Maculinea alcon *is present; outlined in red), and lack of variation in coldspots (where* Maculinea *alcon is absent; outlined in blue). B) Principal-components plot showing the variation in cuticular hydrocarbon profiles between populations. The centre of each symbol represents the mean values for the population, and its width or height the standard error of the mean. C) and D) Relationship between cuticular hydrocarbon dissimilarity between* Maculinea alcon caterpillars *and* Mymrica rubra *and* Myrmica ruginodis *larvae respectively, and how quickly the caterpillars are taken into the ant nests by worker ants. The more similar the hydrocarbon profiles, the more easily the caterpillars gain access to the ant colony.*



Figur 3: Udbredelsen af potentielle myreværters (korttornet stikmyre og almindelig stikmyre) og den ubenyttede værts (engstikmyre) myretuer i forhold til udbredelsen af værtsplanten (klokkeensian) på ensianblåfugl lokaliteter vist på to forskellige rumlige skalaer: A) lokal skala og C) regional skala. B) og D) er spredningsdiagrammer, der viser den negative sammenhæng mellem de to værtsmyrearter på henholdsvis lokal (A) og regional skala (C).
Figure 3: The distribution of potential host ant (Myrmica rubra and Myrmica ruginodis) and non-host ant (Myrmica scabrinodis) nests relative to the distribution of the host plant, Gentiana pneumonanthe, on Maculinea alcon sites on the island of Læsø at two different spatial scales. A) on a local scale, and C) on a regional scale. B) and D) are scatterplots showing the negative association between the two host species for A and C respectively.



Ensianblåfugl (*Maculinea alcon*). Foto: David Nash

de indeholder mange dronninger. Koloniernes forplantningsstrategi er også anderledes. Mens de til tider også har parringsflugt foregår disse over mindre afstande og ikke alle kolonier tager del i denne form for parring. Korttornet stikmyrekolonier forplanter sig i stedet inden i myretuerne eller tæt ved disse og etablerer nye kolonier ved knopskydning. Knopskydning er en proces, hvor en dronning forlader kolonien sammen med en flok arbejdere, for at starte en ny koloni ved siden af den gamle. På denne måde undgår hun besværet med at opfostre de første arbejdere selv og det giver kolonien et forspring. Denne formeringsform betyder også at kolonier i det samme område har en tendens til at stamme fra de samme kolonier. Det betyder at genudvekslingen hovedsageligt sker på lokal plan og som en konsekvens af dette kan der opstå lommer af lokal resistens over for ensianblåfuglen.

Den coevolutionære dynamik

Ensianblåfugls larver får adgang til stikmyretuerne ved at producere de samme kulbrinter på deres overflade som findes på myrelarverne, derved lugter de som myrelarverne. Der er to faktorer, som er bestemmende for, om en ensianblåfuglelarve bliver adopteret af en bestemt stikmyrekoloni: hvor god sommerfuglelarven er til at efterligne myrelarvernes kemiske profil og hvor diskriminerende arbejdermyrerne er. Det er ganske normalt for stikmyrekolonier at adoptere arbejdermyrelarver og -pupper fra andre kolonier, hvis de møder dem, selv larver og pupper fra andre myrearter bliver adopteret. Det skyldes, at de typisk ikke udgør nogen omkostning for kolonien. Hvis en arbejder er opfostret i en fremmed koloni, bliver den sædvanligvis integreret i kolonien og arbejder som voksen for denne. På den måde profiterer den nye koloni på arbejderen. Det faktum at denne adfærd normalt er fordelagtig for stikmyrerne er måske en af grundene til at *Maculinea*-sommerfuglelarvernes beskyttelseslighed (mimicry) af stikmyrelarverne i første omgang har kunnet udvikle sig.

Alt andet lige forventer vi at der vil være selektion på sommerfuglelarverne for at blive bedre og bedre til at efterligne deres værtsmyrelarves kemiske profil. Ligeledes vil der være selektion på værtsmyrerne for at producere en afvigende kemisk profil eller blive bedre til at skelne i mellem ægte og falske myrelarver. Det er forventet at denne dynamik vil føre til coevolution mellem ensianblåfugl og dens stikmyrevært, hvor både parasittens og værtens kemiske profiler bliver selekteret til at ændre sig; parasittens til at nærme sig værtens kemiske profil og værtens til at fjerne sig fra parasittens. Det er præcis dette mønster, vi observerer mellem ensianblåfugl og korthornet stikmyres kemiske profiler i Danmark (Nash et al. 2008; Figur 4). Derimod er der intet mønster mellem ensianblåfugl og almindelig stikmyres kemiske profiler. Dette skyldes formentlig, at der er en større genudveksling i almindelig stikmyre bestande, som forhindrer evolution af lokal resistens og dermed forhindrer coevolution imellem de to arter.

Hvis det forholder sig sådan, at almindelig stikmyre ikke kan udvikle resistens mod ensianblåfugl, hvorfor specialiserer ensianblåfuglen sig så ikke til kun at snylte på denne art? Svaret på dette skal findes i forskellen mellem de to myrearters biologi. Korthornet stikmyre har generelt større kolonier end almindelig stikmyre, derfor er sandsynligheden for at overleve til voksenstadiet større for en sommerfuglelarve, der snylter på denne art. I større kolonier er der flere arbejdere som kan søge føde til sommerfuglelarven. Derved øges både den enkelte sommerfuglelarves overlevelsesmuligheder samt antallet af sommerfuglelarver en enkelt koloni kan opfostre. Myrernes kemiske profiler er til dels genetisk bestemt (van Wilgenburg et al. 2011; Van Zweden & Ettorre 2009; van Zweden et al. 2009) og da korthornet stikmyrekolonier har mange dronninger, vil der være større variation imellem arbejdernes kemiske profiler i disse kolonier (Nash & Boomsma 2008). Det betyder også, at korthornet stikmyre generelt er mere tolerant over for variation i den kemiske profil, hvilket gør det nemmere for ensianblåfuglen at infiltrere deres myrekolonier (Fürst et al. 2012). Dette gælder dog ikke i bestande af korthornet stikmyre, som udvikler lokal resistens over for parasitten. Der vil derfor komme et tidspunkt, hvor det bedre kan betale sig for sommerfuglelarven at snylte på almindelig stikmyre. Vi forventer derfor at se et skift af værtsmyreart over tid. I denne sammenhæng er det interessant at *Maculinea*-sommerfugle tilsyneladende ikke kan skelne mellem forekomsten af forskellige stikmyrearter i nærheden af deres værtsplanter (Fürst & Nash 2010). Det betyder at *Maculinea*-larverne vil møde den mest talrige stikmyreart i et givent område oftere end andre stikmyrearter. Derfor vil tilpasninger, der øger mulighederne for at blive adopteret og snylte på den mest talrige art, sprede sig hurtigere i sommerfuglebestanden end tilpasninger til mindre talrige arter.

Maculinea-sommerfuglenes værtsplanters rolle

Selvom denne artikel har koncentreret sig om coevolution mellem *Maculinea*-sommerfugle og stikmyrer forventer vi at samspillet mellem sommerfuglene og deres værtsplanter er mindst ligeså vigtigt. Klokkeensian er meget sporadisk udbredt i sammenligning med stikmyrernes udbredelse. Plantens udbredelse er derfor vigtig for, hvor myrekolonierne kan inficeres. Dynamikken i klokkeensian er stort set ikke undersøgt. Siden *Maculinea*-larverne lever af frøene på deres værtsplante, vil der også være virulente antagonistiske interaktioner mellem sommerfuglene og planterne der måske udvikler sig gennem coevolutionære dynamikker (Hochberg et al. 1994).

Dynamikkerne imellem sortplettet blåfugl (*M. arion*), *M. teleius* og *M. nausithous* og deres respektive værtsmyrer og -planter er muligvis meget anderledes. Det skyldes, at disse rovdyriske arter har en tendens til at lægge deres æg på plantearter, der er lokalt talrige og meget udbredt, mens deres værtsmyrer har en mere sporadisk udbredelse. Det er altså det omvendte billede af ensianblåfuglens værter. De coevolutionære dynamikker i disse systemer er ikke afklaret i samme grad, men det lader til at værternes udbredelsesmønstre og begrænset genudveksling også her er vigtige faktorer (Ugelvig et al. 2012).

Ensianblåfugl (*Maculinea alcon*). Foto: David Nash

Afslutning

Det billede af samspillet mellem *Maculinea*-sommerfuglene og stikmyrerne, der er fremkommet over de sidste to årtier, er mere dynamisk end tidligere antaget. *Maculinea*-sommerfuglenes pletvise udbredelse og deres værtsmyres forskellige mønstre af genudveksling muliggør dannelse af coevolutionære mosaikker. Det kan være med til at forklare, hvorfor *Maculinea*-sommerfuglene stadig er her og at de har vist sig mere robuste over for forstyrrelser end tidligere forventet (Andersen et al. 2014; Thomas et al. 2009; Ugelvig et al. 2012; Ugelvig et al. 2011a), såvel som at forklare gådefulde aspekter af deres biologi som for eksempel hvorfor de ikke kan skelne imellem værtsmyrearter nær deres værtsplanter. Dynamikkerne i dette vært-parasit-system over både korte og lange tidsperioder lader til at være essentielle for deres udvikling og opretholdelse. Dog har sådanne komplekse systemer en tendens til at bryde sammen, hvis de presses for meget (Hochberg et al. 1992; Holling 1973; May 1974), hvilket kan være med til at forklare, hvorfor flere *Maculinea*-sommerfugle er uddøde i adskillige europæiske lande i det 20. århundrede og hvorfor sortplettet blåfugl i Danmark er i en så kritisk situation. Genopretelse- og genindførelsesprojekter bliver netop muliggjort på grund af forståelsen af *Maculinea*-sommerfuglenes dynamiske biologi. Genindførslen af sortplettet blåfugl i Storbritannien er et af de mest, hvis ikke det mest vellykkede, eksempel på bevaring af hvirvelløse dyr i de sidste fyrre år. Der er stadig mange aspekter af sammenspillet mellem *Maculinea*-sommerfugle og stikmyrer, vi ikke forstår. Vi har for eksempel en begrænset forståelse af hvilke faktorer, der forårsager variation i resistens over for infektion inden for en bestand. Ligeledes er vi kun begyndt at forstå værtsplanternes dynamiske rolle, men ved at sætte vores nuværende viden ind i forståelsen af den coevolutionære mosaik, kan vi øge vores forståelse af og evne til at bevare disse unikke systemer.

Hedernes forvaltning er vigtig for Maculinea-*sommerfuglene i Danmark*

Ensianblåfuglen er stadig udbredt på de danske heder, men mange bestande er i tilbagegang eller helt forsvundet gennem de sidste hundrede år (figur 1). Den vigtigste faktor for bevarelsen af *Maculinea*-sommerfuglene er størrelsen af overlappet mellem deres værtsplanters og værtsmyrers lokale udbredelse (Thomas et al. 2009). Størrelsen af overlappet skaber nemlig den øvre grænse for hvor stor en sommerfuglebestand området kan opretholde. Ensianblåfugls værtsplante og værtsmyrer har forskellige krav til deres levesteder (figur 3) og i Danmark er overlappet mellem levestederne størst på åbne, våde heder. Forvaltningen af de danske heder er nødvendig for at opretholde de fælles levesteder for klokkeensian og stikmyrerne. Tilgroning med vedplanter, medfører at hederne bliver tørrere hvilket formindsker klokkeensianens udbredelse. Stikmyrerne har en smal temperaturtolerance og er derfor følsomme over for skygge fra en højere bevoksning, (Elmes et al. 1998). Korrelationsstudier fra Sverige (Appelqvist et al. 1998), Østrig (Hottinger et al. 2003), Tyskland (Habel et al. 2007), Belgien (Maes et al. 2004), Holland (Radchuk et al. 2012), Spanien (Munguira & Martin 1993) og Portugal (Soares et al. 2012) har alle vist, at værtsplantens tæthed og værtsmyrernes udbredelse er stærke forudsigende variable for tilstedeværelsen af ensianblåfuglen. I mange tilfælde er størrelsen af heden også en vigtig faktor. De største trusler mod ensianblåfuglen er ændringer i landbrugets arealudnyttelse, sekundær succession samt skovrejsning. For at opretholde de rigtige levevilkår for ensianblåfuglen er det derfor nødvendigt, for de fleste heder, at de jævnligt græsses, slås eller afbrændes (Bräu et al. 2008; Grill et al. 2008; Maes et al. 2001). Det er altafgørende, at forvaltningstiltag som disse *ikke* udføres i den periode, hvor ensianblåfuglens larver lever på klokkeensianblomsterne, da det kan medføre en stærk reduktion i sommerfuglebestandens størrelse (Bräu et al. 2008; Grill et al. 2008). For at opnå den ønskede effekt af forvaltningstiltagene, at forøge ensianblåfuglbestandens størrelse, skal disse tidligst udføres i september. Klokkeensian og stikmyrernes forskellige levestedsbehov og deres dynamiske samspil med ensianblåfuglen gør det usandsynligt, at et enkelt forvaltningstiltag vil øge ensianblåfuglens overlevelse. Det er derfor fornuftigt at øge forskelligheden på lokal skala på heden, så der er nærliggende områder med gode forhold for henholdsvis værtsplantens forskellige fænologiske stadier (Oostermeijer et al. 1996) og for de forskellige værtsmyrer (Elmes et al. 1998). Derudover er det vigtigt at skabe en mosaik af områder, der er egnede for ensianblåfuglen, og områder, hvor sommerfuglens værter kan trives uden at blive snyltet på. Dette vil sikre, at der også i fremtiden er klokkeensian- og stikmyrebestande, som ensianblåfuglen kan snylte på. En forvaltningsstrategi, der fremmer forskelligartede områder på heden, vil desuden tilgodese hedens arter i almindelighed (BugLife International 2013; Cameron & Leather 2011; Gimingham 1994; Rosa García et al. 2012).

TAK

Center for Social Evolution er støttet via Danmarks Grundforskningsfond (Grant DNRF57)

CITERET LITTERATUR

Akino T, Knapp JJ, Thomas JA, Elmes GW (1999) Chemical mimicry and host specificity in the butterfly *Maculinea rebeli*, a social parasite of *Myrmica* ant colonies. Proceedings of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences 266:1419-1426

Als T et al. (2004) The evolution of alternative parasitic life histories in large blue butterflies. Nature 432:386-390

Als TD, Nash DR, Boomsma JJ (2001) Adoption of parasitic *Maculinea alcon* caterpillars (Lepidoptera : Lycaenidae) by three *Myrmica* ant species. Animal Behaviour 62:99-106

Als TD, Nash DR, Boomsma JJ (2002) Geographical variation in host-ant specificity of the parasitic butterfly *Maculinea alcon* in Denmark. Ecological Entomology 27:403-414

Andersen A, Simcox DJ, Thomas JA, Nash DR (2014) Assessing reintroduction schemes by comparing genetic diversity of reintroduced and source populations: A case study of the globally threatened large blue butterfly (*Maculinea arion*). Biological Conservation 175:34-41

Appelqvist T, Grimdal R, Finsberg M, Bengtson O (1998) Alkonblåvingen (*Maculinea alcon*) i Västra Götalands län - habitatval och naturvårdsaspekter. Entomologisk Tidskrift 119:121-130

Barbero F, Thomas JA, Bonelli S, Balletto E, Schönrogge K (2009) Queen ants make distinctive sounds that are mimicked by a butterfly social parasite. Science 323:782-785

Bräu M, Stettmer C, Nunner A, Stellwag H, Gros P, Settele J (2008) Auswirkungen von Mahdtermin und -turnus auf den Lungenenzian-Ameisen-Bläuling - Ergebnisse mehrjähriger Habitatanalysen und Mahdexperimente im nördlichen Alpenvorland für *Maculinea alcon*. Naturschutz und Landschaftsplanung 40:113-120

Breedlove D, Ehrlich P (1968) Plant-herbivore coevolution: lupines and lycaenids. Science 162:671-672

BugLife International (2013) Promoting Habitat Mosaics for Invertebrates - Lowland heathland Promoting Habitat Mosaics for Invertebrates - Lowland heathland

Cameron KH, Leather SR (2011) Heathland management effects on carabid beetle communities: the relationship between bare ground patch size and carabid biodiversity. Journal of Insect Conservation 16:523-535

Darwin C (1859) On the origin of species by natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for existence. John Murray, London

Darwin C (1862) On the Various Contrivances by which British and Foreign Orchids are Fertilised by Insects: and on the Good Effects of Intercrossing. John Murray, London.

Dawkins R, Krebs JR (1978) Animal signals: information or manipulation? In: Krebs JR, Davies NB (eds) Behavioural Ecology: An Evolutionary Approach. Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp 282–309

Elmes G, Thomas J, Hammarstedt O, Munguira M, Martin J, van der Made J (1994) Differences in host-ant specificity between Spanish, Dutch and Swedish populations of the endangered butterfly, *Maculinea alcon* (DENIS et SCHIFF.) (Lepidoptera). Memorabilia Zoologica 48:55-68

Elmes G, Thomas J, Wardlaw J (1991) Larvae of *Maculinea rebeli*, a large-blue butterfly, and their *Myrmica* host ants: wild adoption and behaviour in ant-nests. Journal of Zoology 223:447-460

Elmes G, Thomas J, Wardlaw J, Hochberg M, Clarke R, Simcox D (1998) The ecology of *Myrmica* ants in relation to the conservation of *Maculinea* butterflies. Journal of Insect Conservation 2:67-78

Fric Z, Wahlberg N, Pech P, Zrzavy JAN (2007) Phylogeny and classification of the *Phengaris-Maculinea* clade (Lepidoptera: Lycaenidae): total evidence and phylogenetic species concepts. Systematic Entomology 32:558-567

Fürst MA, Durey M, Nash DR (2012) Testing the adjustable threshold model for intruder recognition on *Myrmica* ants in the context of a social parasite. Proceedings of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences 279:516-522

Fürst MA, Nash DR (2010) Host ant independent oviposition in the parasitic butterfly *Maculinea alcon*. Biology Letters 6:174-176

Gadeberg R, Boomsma J (1997) Genetic population structure of the large blue butterfly *Maculinea alcon* in Denmark. Journal of Insect Conservation 1:99-111

Gimingham CH (1994) Lowland heaths of West Europe: Management for conservation. Phytocoenologia 24:615-626

Grill A, Cleary DFR, Stettmer C, Brau M, Settele J (2008) A mowing experiment to evaluate the influence of management on the activity of host ants of *Maculinea* butterflies. Journal of Insect Conservation 12:617-627

Habel JC, Schmitt T, Hardtle W, Lutkepohl M, Assmann T (2007) Dynamics in a butterfly-plant-ant system: influence of habitat characteristics on turnover rates of the endangered lycaenid *Maculinea alcon*. Ecological Entomology 32:536-543

Hochberg ME, Clarke RT, Elmes GW, Thomas JA (1994) Population dynamic consequences of direct and indirect interactions involving a large blue butterfly and its plant and red ant hosts. Journal of Animal Ecology 63:375-391

Hochberg ME, Thomas JA, Elmes GW (1992) A modelling study of the population dynamics of a large blue butterfly, *Maculinea rebeli*, a parasite of red ant nests. Journal of Animal Ecology 61:397-409

Holling CS (1973) Resilience and stability of ecological systems. Annual Review of Ecology and Systematics 4:1-23

Höttinger H, Schlick-Steiner BC, Steiner FM (2003) The Alcon blue *Maculinea alcon* (Lepidoptera : Lycaenidae) in eastern Austria: Status and conservation measures. Ekologia (Bratislava) 22:107-118

Janzen DH (1980) When is it Coevolution? Evolution 34:611-612

Janzen DH, Muller CH (1969) Coevolution. Science 165:415-416

Kaaber S (1964) Studies on *Maculinea alcon* (Schiff.) -*rebeli* (Hir.) (Lep. Lycaenidae) with Reference to the Taxonomy, Distribution, and Phylogeny of the Group. Entomologiske Meddelelser 32:277-319

Kudrna O, Fric ZF (2013) On the identity and taxonomic status of *Lycaena alcon rebeli* HIRSCHKE, 1905 — a long story of confusion and ignorance resulting in the fabrication of a "ghost species" (Lepidoptera: Lycaenidae). Nachrichten des Entomologischen Vereins Apollo 34:117-124

Maes D, Van Dyck H, Vanreusel W, Antwerp B (2001) A species action plan for the threat-

ened Alcon Blue (*Maculinea alcon*) in Flanders (north Belgium)

Maes D, Vanreusel W, Talloen W, Van Dyck H (2004) Functional conservation units for the endangered Alcon Blue butterfly *Maculinea alcon* in Belgium (Lepidoptera : Lycaenidae). Biological Conservation 120:229-241

Mather K (1941) Variation and selection of polygenic characters. Journal of Genetics 41:159-193

May RM (1974) Biological populations with nonoverlapping generations: stable points, stable cycles, and chaos. Science 186:645-647

Mode CJ (1958) A mathematical model for the co-evolution of obligate parasites and their hosts. Evolution 12:158-165

Muller CH (1969) The "co-" in coevolution. Science 164:197-198

Munguira M, Martin J (1993) The conservation of endangered lycaenid butterflies in Spain. Biological Conservation 66:17-22

Nash DR, Als TD, Boomsma JJ (2011) Survival and growth of parasitic *Maculinea alcon* caterpillars (Lepidoptera, Lycaenidae) in laboratory nests of three *Myrmica* ant species. Insectes Sociaux 58:391-401

Nash DR, Als TD, Maile R, Jones GR, Boomsma JJ (2008) A mosaic of chemical coevolution in a large blue butterfly. Science 319:88-90

Nash DR, Boomsma JJ (2008) Communication between hosts and social parasites. In: d'Ettorre P, Hughes DP (eds) Sociobiology of Communication - an interdisciplinary approach. Oxford University Press, Oxford, pp 55-79

Oostermeijer J, Brugman M, De Boer E, Den Nijs H (1996) Temporal and spatial variation in the demography of *Gentiana pneumonanthe*, a rare perennial herb. Journal of Ecology 84:153-166

Radchuk V, Hansson B, WallisDeVries MF, Schtickzelle N (2012) Spatially and Financially Explicit Population Viability Analysis of *Maculinea alcon* in The Netherlands. PLoS One 7:e38684

Rosa García R, Fraser MD, Celaya R, Ferreira LMM, García U, Osoro K (2012) Grazing land management and biodiversity in the Atlantic European heathlands: a review. Agroforestry Systems 87:19-43

Soares PO, Crespi AL, Rodrigues MC, Arnaldo PS (2012) The habitat vegetational structure and the success of the blue alcon, *Maculinea alcon* (Denis & Schiffermuller). Plant Biosystems 146:1-6

Tartally A, Koschuh A, Varga Z (2014) The re-discovered *Maculinea rebeli* (Hirschke, 1904): Host ant usage, parasitoid and initial food plant around the type locality with taxonomical aspects (Lepidoptera, Lycaenidae). ZooKeys 406:25-40

Thomas JA, Elmes GW (1998) Higher productivity at the cost of increased host-specificity when *Maculinea* butterfly larvae exploit ant colonies through trophallaxis rather than by predation. Ecological Entomology 23:457-464

Thomas JA, Elmes GW, Clarke RT, Kim KG, Munguira ML, Hochberg ME (1997) Field evidence and model predictions of butterfly-mediated apparent competition between gentian plants and red ants. Acta Oecologia 18:671-684

Thomas JA, Simcox DJ, Clarke RT (2009) Successful Conservation of a Threatened *Maculinea* Butterfly. Science 325:80-83

Thompson JN (1994) The coevolutionary process. University of Chicago Press

Thompson JN (1999) Specific hypotheses on the geographic mosaic of coevolution. American Naturalist 153:S1-S14

Thompson JN (2005) The geographic mosaic of coevolution. University of Chicago Press

Ugelvig LV, Andersen A, Boomsma JJ, Nash DR (2012) Dispersal and gene flow in the rare, parasitic Large Blue butterfly *Maculinea arion*. Molecular Ecology 21:3224-3236

Ugelvig LV, Nielsen PS, Boomsma JJ, Nash DR (2011a) Reconstructing eight decades of genetic variation in an isolated Danish population of the large blue butterfly *Maculinea arion*. BMC Evolutionary Biology 11:201

Ugelvig LV, Vila R, Pierce NE, Nash DR (2011b) A phylogenetic revision of the *Glaucopsyche* section (Lepidoptera: Lycaenidae), with special focus on the *Phengaris-Maculinea* clade. Molecular Phylogenetics and Evolution 61:237-243

van Wilgenburg E, Symonds MRE, Elgar MA (2011) Evolution of cuticular hydrocarbon diversity in ants. Journal of Evolutionary Biology 24:1188-1198

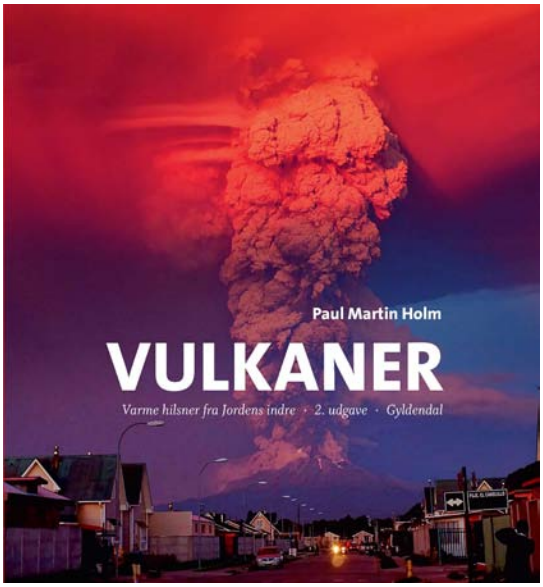
Van Zweden JS, d'Ettorre P (2009) Nestmate recognition in social insects and the role of hydrocarbons. In: Blomquist G, Bagnerés A-G (eds) Insect Hydrocarbons - Biology, Biochemistry, and Chemical Ecology. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp 222-243

van Zweden JS, Dreier S, d'Ettorre P (2009) Disentangling environmental and heritable nestmate recognition cues in a carpenter ant. Journal of Insect Physiology 55:158-163

Witek M et al. (2010) Local host ant specificity of *Phengaris (Maculinea) teleius* butterfly, an obligatory social parasite of *Myrmica* ants. Ecological Entomology 35:557-564

Wolff NL (1923) En ny dagsommerfugl for den danske fauna (*Lycaena alcon*). Flora og Fauna 29:123-125

Anmeldelse: VULKANER. VARME HILSENER FRA JORDENS INDRE



Boganmeldelse: Paul Martin Holm (2015):
Vulkaner. Varme hilsner fra Jordens indre. - 2. udg.
Gyldendal, 253 s. 299,95 kr.

Mit mellemste barn, Klara, var allerede som 9-10-årig en ferm læser. Dramatisk skulle det være, men Ronja Røverdatter var so much last year. Hun tegnede altid tornadoer, hvor huse, dyr og mennesker cirkulerede forfærdede højt oppe, eller vulkaner der hærgede byer og rædselsslagne mennesker. Snart læste hun Ringenes Herre, hvor det endelige opgør foregår ved Mount Doom i Saurons land, Mordor. Jeg slæbte kilovis af bøger om tornadoer, vulkaner og andre naturkatastrofer hjem til hende i de år. For 1½ uge siden savlede hun (som 24-årig) over denne bog.

Mount Doom må være en af de få vulkaner, der ikke er nævnt og gennemgået i "*Vulkaner. Varme hilsner fra Jordens indre*". Det er en meget grundig, smuk, mangfoldig og på mange måder spændende bog, som jeg vil anbefale varmt til alle med blot en minimal faglig nysgerrighed i vulkaner – dog med en lille advarsel om at regulær kapitellæsning kræver faglighed, koncentration og tilbageklip. Det er 2den udgave – 1ste udgave (2012) gik min næse forbi.

Den starter, meget journalistisk, med en aktuel case – en medrivende næsten time-for-time-beskrivelse af Eyjafjallajökulls eksplosive udbrud i april 2010, hvor nord-europæisk og –amerikansk flytrafik var hæmmet i ugevis. Beskrivelsen er, som hele bogen, ledsaget af spændende og smukke fotos. Jeg var tryllebundet.

I de følgende kapitler kom jeg lidt ned på jorden, for her træder fag-vulkanologen i karakter. Her beskrives systematisk og naturhistorisk Jordens opbygning, forskellige magmatyper, forskellige lavatyper, udbrudstyper osv. Heldigvis fortsat med gode og godt tekstede fotos, meeen selv for en geologisk interesseret biolog som mig – hård kost på en onsdag aften. Der er, mener jeg, unødvendig meget gammeldags klassifikation med for mange svære fagord. For mange afsnit starter Poul-Pegepind-agtigt à la "Grundstofferne omfordeles til stadighed, og hertil medvirker det ydre lag af vand i oceaner, floder og søer, hydrosfæren, og nedbør i høj grad. …. Jorden kan også opdeles efter konsistens eller stivhed. … Et magmas sejhed bestemmes først og fremmest af dets sammensætning og temperatur…" – i lange baner. Faglighed og ambitioner er jeg stor tilhænger af, men suseme også af god formidling – ikke kun i sprog (for denne bog er såmænd mange steder ret velskrevet) men også i tanke og struktur. Fagligt er der næppe en finger at sætte på teksten (jeg fandt fx kun fire stavefejl i hele bogen), men det kunne gøres højfagligt på en lettere og mindre docerende måde.

Kapitel 7 løfter sig dog gevaldigt. Forklaringen på "Hotspot-vulkanisme" er suveræn - permanente udposninger fra Jordens kappe (kappediapir) højt op i skorpen, der som en skærebrænder laver hul op igennem de glidende skorpeplader. Ved Hawaii har "skærebrænderen" stået samme sted i over 100 mio år, mens Stillehavspladen er skredet mod NV (for at forsvinde ved Aleuter-neddykningslinien). En stribe af ældre og ældre og udslukte vulkaner strækker sig derfor som et kølvand fra Hawaii, som et undersøisk tids-spor af Stillehavspladens passage henover skærebrænderen. Wow! Kapitel 8-9 er langt bedre end titlerne (hhv. "Subduktionsvulkanisme" og "Spredningszone-vulkanisme kombineret med hotspotvulkanisme" (hallo, er der en redaktør til stede?)). Dramatisk topeffekt er nok de pyroklastiske strømme, fx når en høj varm eksplosiv vulkansky falder sammen under sin egen vægt og danner 4-500 gr. varme aske- og gasskyer, der vælter frem over 5-20 km med 400 km/t (Herkuleanum og Pompeii år 79, Martinique 1902). Eller når loftet over et udtømt magmakammer under en vulkan bryder sammen og vulkantoppen synker ned i vulkanen og danner en caldera (fx på La Palma og Tenerife, hvor jeg selv har tumlet rundt på den stejle kant med selv samme datter Klara).

Det er jo udmærket, at bogen beskriver danske aftryk af vulkanismen: de ca 180 askelag i moleret ved Limfjorden, hver ml. få mm op til 20 cm og i alt 4½ m, forårsaget af Nordatlantens opsprækning for 55 mio år siden. Jeg finder stumper her på Mols som ledeblokke fra Norske-Isen.

Mange af fagordene bliver lidt trættende – tefra, tuf, lapili, rhyolotisk magma, plinisk udbrud og scoriekegle. Redaktøren ku med fordel ha begrænset udvalget og så samlet dem i eet opslag, man ku sætte en post-it-flap ind ved, så man hurtigt ku orientere sig, når man (jeg) igen havde glemt hvad det var. Der er dog osse gode ord som skjold- og keglevulkaner, pimpsten, bomber og specielt når kun halvstørknet magma klasker kort ud og danner "plaskekegler" eller langt ud og danner "brødskorpebomber" og "kokassebomber".

Alligevel stor tak til Paul Martin Holm, som udfra sprogtonen nok nærmer sig emeritus-status, og tak til Gyldendal for at udgive snævre værker som digtsamlinger og vulkanbøger. Jeg tør ikke tænke på, hvor vild den ku ha været, hvis man allerede i starten af skrivefasen havde koblet en geologi-naturvejleder på de første skriveprøver. Køb den, og lev med at den ikke er perfekt – det er ingen af os.

Af Jens Reddersen

De jordboende laver- en tribut til dr. Olaf Galløe

Ulrik Søchting tekst og fotos

Olaf Galløe skrev som 24-årig guldmedaljeafhandlingen 'Danske Likeners Økologi' (Galløe 1908). Han var elev af Eugen Warming, der havde grundlagt økologien ti år tidligere (Warming 1895), og det var naturligt for den lav-interesserede student at anlægge en økologisk synsvinkel på laverne. Da guldmedaljeafhandlingen og hans efterfølgende disputats, 'Forberedende undersøgelser til en almindelig likenøkologi' (1913) var på dansk, fik de ikke nogen betydning på den internationale scene. Først 69 år senere udkom bogen 'Lichen Ecology' på 550 sider (Seaward 1977); her er likenøkologiens grundlægger Galløe intet steds nævnt.

Galløe publicerede senere betydelige værker på engelsk. Udover en afhandling om laverne på Island (Galløe 1920) forfattede han bl.a. et monumentalt 10-bindsværk om The Natural History of the Danish Lichens, hvori datidens kendte danske lavarter er udførligt illustreret (Galløe 1927-1972). Olaf Galløe har inspireret til denne artikel, der omhandler de hede- og klitboende lavers status og forvaltning i Danmark.

Jordboende laver

Laver, der generelt er små og langsomt voksende, klarer ikke at konkurrere med højere vækster, der let skygger dem bort. Derfor forekommer laverne kun på jord, hvor ugunstige forhold eller kulturindgreb hæmmer træers og urters vækst. Sådanne forhold finder vi især på stærkt udvasket, blotlagt sandbund i klitter, på tørvejord i heder og skove, hvor brand med mellemrum nulstiller vegetationen, samt på heder, hvor dværgbuskene er gamle og spredte (fig. 1). Skorpeformede laver kommer først, men kan siden blive overvokset af mere konkurrencestærke busklaver.

Langvarigt lysåbne naturlige habitater finder vi naturligt i Danmark kun i de mest vindblæste kystnære klitheder. Blæst og saltstøv holder vegetationen lav og tillader permanent lysåben jordbund, hvor blæsten med mellemrum bryder klitten og skaber en mosaik af nøgne sandflader og sanddækkende vegetation.

Sådanne habitater kender vi især fra de vestjyske kyster, hvor klitheder udgør klimakssamfund, som har eksisteret i Danmark siden isens tilbagetrækning, men som har bredt sig i takt med menneskets afbrænding af skoven og den intensive græsning på klitterne.

Udpiningen af landskabet i forbindelse med agerbrugets indmarch fik hederne til at brede sig langt ind i landet. Hedebonden slog lyng, gravede tørv og brændte heden. Derved opstod temporært lysåben tørvebund og successioner, der i høj grad svarer til, hvad der naturligt finder sted efter skovbrande i det boreale nåleskovsbælte. Denne succession på tørvebund starter med skorpelaver og ender på de mest næringsfattige jorder med et dække af rensdyrlaver. Ved gentagen afbrænding bliver successionen gang på gang nulstillet, men hvis lyngen lades i fred vil den med tiden skygge bundvegetationen væk og kun de opretvoksende rensdyrlaver vil en tid kunne holde stand.

Galløe's hovedinteresse var de jordboende, buskformede laver. Hans beskrivelser af deres forekomst i de bestående plantesamfund og deres tilpasning til livet dér er fremdeles fagligt holdbare og næppe formuleret klarere i det efterfølgende århundrede. Han skelner mellem tre biologiske typer: *hypothallusvandrere*, hvis mycelier breder sig i substratet og indfanger nye alger på jordoverfladen (fig. 7), *podetievandrere*, (fig. 7) hvis podetier (de oprette thallusdele hos slægten rensdyrlav/bægerlav (*Cladonia*) mister den primære jordkontakt og breder sig overjordisk, samt *primærskælvandrere*, hvor det er de bladformede primærskæl som vokser hen over jordoverfladen.

De to første typer adskiller sig især ved at hypothallusvandrerne fra et underjordisk mycelium må danne nye oprette podetier til afløsning for de ældre, der har en afsluttet vækst og en begrænset levetid (fig. 2). I modsætning hertil har podetievandrerne uafsluttet terminal vækst af podetierne, hvilket er særlig tydeligt hos rensdyrlaverne (fig. 10).

De tre biologiske typer, som Galløe beskriver, kan suppleres med en opdeling af de jordboende laver i tre økologiske kategorier, som jeg nedenfor vil behandle hver for sig.

Økologiske strategier

De jordboende laver er enten minerofile eller organofile afhængigt af deres preference for enten mineraljord med ringe indhold af organisk stof eller stærkt tørveholdig jord. Vi kan henføre dem til tre forskellige strategier:

Epigaeic lichens - a tribute to the Danish lichen ecologist, dr. Olaf Galløe
The ecology of epigeic lichens was thoroughly studied in the early 20th century by the Danish lichenologist Olaf Galløe. Inspired by his professor, Eugen Warming, Galløe studied and illustrated the adaptive structures of lichens in relation to their specific environment. He received the university gold medal for his treatment of "Ecology of the Danish lichens" (1908) and later defended his doctoral thesis: "Preliminary investigations for a general lichen ecology" that described the adaptations of epigaeic lichens to their specific environments. He was the father of lichen ecology.
The studies of Olaf Galløe are very much valid today, and are here the basis for a diverse management strategy for epigaeic lichens. The three groups, sand binders, turf pioneers and competition strategists require different management such as dynamic dunes, mosaic burning of heathland, and mowing of heather, respectively.

Key words: Dunes, heathland, nature management, lichen ecology, Cladonia, hypothallus wanderers, podetium wanderers, podetium wanderers, sand binders, turf pioneers

[1]*Section of Ecology and Evolution, Department of Biology, University of Copenhagen, Universitetsparken 15, DK-2100 Copenhagen Ø, Denmark. E-mail: ulriks@bio.ku.dk.*

Figur 1. (Øverst. tv.) Den lysåbne klithede med lave dværgbuske tillader en høj diversitet af laver. Skagen. (*Top left.) Open heathland with high lichen diversity in gaps.*
Figur 2. (Øverst th.) Kliddet bægerlav (*Cladonia ramulosa*) danner oprette *podetier* fra de spredte skæl på jorden. (*Top right.)* Cladonia ramulosa *producing vertical podetia from dispersed squamules*.
Figur 3. (Midt. tv.) Spættet bægerlav (*Cladonia rangiformis*) tåler sandpålejring. (*Middle left.)* Cladonia rangiformis *supports a continuous deposition of sand.*
Figur 4. (Midt th.) Hypothallusvandreren, Skør bægerlav (*Cladonia callosa*) har mycelium sit i sandet og etablerer nye skæl på overfladen. (*Middle right.*) Cladonia callosa, *a hypothallus wanderer forms squamules where the hyphae reach the soil surface*.
Figur 5. (Nederst tv.) 'Lavkage' af lav korallav (*Stereocaulon condensatum*). (*Bottom left.)* Hyferne binder sandet under thallus mens det omkringliggende sand blæses væk. *'Lavkage/layer cake' formed by* Stereocaulon condensatum.
Figur 6. (Nederst th.) Efter en brand koloniserer først bægerlaverne, der efterhånden udkonkurreres af de lidt højere rensdyrlaver. (*Bottom. right.) After a fire cup lichens colonize and are first followed by the somewhat higher reindeer lichens.*

1. Sandbindere på nøgent sand, som evner at brede sig horisontalt gennem sandet, og som kan vokse op gennem en sandpålejring.

2. Tørvepionerer, der bl.a. koloniserer efter brand og som derfor er særligt afhængige af effektiv spredning og hastig etablering.

3. Konkurrencestrateger, der både kan vokse opad mod lyset og langsomt kan brede sig udefter, og som har et meget langt livsforløb.

Sandbinderne
Sandbinderne finder vi på det nøgne sand i kystklitter og sekundære vindbrud. Først hvor den hvide klit er faldet lidt til ro, kan laverne indfinde sig. Nogle få arter vokser hurtigt eller tåler sandpålejring så godt, at deres hyfer kan finde fodfæste på bagsiden af den hvide klit. Her stikker spættet bægerlav (*Cladonia rangiformis*) sine spidser op gennem sandet (fig. 3) og lav bægerlav (*Cladonia humilis*) kan hurtigt etablere sine sorediøse skæl på det nøgne sand. De nyder begge godt af næringen og kalken i sandet fra stranden.

På de efterhånden udvaskede, men stadig nøgne sandflader i klitternes vindbrud indfinder sig langsomt en række arter, der tåler tilsanding, da de kan vokse opad gennem sandet. Det er langlivede, tørke- og varmetolerante arter, der er primærthallusvandrere (fliget bægerlav (*Cladonia foliacea*)) eller podetievandrere (klit-bægerlav (*Cladonia zopfii*), pigget bægerlav (*Cladonia uncialis*) og de brune tjørnelaver (*Cetraria spp.*)).
I de fugtigste dele af sandfladen vokser talrigt hårspidset jomfruhår (*Polytrichum piliferum*). Oftest afløses dette stadium af andre lavarter, mosser og karplanter efterhånden som der opbygges et tørvelag og sandbevægelsen dæmpes.

Når tørvelaget er tilstrækkelig tykt afløses vegetationen af tørvepionerer og konkurrencestrateger, men samtidigt bliver konkurrencen fra karplanterne større og lavernes dominans mindre.

På meget mager afblæst sandbund med meget ringe dynamik kan hypothallusvandrende lavarter holde stand i årevis. Korallavers (*Stereocaulon spp.*) og fx lakrød bægerlavs (*Cladonia floerkeana*) underjordiske mycelium kan her kitte sandjorden sammen til fremstående 'lavkager' (fig. 5) som beskrevet af Warming (1907).

Tørvepionerer
Skovene i det nordlige nåleskovsbælte, Taigaen, der dækker en stor del af den nordlige halvkugle, har altid oplevet hyppige skovbrande. Ved sådanne brande overlever kun de ældste træer og tørven efterlades som en forkullet skorpe. Allerede efter få år er tørven dog koloniseret af udbredte skorpeformede laver som forskelligfarvet og tørve-skivelav (*Trapeliopsis granulosa* og *Placynthiella uliginosa*). Derefter begynder en stigende indvandring af mange forskellige arter af bægerlaver. De vokser hurtigt, og efter en snes år er de totalt dominerende. Nu er også rensdyrlaverne langsomt begyndt at indfinde sig (fig. 6); de enkelte puder breder sig til måtter og omkring 80 år efter branden dækker rensdyrlaverne hele skovbunden. Tørvepionererne er således tilpasset et bestemt stadium i successionen efter brand inden de udkonkurreres af rensdyrlaverne.

Efterhånden som den tempererede løvskov afløste den boreale nåleskov i Danmark er skovbrande blevet meget sjældnere og tørvelaverne er her gået tilbage. Til gengæld har de siden de store skovrydninger det seneste årtusind nydt godt af hedernes stigende udbredelse.

Når heden afbrændes eller der skæres tørv, blottes tørvelaget og der starter en succession af organofile arter, som er ganske de samme som i taigaen (Vestergaard & Alstrup 2015). Skorpelaverne indfinder sig straks, og sidenhen følger også bægerlaverne. Men klimaet i Danmark er mildere end i taigaen, og da hedelyngen også straks spirer, varer det ikke længe før dværgbuskenes kroner vokser sammen og udelukker lyset fra jorden; bægerlaverne forsvinder og kun rensdyrlaver kan klare at vokse opad mod lyset. I det lille tidsvindue på måske 10-20 år skal successionen forløbe med fremvækst af thalli og dannelse af ynglelegemer og sporer. Jo længere tid jordbunden er lysåben, og jo hurtigere pionerlaverne når frem, des større bliver diversiteten af laverne. Uden afbrændinger, tørvegravninger eller slåninger i jordhøjde forsvinder pionererne, idet de lysåbne huller mellem lyngen forsvinder uden at nye opstår. Når de såkaldte gaps bliver færre, bliver der længere mellem dem. Det bliver altså mindre sandsynligt, at en art når frem til et velegnet voksested, inden lyngen atter lukker. En begrænset græsning bidrager til at holde dværgbuskene lave og dyrenes tråd skaber åben jord til nykolonisering
Hvis en hede har været uplejet så længe, at pionerarterne er forsvundet og heller ikke vokser i nærheden, tager det meget lang tid før de indfinder sig efter en afbrænding. Hvis de ikke når det inden vegetationen lukker igen, kommer et helt successionsstadium til at mangle.

Tørvepionererne består i starten af hypothallusvandrere, der formentlig hidrører fra tilførte sporer eller knopkorn. Fra de enkelte mycelier dannes ofte grupper af oprette podetier, hvorfra der atter dannes sporer eller knopkorn. Strategien er ruderal, dvs. det handler mere om at komme hurtigt til substratet end at kunne konkurrere. Med tiden indfinder der sig podetievandrere, som efterhånden får overtaget samtidigt med, at vegetationen begynder at lukke.

Konkurrencestrateger
At dømme efter de gamle beskrivelser fra 1800-tallet har rensdyrlaverne været et fast og dominerende element i de danske heder. Da de vokser opad med ca. 4 mm om året har de i nogen grad kunnet holde trit med mos og hedelyng, og især i gamle senile lyngheder har de fundet en niche mellem grenene i de gamle lyngplanter (fig. 8). Ved afbrænding af heden bliver jordoverfladen effektivt steriliseret. På grund af rensdyrlavernes meget langsomme genindvandring er hedeafbrændinger ikke en god måde at pleje dem på. Langt bedre er det at sikre en stadig velbelyst jordbund. Dette kan ske

Figur 7. (Øverst tv.) Podetievandrer på tørv. Kløftet bægerlav (*Cladonia furcata*). *Podetium of* Cladonia furcata *spreading on turf.*
Figur 8. (Øverst th.) Under senile, åbne lyngbuske er der lys nok til rensdyrlaver. (Top left) *Below senile heather light conditions are sufficient for reindeer lichens.*
Figur 9. (Midt. tv.)Tidligere var askegrå rensdyrlav (*Cladonia rangiferina*) den dominerende lav i hederne. (*Middle left.) Previously* Cladonia rangiferina *was the dominant lichen in heath land.*
Figur 10. (Midt. th.) Hede-rensdyrlav (*Cladonia portentosa*) er nu den dominerende lav I danske heder. (*Middle right)* Cladonia portentosa *is now the dominant lichen in heathlands.*
Figur 11. (Nederst tv) Stenslette med biologiske skorper mellem stenene. (Bottom left) *Stone field with delicate biological crusts between the pepples.*
Figur 12. (Nederst th.). Stenslette med biologiske skorper mellem stenene. *(Bottom left) Sne-kruslav (*Flavotetraria nivalis*). (Bottom right) The species is disappearing from Denmark, possibly partly due to increased temperatures.*

ved en mekanisk slåning, der gerne må gå dybt, så store mængder lyng og revling fjernes, mens fragmenter af rensdyrlaver ligger tilbage og er parate til at skyde i vejret. Kreatur- og fåregræsning giver lys til jordbunden og rensdyrlaver tåler en del tråd, men de klarer til gengæld ikke en kraftig eutrofiering fra dyrene.

I nyere tid er hedens rensdyrlaver gået meget stærkt tilbage, som det bl.a. er dokumenteret af Søchting og Degn (2015). Dette skyldes at lyngen vokser sig tæt i hederne på grund af manglende pleje og en for høj kvælstofdeposition fra luften og en efterfølgende øget dominans af revling og græsser i hederne.

Den ensartede indlandshede har ganske få jordboende lavarter. Galløe beskriver i 1908 at askegrå rensdyrlav (*Cladonia rangiferina*) er hedens karakterlav (fig. 9), men den er i dag næsten forsvundet fra hederne, hvor især hede-rensdyrlav (*Cladonia portentosa*) (fig. 10) overlever hist og her. *Portentosa-tallet*, der angiver den procentuelle frekvens for forekomst af rensdyrlav i 100 tilfældigt udlagte (Raunkjær-) cirkler på 0.1 m^2 afsløre sædvanligvis kun rensdyrlavforekomst i få procent af cirklerne.

I modsætning til tørvepionererne skal rensdyrlaverne ikke til stadighed nykolonisere. Det er derimod vigtigt at sikre en vedvarende lysåben bund i heden, som kan tillade rensdyrlaverne at overleve. Vil man pleje af hensyn til de konkurrencestrategiske rensdyrlaver kan dette derfor godt gøres med store ensartede flader, i modsætning til plejen af tørvepionererne, hvor nye substrater skal skabes i en fin mosaik.

Sjældnere arter
Der findes et stort antal sjældne jordboende laver. Mange af dem har formentlig altid været sjældne, fordi deres snævre nicher er sparsomt forekommende i Danmark. Nogle vokser på sydgrænsen af deres klimatiske tolerance og vil muligvis forsvinde pga. varmere klima. Således er fx pudret bægerlav (*Cladonia cenotea*) og træstub-bægerlav (*Cladonia botrytes*) knyttet til dødt nåletræsved, eksempelvis gamle stubbe, der er hyppigere og holder længere i det boreale nåleskovsbælte nord for os, men er få og flygtige i Danmark.

Stjerne-rensdyrlav (*Cladonia stellaris*) og sne-kruslav (*Flavocetraria nivalis*) (fig. 12) er to spektakulære og velundersøgte arter i Danmark, hvis forekomst er arktisk-alpin og boreal. De er stærkt på retur, formentlig hjulpet på vej af et mildere klima.

Forvaltning baseret på økologiske strategier
Der kan ikke gives nogen ensartet opskrift på, hvorledes vi bør forvalte naturen for at fremme mangfoldigheden af jordboende laver i klitter og heder, men på grundlag af de tre beskrevne økologiske strategier er det muligt at anbefale specifikke metoder.

Sandbindere i klitten
Klithederne langs kysten og vindbrud i indsanderne er det tætteste vi kommer på en primærsuccession på mineraljord i lighed med den postglaciale kolonisering. Kun her er det muligt – i Danmark – at illustrere organismers tilpasning til et liv på grænsen af det mulige, hvor kun de sejeste overlever de ekstreme kår.

Med den vellykkede dæmpning af de åbne klitter er disse samfund ved at forsvinde. Successionen går langsomt men sikkert mod opbygning af et tørvelag over sandet og en grøn klit. Skal de åbne klitter bevares som fristed for de sandbindende laver og som vidnesbyrd om en væsentlig periode i landets udvikling må det sikres at der til stadighed er åbne dynamiske vindbrud i alle stadier.

Tørvepionerer på heden
Hedebondens mangfoldige brug af heden skabte talrige nicher og successionsstadier, som er ved at forsvinde i takt med at heden overlades til sig selv eller plejes mekanisk i store flader for at sikre en smuk blomstring af lyngen.

I dag ved vi, at diversiteten er knyttet til de mange successionsstadier, som er skabt ved en mosaik af plejetiltag som tørveskæring og brand. Jævnlige nulstillinger af mindre områder vil sikre, at arterne er til stede og hurtigt kan etablere sig. Det kan fx ske ved fjernelse af tørv eller ved en grundig modvindsbrænding, hvor meget af tørven brænder væk. Græsning af heden kan forhindre at hullerne i lyngtæppet lukker for hurtigt, men samtidigt kan for meget nedtrampning være et problem.

Konkurrencestrateger på heden
Nogle indlandsheder, der i talrige år har været uplejede, er domineret af gammel lyng og revling. Hist og her er der måske stadig lidt rensdyrlav tilbage, men ellers ingen jordboende laver. I sådanne heder vil en tæt slåning foretaget med mellemrum give fornyet vitalitet til både hedelyng og rensdyrlaver og fremme genskabelsen af den klassiske hede, som den er beskrevet fra 1800-tallet.

Særlige hensyn
Udover de generelle plejetiltag, som er beskrevet ovenfor, er der naturligvis særlige voksesteder, hvor der må tages specielle hensyn. Ikke mindst gælder dette de sårbare stensletter, hvor helt ekstreme kår kun tillader en række nøjsomme mosser, laver, alger og cyanobakterier at danne en stabil biologisk skorpe mellem småstenene (fig. 11). Denne skorpedannelse er ekstremt sårbar for tråd og gendannes kun langsomt; her skal ikke skabes dynamik, men tværtimod beskyttes mod tråd.

Biologiske skorper voksende på randen af hvor liv er muligt, fx i de koldeste og varmeste ørkener er i disse år genstand for intens fysiologisk forskning. I Danmark finder vi dem fx i Vendsyssel (Råbjerg Stene og Ålbæk Klitplantage), og på Skovbjerg Bakkeø (Harrild Hede).

Efterskrift
Olaf Galløe studerede laverne for at forstå deres naturhistorie, livsformer, tilpasninger, forekomster i naturen og reaktion på voksestedernes økologiske udfordringer (fig. 13). Et af hans mål var at beskrive klimazoner og plantesamfund som værter for laver, deres "*Likenværdi*" som det manifesterede

sig ved arts- og individrigdom (masseudfoldelse)(Galløe 1913).

Galløe's originale og grundige observationer af lavernes økologi er stadig et enestående og værdifuldt grundlag for forståelsen og beskyttelsen af laverne i Danmark. Mennesket som trussel eller forvalter af lavernes levesteder var knapt en del af det økologiske univers for 100 år siden, men i dag ved vi at dette er tilfældet. Som forvaltere af klitter og heder er vi ansvarlige for områder af ganske betydelig "Likenværdi". Det forpligter.

TAK

Familien Galløe har venligst udlånt billede af Olaf Galløe.

CITERET LITTERATUR

Galløe O (1908) Danske likeners økologi. Botanisk Tidsskrift 28: 285-372

Galløe O (1913) Forberedende undersøgelser til en almindelig likenøkologi. Dansk Botanisk Arkiv 1 (3), 119 pp

Galløe O (1920) *Lichen flora and lichen vegetation of Iceland. In: Rosenvinge LK, Warming E (eds)* Botany of Iceland II (6), pp 103-248

Galløe, O (1927-1972) Natural history of the Danish Lichens. Original Investigation Based upon New Principles. Vol. I-X Seaward M (ed) (1977) Lichen ecology. Academic Press, London, New York, San Francisco. 550 pp

Søchting U & Degn HJ, (2015) Stor tilbagegang i lavers diversitet og hyppighed på to danske heder med og uden pleje. Flora og Fauna 121(3+4): 153-158.

Vestergaard P & Alstrup V (2015) Klithedebranden i Hansted-reservatet i 1992 - 20 år senere. URT 39(3): 82-87.

Warming E (1895) Plantesamfund - Grundtræk af den økologiske Plantegeografi. P.G. Philipsens Forlag, Kjøbenhavn. 335 pp

Warming E (1907) Dansk plantevækst. 2. Klitterne. Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag, København og Kristiania. 376 pp

Figur 13. Olaf Galløe ved mikroskopet år 1910. *Dr. Olaf Galløe working on his doctoral thesis: Preliminary investigations for a general lichen ecology.*

Stor tilbagegang i lavers diversitet og hyppighed på to danske heder med og uden pleje

Ulrik Søchting [1] & Hans Jørgen Degn [2]

Laver er blandt de mest truede organismer i Danmark, hvilket afspejles i den danske rødliste 1997 (Stoltze & Pihl 1998). Hede- og klitarealet i Danmark er mindsket med 80 % siden omkring 1880 (Levin & Normander 2008), og det er den almindelige opfattelse blandt feltbiologer, at lavdækningen i de tilbageværende heder også er mindsket markant. Diversiteten af jordboende laver er faldet i Centraleuropa (Wirth 1999) og i Danmark er dette blevet demonstreret for kalkrige overdrev (Ejrnæs & Poulsen 2001). En tilsvarende nedgang på danske heder og klitter er dog aldrig blevet dokumenteret.

To ældre vegetationsundersøgelser af lavrige heder kan sammenholdes med den aktuelle vegetationssammensætning. Vegetationen på de to lokaliteter, Nørholm Hede og Randbøl Hede blev kvantitativt beskrevet af henholdsvis Hansen (1932) og Böcher (1941). Det er derfor muligt at dokumentere ændringer i forekomsten af jordboende laver med de samme metoder og på de samme arealer. De to lokaliteter er forskellige med hensyn til pleje, idet Nørholm Hede ikke har været plejet, mens der på Randbøl Hede har været en let pleje i form afgræsning, afbrænding og slåning. Formålet med det aktuelle studium er at kvantificere dækning og diversitet af de jordboende laver på de to lokaliteter som funktion af tid og plejeomfang.

Lokaliteterne
Undersøgelsen blev foretaget i det sydlige Jylland, nemlig på Nørholm Hede ca. 29 km fra Vesterhavet (55°,67 N; 8°,60 E) og på Randbøl Hede ca. 38 km længere mod øst (55°,65 N; 9°,15 E). Begge lokaliteter ligger på sandaflejringer fra seneste istid for omkring 17.000 år siden, og hederne er omgivet af landbrugsjord og enkelte nåletræsplantager.

Nørholm Hede (ca. 350 ha) blev privatfredet ved deklaration i 1913 med henblik på at bevare heden " *i sin naturlige Tilstand som et Billede af de store Hedeegne, der i tidligere Tid omgav Herresædet Nørholm*". Det anføres tillige i fredningskendelsen, at Nørholm Hede ikke må plejes aktivt, fx i form af græsning. Derfor har der ikke været foretaget pleje. Området er nu præget af kraftig opvækst af især birk, bjergfyr og eg, samt andre træer og buske (Riis-Nielsen m.fl. 2005), og jordoverfladen er efterhånden domineret af revling på bekostning af hedelyng (Ransijn m.fl. 2015). I 1923 brændte 60-70 ha af heden; siden har der kun væres få sporadiske brande.

Randbøl Hede (ca. 800 ha) blev for størstedelens vedkommende fredet i 1932. Omkring 540 ha brændte utilsigtet i 1947 (Degn 1996). I 1960 påbegyndtes pleje og siden da er arealer på omkring 2 % af området blevet plejet hvert år med varierende metoder (Degn (1996). Der er foretaget fjernelse af selvsåede nåletræer, afbrænding, lyngslåning, græsning og jordbearbejdelse med en "blåtopfræser" (Fodgaard 2003). Disse tiltag har holdt landskabet åbent, men der er kommet en stigende dominans af bølget bunke og blåtop på bekostning af hedelyng. Mens 87 % af arealet var domineret af dværgbuske i 1954, var denne andel reduceret til 15 % i 2005 (Degn 2006).

METODER

I de to tidligere studier af Hansen (1932) og Böcher (1941) på henholdsvis Nørholm Hede og Randbøl Hede blev forekomsten af mosser, laver og karplanter registreret i 0,1 m^2 cirkler, som var tilfældigt fordelt over et visuelt ensartet hedelyng-samfund (Raunkiær 1909). På grundlag af 765 cirkler fra Nørholm Hede og 480 cirkler fra Randbøl Hede blev der udregnet frekvensforekomst for hver art.

I den aktuelle undersøgelse er der foretaget vegetationsanalyse på samme måde som beskrevet ovenfor. Da formålet var at studere ændringer i vegetationen på hedelyng-domineret hede, blev cirklerne også her udlagt tilfældigt i samme vegetationstype.

Lavnomenklaturen følger Søchting & Alstrup (2008). For danske navne henvises til http://www.svampeatlas.dk/. Visse artsopfattelser er ændret siden de tidligere studier, idet nogle arter er blevet splittet op, mens andre er blevet lagt sammen. To artskomplekser er behandlet i bred forstand: *Cladonia pleurota* s. lat. inkluderer arter med regelmæssige bægre, tilstedeværelse af usninsyre og røde hymenieskiver (*C. borealis, C. coccifera, C. diversa og C. pleurota*). *Cladonia chlorophaea* s. lat. inkluderer arter med regelmæssige, brede bægre og brune hymenieskiver (*C. chlorophaea, C. cryptochlorophaea, C. grayi og C. merochlorophaea*).

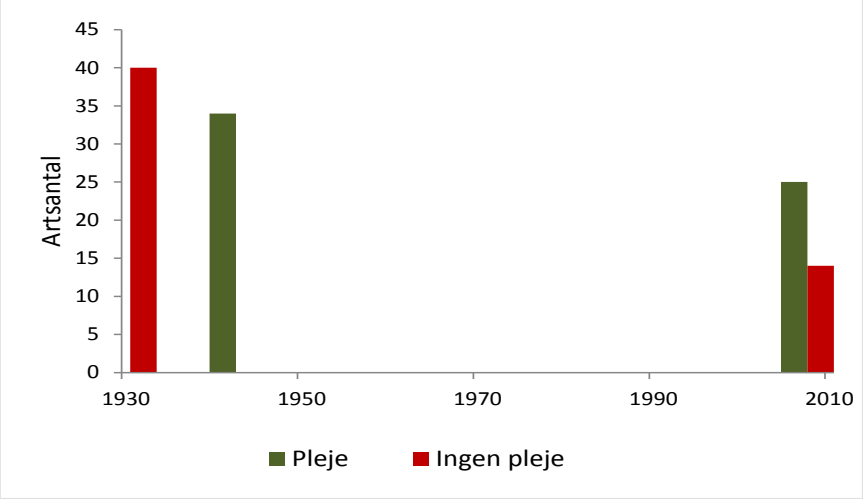
Til beskrivelse af vegetationsændringer blev tre parametre beregnet ud fra de to gamle studier og de senere studier af Randbøl Hede(2007) og Nørholm Hede (2008):
1. Totalt antal jordboende lavarter
I begge ældre studier er der udarbejdet formentligt udtømmende lav-artslister for hele arealet. Både H. Mølholm Hansen og

Major decline in lichen richness and abundance on two Danish heathlands with and without management
Long-term changes in abundance and diversity of terricolous lichens in relation to management were investigated on two Danish heathlands: Nørholm Hede, which has been left to natural succession since 1895, and Randbøl Hede, which has been subjected to management of ca. 2 % of the area per year since 1960. Studies in 2007 and 2008 are compared with detailed studies published in 1932 and 1941, respectively. Total number of lichen species for the whole area, number of species found in 20 circles of 0.1 m^2 in *Calluna*- dominated vegetation and frequency of the dominant lichen *Cladonia portentosa* in the circles were recorded. All three parameters decreased during the last 70 years to about half of the former level - or less. In all cases the decrease was stronger on the heathland without management. The general decrease is caused by natural succession, probably enhanced by increased deposition of nitrogen from the atmosphere. A *Cladonia index* based on frequency of presence of reindeer lichens in 100 randomly distributed 0.1 m^2 circles is proposed for degree of openness in heathland.

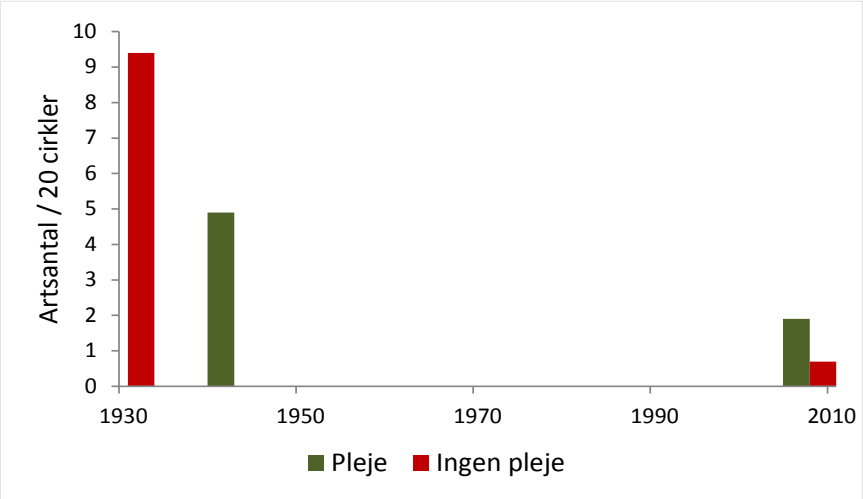
Key words: *Cladonia*, biodiversitet, succession, hedepleje, nitrogen deposition, kvælstofafsætning

[1] *Section of Ecology and Evolution, Department of Biology, University of Copenhagen, Universitetsparken 15, DK-2100 Copenhagen Ø, Denmark. E-mail: ulriks@bio.ku.dk.* [2]*Degn's Naturconsult, Skolevej 44, DK-6950 Ringkøbing, Denmark. E-mail: hjdegn@dlgmail.dk.*

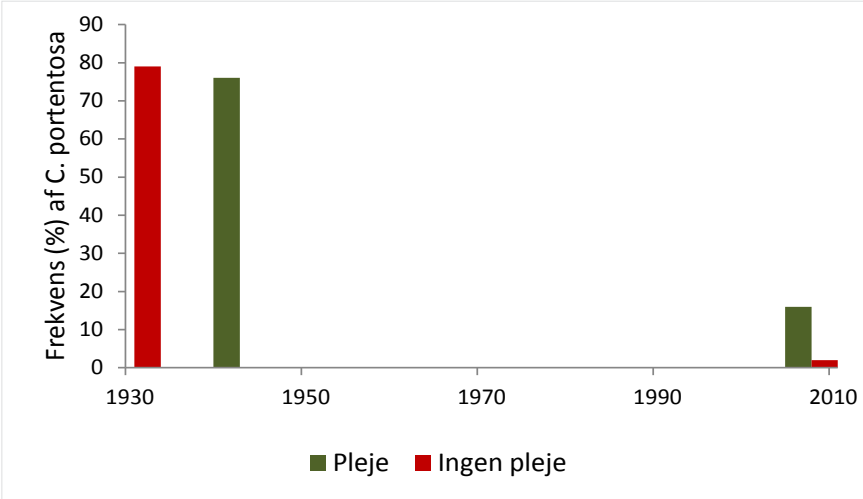
Hede-rensdyrlav (*Cladonia portentosa*)



Figur 1. Totalt antal jordboende lavarter på Nørholm Hede uden pleje (rød) og Randbøl Hede med nogen pleje (grøn).
Total number of terricolous lichen species on Nørholm Hede without management (red) and Randbøl Hede with some management (green).



Figur 2. Antal jordboende lavarter pr. 20 cirkler på 0,1 m² på Nørholm Hede uden pleje (rød) og Randbøl Hede med nogen pleje (grøn).
Number of terricolous lichen species per 20 circles of 0.1 m² on Nørholm Hede without management (red) and Randbøl Hede with some management (green).



Figur 3. Hyppighed (%) af hede-rensdyrlav (*C. portentosa*) på Nørholm Hede uden pleje (rød) og Randbøl Hede med nogen pleje (grøn).
Frequency of C. portentosa *on Nørholm Hede without management (red) and Randbøl Hede with some management (green).*

Figur 4. Hede-rensdyrlav (*C. portentosa*) er en velegnet indikator for lysåben jordbund i heder.
C. portentosa *is an appropriate indicator of light-exposed soil in heathland.*

T. W. Böcher var rutinerede feltbiologer, og Mølholm Hansen var endda specialist i slægten *Cladonia* (Hansen & Lund 1929). Der er ingen registrering af intensiteten af deres feltundersøgelser, men den har formentlig været høj.

De aktuelle studier af hederne er foretaget på arealer, der anses for optimale voksesteder for jordboende laver, specielt hedelyng-vegetation med åbninger mellem enkeltbuskene, områder med meget lav vegetation, tidligere vindbrud i klitter etc. Velegnede voksesteder for jordboende laver er nu få, men ved at inspicere hot-spots er det tilstræbt at tilvejebringe en fuldkommen artsliste.

2. *Gennemsnitligt artsantal for 20 cirkler på 0,1 m²*
De to gamle studier omfattede et antal tabeller med vegetationsdata, hvoraf de, der rummede frekvensanalyser fra hedelyng-dominerede heder, er blevet anvendt. Fra tabellerne er der (bortset fra nogle få tilfælde) udregnet frekvenser på grundlag af grupper på 25 cirkler på 0,1 m² på Nørholm Hede, eller 20 cirkler på Randbøl Hede. Antal arter pr. gruppe blev optalt. For at kunne sammenligne værdier for de to heder, blev værdierne for Nørholm Hede korrigeret, således at de kom til at simulere, at forfatteren var stoppet med sin registrering efter 20 cirkler: Det antages at de enkelte arter er tilfældigt fordelt blandt de 25 cirkler. Da de gamle data ikke indeholder informationer om den oprindelige fordeling, blev der foretaget en ny tilfældig fordeling. Alle arter fundet i seks cirkler eller mere må nødvendigvis også have været til stede i mindst én ud af de 20 første cirkler. De tilbageblevne arter, der var fundet i en til fem cirkler ud af 25, blev derefter tilfældigt fordelt i en tabel med 25 søjler, hvorefter arter der kun var angivet i søjlerne 21-25 blev fjernet.

Det gennemsnitlige antal lavarter fundet i grupper af 20 cirkler på 0,1 m² er udtryk for artsdiversiteten. Selvom denne værdi er et meget simpelt mål for artsdiversiteten, og ikke et alment brugt indeks, giver det mulighed for sammenligning af biodiversiteten i de to gamle studier.

I 2007 og 2008 analyserede vi 10 grupper med 20 cirkler på hver af de to heder. På Randbøl Hede blev mange af cirklerne placeret i næsten ren hedelyng-vegetation. På Nørholm Hede fandtes denne vegetation ikke i tilstrækkeligt omfang på grund af mangel på pleje. Cirklerne placeredes derfor i stedet i revling-hedelyng-vegetation i områder med over 50 % hedelyng-dække.

3. *Frekvens af* Cladonia portentosa (*hede-rensdyrlav)*
Frekvenserne af *Cladonia portentosa* blev udtrukket fra de ovenfor nævnte tabeller baseret på alle cirkler. I 2007 og 2008 blev frekvensen af *C. portentosa* beregnet fra det totale antal cirkler på hver lokalitet.

RESULTATER

Totalt antal jordboende lavarter
Tabel 1 angiver alle fundne arter af jordboende laver fra de to lokaliteter.
Nedgangen i det totale antal arter på de to lokaliteter fra 1932/1941 til 2007/2008 ses af figur 1. Samlet er artsantallet ca. halveret på de mellemliggende ca. 70 år.

Nedgangen i artsantallet er mere udtalt på den uplejede Nørholm Hede (40→14 arter) i forhold den plejede Randbøl Hede (34→25 arter). For Nørholm Hede er 26 arter forsvundet på 76 år, dvs. at én art er forsvundet hver tredje år.

Gennemsnitligt artsantal for 20 cirkler på 0,1 m²
Ændringen i lav-diversiteten i perioden 1932/1941 til 2007/2008 baseret på grupper af 20 cirkler er vist på figur 3. I begyndelsen af perioden ligger artsantallet højt, henholdsvis 5,4 for Nørholm og og 3,9 for Randbøl Hede. Disse tal er i den sidste undersøgelse reduceret til 0,8 og 1,9 arter. Igen ses den største reduktion på den uplejede Nørholm Hede. De to tilbageblevne arter er typisk *Cladonia portentosa* og *C. chlorophaea* s.lat.

Frekvens af Cladonia portentosa (hede-rensdyrlav)
Nedgangen i frekvens af *Cladonia portentosa* for de to heder i perioden 1932/1941 til 2007/2008 er vist på figur 3. For ca. 70 år siden blev *C. portentosa* fundet i tre ud af fire cirkler, mens den nu findes i én ud af ti.

Den største nedgang ses i den uplejede Nørholm Hede, hvor arten med 2 % er tæt på at forsvinde. På den plejede hede er frekvensen 16 %.

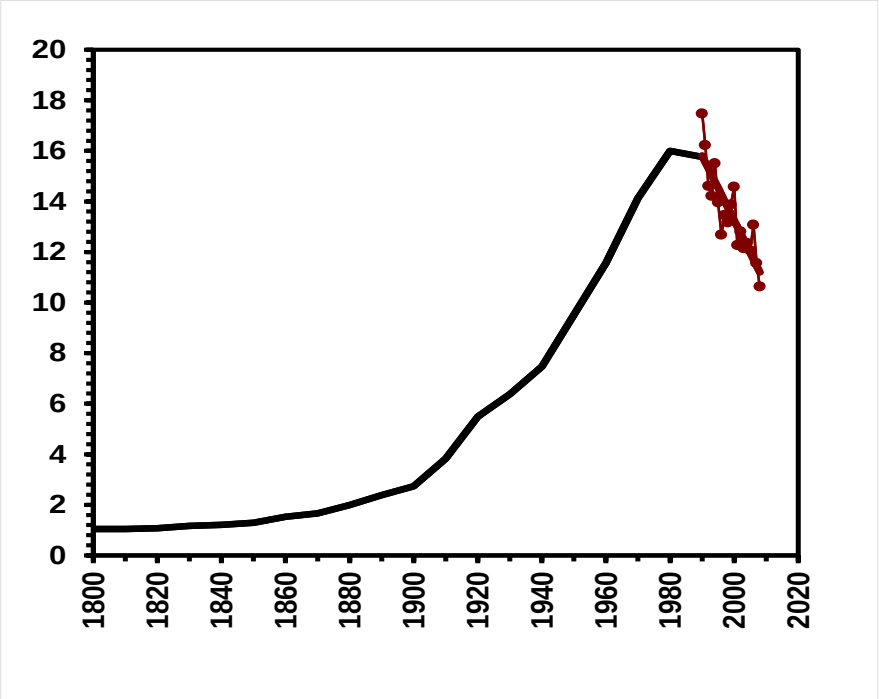
DISKUSSION OG KONKLUSION

Både Nørholm Hede og Randbøl Hede har haft en meget høj diversitet af jordboende laver. Nogle af arterne har sikkert været sparsomt forekommende, selv om vi ikke ved noget konkret om det, og det er sandsynligt, at i det mindste nogle af dem har vokset i forstyrrede habitater som åbne klitter, hjulspor etc. Én art, *Cladonia subfurcata*, har haft sin eneste kendte forekomst i Danmark på Nørholm Hede.

Lav-diversiteten er generelt faldet markant. De 14 tilbageværende arter på den uplejede Nørholm Hede er for det meste arter, der er almindelige i Danmark, men nogle af dem er alligevel nu sparsomme på lokaliteten. På Randbøl Hede er situationen noget bedre, men de fleste af de mere sjældne arter vokser på nogle få hot-spots, hvor der er dynamiske samfund på grund af forstyrrelser af jordoverfladen.

Jordboende laver er alvorligt truede i mange dele af Europa, især på grund af arealindskrænkninger, eutrofiering og mangel på pleje. Dette gælder både for næringsfattigt lavland og alpine habitater (Wirth 1999). *Flavocetraria nivalis* og *Cladonia phyllophora*, der er noteret fra Randbøl Hede i 1941 og *Cladonia stellaris*, der er noteret fra Nørholm Hede i 1992, er eksempelvis alle forsvundet fra Holland (Ketner-Oostra & Sýkora 2008), og er i stærk tilbagegang i Tyskland (Wirth, in litt.). Størstedelen af de jordboende laver, der stadig holder stand på de to heder, har meget små populationer, og er derfor ekstremt sårbare overfor tilfældig uddøen. Forsvinden af egnede økologiske nicher er formentlig den væsentligste årsag til deres tilbagegang (Hauch 2009), men nogle af de forsvundne eller sjældne arter er blevet anset for at være presset af temperaturstigninger, da de er nær ved deres sydlige og vestlige udbredelsesgrænser. Dette kan være tilfældet for *Cetraria islandica*, *Cladonia cornuta*, *C. squamosa*, *Dibaeis baeomyces* og *Pycnothelia papillaria*, som alle er forsvundet fra Holland inden for de seneste år (van Herk m.fl. 2002).

De gamle beskrivelser fra de to heder viser, at *C. portentosa* er et meget konstant og vigtigt element i hedesamfundet. Dette underbygges af beskrivelserne af hedeve-



Figur 5. (Tv.)Middel kvælstof deposition I Danmark baseret på modelestimater (<1990) og målinger (Ellermann *m.fl.* 2007).
Figure 5. Left.Average Nitrogen deposition in Denmark based on modelled estimates (< 1990) and measurements (Ellermann m.fl. 2007).

Figur 6. (Nederst) Blødvortet knoplav (*Pycnothelia papillaria*) vokser på nøgen, mager jord.
Figure 6 (Bottom) Pycnothelia papillaria *is a species of naked soil.*

getationer fra begyndelsen af 1900-tallet. Galløe og Jensen (1906) beskriver fra det nærliggende Borris Sønderland at: "*Lyng og Rensdyrlav dominerer alt og præger alle Hedelandskaber paa tør Bund*", og Raunkiær (1909) beskriver heden således: "*Hedelyngen hersker alene, i det mindste set paa Afstand; Mosserne aftager og kun Rensdyrlav dominerer mellem Lyngtuerne*".

Cladonia portentosa er den mest almindelige rensdyrlav i Danmark (figur 4). Selv om Danmarks hede- og klitarealer er reduceret til en femtedel i de seneste 130 år, er *C. portentosa* stadig en udbredt art, især i Jylland. I kystklitter kan *C. portentosa* være stærkt dominerende, men dens hyppighed i heder er mindsket meget i nyere tid. Dette er dog aldrig blevet dokumenteret så solidt som i nærværende undersøgelse. Vi er overbeviste om at tilstedeværelsesfrekvensen af *C. portentosa* (eller andre rensdyrlaver) i 100 tilfældigt udlagte cirkler på 0,1 m^2 (et *Cladonia*-indeks) er en særdeles god indikator for graden af lystilgængelighed på hedejorden og dermed negativt korreleret med graden af tilgroning. Ved genopretning i form af fx lyngslåning vil *Cladonia*-indekset naturligvis have en vis inerti før der indstiller sig en ny balance.

Der kan være flere grunde til tilbagegangen af rensdyrlaver. Nitrogenafsætning fra luften på begge heder har været høj gennem perioden, og var i undersøgelsesårene omkring 16-18 kg N/ha/år (Ellermann m.fl. 2007) (figur 5). De afsatte nitrogenforbindelser optages af de buskformede thalli proportionalt med de afsatte mængder (Søchting 1995, Andersen m.fl. 2009).

Overdreven nitrogenafsætning fra atmosfæren påvirker laverne på to niveauer. En direkte skadelig effekt er påvist på især arter, der har cyanobakterier som fotosyntetiserende partnere (Hallingbäck 1991). I de tidlige studier blev der på Nørholm Hede fundet fire arter med cyanobakterier, og på Randbøl Hede var der to arter. Alle arter er nu forsvundet, hvilket meget vel kan skyldes nitrogenberigelse. Samme resultat er påvist på overdrev (Ejrnæs & Poulsen 2001). Mere indirekte fungerer nitrogendepositionen eutrofierende, idet den gøder karplanterne, som er konkur-

Tabel 1. Jordboende laver fundet på Nørholm Hede og Randbøl Hede. X: til stede. (X): ikke registreret i de tidligere studier, fordi arten ikke var erkendt, men forventes at have været til stede, da den efterfølgende er registreret.
List of terricolous lichen species found on Nørholm Hede and Randbøl Hede. X: presence. (X): not recorded in the earlier studies because the species was not recognized at the time, but is assumed to have been present due to later recording.

	Nørholm Hede		Randbøl Hede	
	1932	2008	1941	2007
Baeomyces rufus	X		X	X
Cetraria aculeata	X		X	X
Cetraria islandica	X	X	X	
Cetraria muricata			(X)	X
Cladonia arbuscula	X		X	X
Cladonia callosa				X
Cladonia cervicornis	X		X	
Cladonia chlorophaea s.lat. (se tekst)	X	X	X	X
Cladonia ciliata	X	X	X	
Cladonia cornuta				X
Cladonia crispata	X		X	X
Cladonia deformis	X			
Cladonia digitata	X			
Cladonia fimbriata	X		X	
Cladonia floerkeana	X	X	X	X
Cladonia foliacea	X			
Cladonia furcata	X	X	X	X
Cladonia glauca	X	X	X	X
Cladonia gracilis	X	X	X	X
Cladonia macilenta	(X)	X	(X)	
Cladonia ochrochlora	X			
Cladonia phyllophora	X		X	
Cladonia pleurota s.lat. (se tekst)	X	X	X	X
Cladonia portentosa	X	X	X	X
Cladonia ramulosa	X		X	X
Cladonia rangiferina	X	X	X	
Cladonia rangiformis	X		X	X
Cladonia scabriuscula	X	X	X	X
Cladonia squamosa	X		X	
Cladonia stellaris	X			
Cladonia strepsilis	X		X	X
Cladonia subfurcata	X			
Cladonia subrangiformis	X			
Cladonia subulata	X	X	X	X
Cladonia uncialis	X	X	X	X
Cladonia zopfii	X		X	X
Dibaeis baeomyces	X			
Flavocetraria nivalis			X	
Lichenomphaliea hudsoniana	X			
Peltigera canina	X			
Peltigera malacea	X		X	
Peltigera hymenina (som P. polydactyla)	X			
Placynthiella icmalea			(X)	X
Placynthiella uliginosa			X	X
Pycnothelia papillaria	X		X	X
Stereocaulon condensatum	X		X	
Trapeliopsis granulosa			X	X

renter til de langsomt voksende laver. Når mere nitrogen bliver tilgængelig i nitrogenbegrænsede plantesamfund som heder, vil karplanterne gro hurtigere, højere og tættere, hvorved der bliver meget begrænset plads og lys til de jordboende laver.
Den direkte og indirekte effekt af nitrogenafsætning kan måske forklare en generel forsvinden af følsomme lavarter, men da den aktuelle nitrogenafsætning er ens for de to heder, kan lavernes forskellige tilbagegang på de to heder ikke forklares ved nitrogenafsætning alene.

Pleje er en menneskelig indgriben i en naturlig succession. Især radikale plejeindgreb (Riis-Nielsen m.fl.1991), som skaber nøgen jord, fremmer en efterfølgende succession, der medfører en høj diversitet af jordboende laver (Søchting 2015). Ketner-Oostra & Sýkora (2008) har vist, at for hollandske klitter er den stærkeste tilbagegang i diversiteten sket i slutningen af 1900-tallet parallelt med at huller i vegetationen er lukket. Den naturlige succession på hede leder til en forringelse af vegetationen af jordboende laver, både hvad angår dækning og diversitet. Men som dokumenteret ovenfor kan hedepleje reducere tilbagegangen for laver. På Randbøl Hede viser et lille praktisk forsøg, at en endnu mere intensiv plejeindsats kan standse tilbagegangen, og endda vende den til en fremgang.

I 1996 blev morlaget fjernet med en rendegraver på 1.100 m^2 af lyng-domineret hede. Resultatet blev opgjort 11 år senere, og der voksede da 9 arter af laver på dette beskedne areal. Forsøgsområdet udgør blot 0,014 % af hedens areal, men rummer 36 % af samtlige arter af lav på hele Randbøl Hede. Også værdierne for de to andre parametre behandlet i denne artikel lå meget højere end gennemsnittet for andre lyng-dominerede arealer på den omgivende hede: 6,5 arter af laver blev registreret for hver gruppe af 20 cirkler, og *C. portentosa* blev fundet i 58 % af cirklerne. Hyppigheden af *C. portentosa* vil formentlig endda stige yderligere i de kommende år, da arten er lang tid om at indvandre på nye arealer. Stedvis afskrælning af morlaget vil altså kunne forbedre forholdene for de jordboende laver – i hvert fald for en tid (figur 6). Det kan konkluderes, at de markante forskelle mellem Nørholm Hede og Randbøl Hede, som man ser på alle de tre undersøgte parametre, i det mindste delvist må tilskrives de forskellige plejescenarier. Hvis diversiteten og dækningen af laver i heden ikke skal mindskes voldsomt, er pleje nødvendig. En mere intensiv pleje med stedvis afskrælning af morlaget og blottelse af den næringsfattige mineraljord, vil givetvis styrke lavernes trivsel og mangfoldighed - også på Randbøl Hede.

TAK

Vi takker for værdifulde oplysninger fra Peter Crittenden, Fred J.A. Daniëls, Marcus Hauch, Rita Ketner-Oostra og Volkmar Wirth. Roar Skovlund Poulsen takkes for kritisk læsning af manuskriptet.

CITERET LITTERATUR

Andersen HV, Nielsen KE, Degn HJ, Geels C, Løfstrøm P, Damgaard C, Christensen JH (2009) Lokal kvælstofdeposition og kvælstofindhold i lav. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. – Faglig rapport fra DMU nr. 732. http://www2.dmu.dk/Pub/FR732.pdf

Böcher TW (1941) Vegetationen paa Randbøl Hede. Kongelige Danske Videnskabernes Selskab, Biologiske Skrifter I,3: 1-234

Degn HJ (1996) Ændringer af vegetationen 1954-1995. Randbøl Hede. Arbejdsrapport fra DMU nr. 30: 1-128

Degn HJ (2006) Lyng og græs på Randbøl Hede 2005 – de store linier. Randbøl Skovdistr. 12 pp. http://naturstyrelsen.dk/media/nst/12285157/lyng_og_gr_s_p__randb_l_hede_2005.pdf

Ejrnæs R, Poulsen RS (2001) Trends in the bryophyte and lichen flora of Danish semi-natural grasslands over the last 50 years. Lindbergia 26: 115-120

Ellermann T, Andersen HV, Bossi R, Christensen J, Frohn LM, Geels C, Kemp K, Løfstrøm P, Mogensen BB, Monies C (2007) Atmosfærisk deposition 2006. NOVANA. Aarhus Universitet. Danmarks Miljøundersøgelser. 62 s.- Faglig rapport fra DMU, nr. 645. http://www.dmu.dk/Pub/FR645.pdf

Fodgaard S (2003) Heden høstes – og lyngen plejes. Skoven 35: 296-300

Galløe O, Jensen C (1906) Plantevæksten paa Borris Hede. Botanisk Tidsskrift 27: 249-275

Hallingbäck T (1991) Luftföroreningar och gödsling – ett hot mot blågrönalger och lavar med blågrönalgar. Svensk Botanisk Tidskrift 85: 87-104

Hansen HM (1932) Nørholm Hede, en formationsstatistisk vegetationsmonografi. Kongelige Danske Videnskabernes Selskab. Skr., Nat. Mat. Afd., 9,III,3: 99-195

Hansen HM, Lund M (1929) De danske Arter af Slægten Cladonia. Botanisk Tidsskrift 41. 1-80

Hauch M (2009) Global warming and alternative causes of decline in arctic-alpine and boreal-montane lichens in North-Western Central Europe. Global Change Biology 15: 2653-2661

Ketner-Oostra R, Sýkora KV (2008) Vegetation change in a lichen-rich inland drift sand area in the Netherlands. Phytocoenologia 38: 267-286

Levin G, Normander B (2008) Arealanvendelse i Danmark siden slutningen af 1800-tallet. Faglig Rapport fra DMU nr. 682: 1-46. http://www.dmu.dk/Pub/FR682.pdf

Raunkiær C (1909) Formationsundersøgelse og Formationsstatistik. Botanisk Tidsskrift 30: 20-132

Riis-Nielsen T, Søchting U, Johansson M, Nielsen P (1991) Hedeplejebogen – de danske heders historie, pleje og udforskning. Miljøministeriet, Skov- og Naturstyrelsen. 248 pp

Riis-Nielsen T, Schmidt IK, Frandsen B, Binding T (2005) Nørholm Hede. En langtidsundersøgelse af hedens vegetationsudvikling og tilgroning. Forest & Landscape Research, No. 35-2005: 1-202

Stoltze M, Pihl S. (red.) (1998) Rødliste 1997: 1-219. http://www.sns.dk/1pdf/rodlis.pdf.

Søchting U (1995) Lichens as monitors of nitrogen deposition. Cryptogamic Botany 5: 264-269

Søchting U (2015) De jordboende laver - en tribut til dr. Olaf Galløe. Flora og Fauna 121(3): 147-152

Søchting U, Alstrup V (2008) Danish Lichen Checklist. Version 2. Faculty of Science, University of Copenhagen. http://www2.bio.ku.dk/lichens/dkchecklist/

van Herk CM, Aptroot A, van Dobben HF (2002) Long-term monitoring in the Netherlands suggests that lichens respond to global warming. Lichenologist 34: 141-154

Wirth V (1999) Gefährdete Flechtenbiotope in Mitteleuropa. Natur und Museum (Frankfurt a. M.) 129: 12-21

Anmeldelse:
ULV! Dyret-Myten-Fremtiden

Boganmeldelse: Niels Hein 2015: ULV! Dyret-Myten-Fremtiden
182 s. 249,95 kr. (vejledende).

Niels Hein har været fascineret af ulve siden han var barn. Han er i dag uddannet historiker og har i en årrække formidlet historie på DR. Heins bog "ULV!" er baseret på grundige litteraturstudier, og kilderne er angivet bagerst i bogen. Det er dejligt i disse tider, hvor viden flyder i en lind strøm uden kildeangivelse. Bogen er for mig at se særdeles vigtig viden for alle, der interesserer sig for de nyankomne ulve i Danmark. Biologisk set er der igen tvivl om, at det tilpasningsdygtige hundedyr kan overleve i vores natur. Ulvenes fremtid afhænger imidlertid mest af alt af, om befolkningen vil acceptere dem - også når der bliver flere. Kendskabet til hvordan fortidens livsgrundlag, myterne og religion har dannet baggrund for de holdninger, vi har til ulven i dag, er overordentlig vigtig, hvis det skal lykkes at rumme ulven som art i den danske natur. Og her mener Hein, at biologierne også selv skal "kigge sig i kortene" og gøre sig fri af farvede holdninger i bagagen.

Bogen starter med et historisk rids af, hvordan menneskets levevej danner grundlag for holdningen til ulven. I stenalderen var ulven både rivalen ift byttet, byttet selv og samtidig formentlig menneskets første tamdyr – som ulv. Med agerbruget bliver ulven kultiveret til hund, og den vilde ulv betragtes nu som "skadedyret", der er en trussel for husdyrene. "*I bøndernes øjne er ulven en gemen tyv, der hæmningsløst tager for sig af ubevogtede husdyr. Fra de danske sagnkongers tid bliver ulve, tyve og hælere straffet på samme måde - de bliver klynget op i galgen, naglet fast med jernbolte*". Denne holdning til ulven betyder, at den sidste dokumenterede ulv i Danmark bliver skudt ved Estvadgaard syd for Skive i 1813. Holdningen til ulve, som et dyr der skal bekæmpes med al magt, er ikke enestående for Danmark, men betyder at ulve i starten af det 20 årh. er udryddet i store dele af deres oprindelige udbredelsesområde.

Ulvens biologi beskrives kort i bogen, men hovedvægten af bogen ligger på beskrivelsen af ulvens kulturhistorie og rolle i religion, myter, eventyr og sagn. Efterhånden som man læser de forskellige myter og historier, som er samlet i bogen, bliver man for alvor klar over, hvor mange af disse historier man kender, og som man har med sig i bagagen.

De frygtindgydende ulve med overnaturlige kræfter fra den nordiske mytologi – Fenrisulven og jætteulvene Hate og Skoll, som optræder i forbindelse med jordens undergang. Historien om den romerske hunulv som tager sig af tvillingerne Romulus og Remus, som senere grundlægger Rom. Kristendommens "symbolverden" hvor ulven og andre dyr tillægges en række menneskelige egenskaber og som omvendt er symbol på egenskaber hos mennesker. Før kristendommen kunne nogle af de egenskaber, som ulven blev tillagt, betragtes som positive, men ifølge kristendommen er ulven både vild, utæmmelig, grådig, tyvagtig, morderisk, forslugen, og den bliver sat i ledtog med Djævlen selv. Og så er der varulvene, som ikke direkte er beskrevet i kristne skrifter, men som sammen med heksene stammer fra folkesagn, og som bliver en del af kristendommens forfølgelser og tortur af mennesker, der menes at være i ledtog med Djævlen.

I de mere hyggelige fabler og eventyr, hvor fortællingen tydeligt er fiktiv, bliver billedet af "den store stygge ulv" fastslået. Hein påpeger, at her synliggøres det for alvor, at ulvemyten er et spejlbillede af os selv, for her taler, tænker og handler ulven som et menneske- "*godt nok som et stor, stygt ét af slagsen*". Fra fablerne kender vi historien om hyrden, der råber "Ulven kommer", historien om ulven og lænkehunden, hvor ulvens frihed og magre tilværelse holdes op mod en hverdag med daglig mad og en lænke om halsen, samt historierne om ræven der narrer ulven. Fra Grimms eventyr kender vi alle "Rødhætte og ulven" og "Ulven og de syv gedekid" og mange flere.

Med den moderne vestlige kultur dukker der pludseligt et nyt syn på ulven op. Her begynder ulven at optræde som vildmarkens konge, spejdernes maskot og et stærkt kraftsymbol hos nazisterne. Hein beskriver hvordan 1800-tallets romantiske bølge vender op og ned på forståelsen af mennesket og naturen. Naturen romantiseres. Den utæmmede og voldsomme natur bliver nu ophøjet til noget nærmest guddommeligt. Nye historier dukker op bl.a. "Junglebogen" om Mowgli, som også er ulveopfostret, Jack Londons bøger "Når naturen kalder" og "Ulvehunden" og bogen og filmatiseringen af "Never Cry Wolf" for bare at nævne nogle af de mest kendte.

Og mht. fremtiden stiller Hein nogle af de svære spørgsmål, som ingen har turdet stille på skrift. Hvad sker der, når og hvis ulvene i Danmark begynder at færdes i flokke, og hvis der bliver flere sammenstød mellem mennesker og ulve? Hvad sker der med ulveforvaltningen i Danmark, hvis en ulv (velvidende at risikoen er lille) dræber et menneske eller i værste fald et barn? Og hvad gør vi med frygten? Er frygten alene baseret på den minimale risiko, der reelt er for et ulveangreb på et menneske, eller kan den snarere sidestilles med frygten for at falde ned med en flyver? Selvom den reelle risiko for at blive kørt ihjel i en bil er langt større end at være del af et flystyrt, så er folk stadig mere bange for at flyve end at køre i bil.

Eksperimentet er i gang. Vi har en moralsk forpligtigelse til at rumme ulve i Danmark, hvis vi ønsker at andre lande tilsvarende skal bevare deres sjældne arter, som heller ikke er problemfrie - med mindre vi kan fremkomme med nogle "pokkers" gode argumenter. Bogen kommer ikke med løsninger, andet end at en ærlig og åben formidling omkring ulven er vigtig, hvis den skal have en chance for at overleve i den danske natur.

Alle som har interesse for ulve i Danmark, hvad enten de er lægfolk eller fagfolk bør læse denne spændende bog, som giver stof til eftertanke.

Af Sussie Pagh

Anmeldelse:
DANSKE STRANDSTEN

Boganmeldelse: Troels V. Østergaard (okt 2015).
Danske strandsten - en guide. Gyldendal. 88 sider.
Pris 149,95 kr. (vejl.).

Store og små holder af at gå langs stranden og finde smukke sten. Og fundene vækker ofte undren - hvor kommer alle disse sten dog fra?

Søger man som menigmand svar på dette spørgsmål, løber man ofte ind i, at opslagsværker er svært tilgængelige, da de forudsætter en vis forhåndsviden om bjergarter. Det er der nu rådet bod på med udgivelsen af Troels V. Østergaards bog om de mest almindelige sten langs danske kyster.

Bogen indeholder en simpel bestemmelsesnøgle, som deler fundene op i kategorierne plettede, stribede og ensfarvede sten. Og grænsetilfældene optræder i flere kategorier, så man bliver guidet godt igennem processen. Bortset fra et par små skønhedsfejl ved sidehenvisningerne, som kan rettes i næste udgave af bogen, er det let at finde rundt i opslagene. Jeg har her i efteråret testet bogen på deltagere i mine strandture og får kun positive tilbagemeldinger.

Jeg kunne personligt godt tænke mig, at fotografierne af stenene var en anelse større. Billederne er somme tider så små, at det er svært at skelne detaljer. Men større billeder vil kræve flere sider. Og det harmonerer dårligt med, at bogen helst skal kunne være i en lomme, så den kommer med på stranden. Givet disse begrænsninger er bogen veldisponeret uden at blive for tyndbenet.

Det er en stor kvalitet ved bogen, at brugeren kan bestemme sten uden at skulle medbringe en hel værktøjskasse - forfatteren tilstræber, at læseren kan klare sig med en lommekniv.

Troels V. Østergaard har fundet plads til en gennemgang af de forskellige bjergarter, og det hele er holdt i et letlæseligt sprog, hvor vigtige begreber undervejs forklares og uddybes. Og som rosinen i pølseenden får vi svar på et par af de oftest stillede spørgsmål. Bogen slutter med relevante ordforklaringer, men uden illustrationer lades læseren lidt i stikken. Det er ulig lettere at forestille sig jordens opbygning ud fra en tegning end ved at få en ultrakort forklaring af oceanbundsskorpe, lithosfære og kontinentaldrift. Og det ville også være ønskværdigt at slutte den i øvrigt glimrende bog af med henvisninger til, hvor man som interesseret stensamler kan hente mere viden om de fascinerende sten.
Glæden ved at se på sten vokser, når man lykkes med at hæfte et navn på stenen og kan læse den historie, alle sten fortæller. Som amatør er man godt hjulpet af bogen - og selv erfarne stensamlere kan lære nyt. Der er al mulig grund til at investere i denne feltbog.

Af Inga Andersen, geolog,
fmd. Jydsk Naturhistorisk Forening.

Når heden får fred

Morten Strandberg [1], Knud Erik Nielsen [2] & Christan Damgaard [3]

Er intensiv hedepleje årsag til, at mange danske heder ligner lyng- eller græsmarker? Intensiteten af hedeplejen skyldes formentlig en misforstået tro på, at heden skal plejes minimum hvert 15. år for at kunne bevare hedepræget. Det er klart at sådanne ensartede heder som ustandselig plejes ikke kan være hjemsted for ret mange arter. Der findes dog enkelte heder uden den typiske, intensive pleje. De viser os, at når heden får fred, kan den eksistere i mere end hundrede år helt uden slåning, græsning og afbrænding, og samtidig huse en høj biodiversitet af dværgbuske, urter og leddyr. Vi mener, at vi skal bruge den viden, disse undtagelser giver os til at overveje nye veje for naturplejen på hederne.

Det meste af den lysåbne natur i Danmark er skabt og vedligeholdt af ekstensiv landbrugsmæssig drift gennem århundreder. Med ophør af de gamle driftsformer er naturplejen specielt på heder blevet erstattet af moderne metoder udført i stor skala og med en høj frekvens. De lysåbne naturtyper har siden 1992 været beskyttet af et EU direktiv, hvor tilstand og udvikling bliver evalueret i 6-års perioder. Vi er nu forpligtet til at fastholde de lysåbne naturtyper på et meget afgrænset successionstrin. Det har for hedens vedkommende fået den konsekvens, at de efter vores mening mange steder bliver alt for intensivt plejet. Dette er ikke alene dyrt, det har også store omkostninger for naturindholdet, og ydermere er det også umuligt at vide, hvordan den intensive pleje virker på længere sigt, f.eks. i et 100 års perspektiv. En tilbagevendende fjernelse af biomasse har økologiske konsekvenser for såvel hedens biodiversitet og de økologiske processer som næringsstofkredsløb og forsuring.

Det er altså på mange måder et risikabelt storskalaeksperiment, der er igangsat med den intensive og hyppige pleje af hederne. Specielt fordi det foregår uden hypoteser og forhåndsviden om langtidseffekterne af plejemetoderne. Baggrunden for den intensive pleje, der finder sted i Danmark, kan man læse på Naturstyrelsens hjemmeside, hvor der står at "*Lyngens evne til vegetativ foryngelse er størst, mens lyngen er ung (i pioner- og opbygningsfasen indtil ca.15 års-alderen). Den svækkes gennem modenhedsfasen og mistes senere helt*". I bogen Ecology of Heathlands fra 1972 af Charles H. Gimingham står der, at lyng fornyer sig bedst i pionér- og opbygningsfasen, men der står ikke, at evnen forsvinder. Så måske er en misforståelse årsagen til, at hederne bliver slået og brændt i stor stil stort set i hele Vesteuropa. Eksempelvis kunne man for nylig i Midtjyllands Avis læse at Sejs Hede bliver slået hvert syvende år, og hvis der forekommer bladbilleangreb bliver heden ydermere afbrændt.

Heldigvis eksisterer der en vild plet som Nørholm Hede (se artiklen "Naturlige processer på heden" i dette hæfte). På Nørholm Hede kan vi se, hvad der sker, når heden får fred. Nørholm Hede har nemlig ikke det kornmarksagtige tæppe af lilla hedelyng, som er det ønskede resultat af den intensive hedepleje. Nørholm hede er i øvrigt en torn i øjet på mange naturplejere som både ønsker den hugget ned, slået og afbrændt. Det lilla tæppe som vi kan nyde i tre-fire uger i august er da også et flot skue, men det har sin pris. Prisen er, at den naturlige succession igen og igen stoppes. Vigtige næringsstoffer fjernes med lynghøsten, topografien udjævnes, og der mangler plante- og dyrearter, som kunne sikre en varieret og rig hedenatur med andre dværgbuske end hedelyng. På Nørholm Hede forbavses man over mængden myretuer, som ser ud til at virke som "hot spots" for yderligere biologisk og jordbundsmæssig variation. På de intensivt plejede heder mangler myretuerne. Dermed mangler også den variation og omsætning både i jordbund, topografi og spiresteder for hedens urter, som myrerne skaber. Træerne, der skaber variation i jordbund og skygge for lys og nedbør, forsvinder også med plejen. Alt dette mister vi på lyngmarkernes alter.

Lyngdyrkningen, som hedeplejen reelt er, arver andet end tab af biodiversitet og variation fra landbrugets monokulturer. En anden væsentlig arv er følsomhed over for skadedyr, sygdomme, invasion og ekstreme vejrfænomener. Når heden står som en mark af lyng, får hedens bladbille, hvis larve kun spiser hedelyng, optimale vilkår. Der findes lyng i alle retninger, uanset hvor vinden blæser den hen, og ingen fjender i form af myrer. Vinden og høstmaskinen kan sprede svampesygdomme hurtigt over store arealer, og de skadede stængler og blade udgør nemme indgange for svampesygdomme som visneskimmel. Hvor landbruget dog véd, at de næringsstoffer, der fjernes med afgrøden, skal erstattes ad kunstig vej, udpines hedens jordbund med den gentagne afbrænding og lynghøst. Det medfører, at vegetationen bliver endnu mere følsom over for naturlig stress som barfrost og sommertørke. En følsomhed der yderligere forstærkes af den flade topografi og den ensartede jordbund.

Før hedepleje blev systematiseret nærmest som et erhverv, blev heden brugt at hedebonden. De hedearealer, der var tættest på bondegården, blev flittigst brugt til tørveskær og foder, medens de områder, der var længere væk, blev ekstensivt græsset og eventuelle træer blev fældet til brænde, når de var store nok til det. Hedebruget var altså mere diverst og gav med en kombination af intensivt og ekstensivt brug rum for mere variation og flere arter.

Før hedebondens ekstensive anvendelse af heden, eksisterede heden eller i det mindste dens karakteristiske arter med stor sandsynlighed naturligt i Danmark. Pollendiagrammer fra jyske søer indikerer, at hedens arter fandtes i et samspil med skov. Den gang forekom naturlige brande med 200 – 500 års mellemrum. Mindre heftige naturbrande lod overskoven stå mere eller mindre uberørt, således at hedens arter fandtes som bunddække i en lysåben skov. Større og kraftigere brande fjernede alt trævækst over store områder og gav rum for lange perioder med lysåben lav vegetation domineret af blandt andet hedelyng.

Nørholm Hede, pollendiagrammerne og et unikt forsøg på Randbøl Hede etableret af botanikeren Böcher i 1930'erne viser os, at hedelyng kan eksistere over lange perioder

og meget længere end de 15 år, som er den typiske frekvens for pleje. Nørholm Hede og Randbøl Hede viser, at hedelyngen kan forny sig ved at sætte rødder fra lange nedliggende grene med en meget højere alder end 15 år. På den uplejede hedes varierede topografi er der mulighed for at forny sig fra frø. Her spirer frø i åbninger i vegetationen, og på og omkring myretuer, hvor myrerne holder jorden åben. Endelig kan lyngens frø bevare spiringsevnen i lang tid og overleve en naturlig brand, som skaber grundlag for en foryngelse af heden. Fordelen ved den naturlige udvikling er, at successionen kan foregå i århundreder, at jordbunden ikke udpines af intensiv pleje, og at der skabes flere nicher for arter, som ikke har en chance på den monotone flade af ung tæt hedelyng. I artiklen "Naturlige processer på heden" citeres engelske undersøgelser, der viser, at de fleste prioritetsarter ikke forekommer i den første hektiske successionsfase, men har langt større krav til et komplekst miljø.
Hollænderne har valgt en dyr løsning, hvor de ved at udsprede stenmel over heden forsøger at kompensere for, at den intensive pleje fjerner vigtige mineraler fra heden. På den måde håber de at skabe etableringsmuligheder for nogle af de plantearter som klokke-ensian og guldblomme, der i dag er blevet sjældne syn på hederne. Men der er en anden løsning, som er meget billigere. Som antydet ovenfor er der et dyr som med sikkerhed har en stor og stabil økologisk funktion på hederne. Dyret er nemt at få til at komme af sig selv, og det skal hverken indhegnes eller øremærkes. Det æder ikke afgrøderne, hvis det kommer ud på de dyrkede marker, og det er heller ikke farligt for trafik og mennesker. Samtidig skaber dyret variation både topografisk og jordbundsmæssigt ligesom træer har den samme effekt. Dyret er myren. Der er nemlig en række myrearter, som blandt andet *Formica exsecta* eller arter af slægten *Myrmica*, som er tilknyttede den uforstyrrede hede, hvor de bygger ½-m høje myretuer, underjordiske bo og omfordeler planterester og jord med det resultat, at der skabes en variation i jordbundens egenskaber både med hensyn til kemi og indhold af organisk materiale. Svampe, leddyr og såmænd også træer spiller også en betydelig rolle i uforstyrrede økosystemer, hvor de sikrer, at der sker en stadig omsætning af planterester.

Det er velkendt, at myrer flytter rundt og på den måde genstarter de livgivende processer på den golde hede. Det er sandsynligt, at intensiv pleje ligesom for myrernes og træernes vedkommende også påvirker både mængde og diversitet af svampe og leddyr.
Vi mener, at det heden har brug for, ikke er *mere* pleje, men *mindre* pleje. Og dertil en langsigtet strategi, der sikrer, at der kan udvikle sig en blanding af successioner der spænder fra 15 til flere hundrede år. Det betyder, at opfattelsen af gunstig bevaringsstatus på hede skal udvides. Idéen er, at hedens natur skal bringes i overensstemmelse med biologisk viden om økosystemer, hvilket indebærer succession, der forløber og dynamiske økologiske processer, der får lov at udvikle sig.

Afslutningsvist er ønsket for heden, at vi som et forsøg eller forskningsprojekt i et specifikt områder prøver at se, hvad der sker - **N**år heden får fred.

Efterår på hede ved Rold Skov: Foto Sussie Pagh

121. ÅRGANG
HÆFTE 3+4

November 2015

FLORA &FAUNA

Udgives af
JYDSK NATURHISTORISK FORENING

Udkommer 2-3 gange om året

www.jydsknaturhistorisk.dk

Bagsidefoto:
Revling (*Empetrum nigrum*). Foto: Torben Ebbensgaard

Formand:
Inga Kofoed Andersen inkoan@yahoo.dk

Årskontingentet er på 230 kr. for ordinære medlemmer, 255 kr. for institutioner, 270 kr. for udenlandske medlemmer. Studerende: 100 kr.

Abonnement kan tegnes ved at indbetale abonement til foreningens konto 1551-7068786 eller ved henvendelse til formanden.

Redaktion:
Jens Reddersen, ansvarshavende redaktør (zoologi),
tlf. 9133 4740 E-mail: jens.reddersen@vip.cybercity.dk.

Torben Ebbensgaard (botanik og økologi), Tlf. 41767695. E-mail: floraogfaunared@gmail.com.

Sussie Pagh (zoologi, layout & teknik), E-mail: red@floraogfauna.dk

Bente Fyrstenberg Nedergaard (layout & teknik) og webmaster

Bestyrelse:
Inga Kofoed Andersen (formand), Amdi Nedergaard (næstformand)
Peter Wind (kasserer), Henrik Sell (sekretær), Per Egge Rasmussen,
Ole F. Jensen, Hans Erik Jensen, Niels Andersen (suppleant).

Forsidefotos:
Kongens Hus Mindepark. Foto: Bente Fyrstenberg Nedergaard
Ensianblåfugl (*Maculinea alcon*): Foto David Nash

Tryk: EJ Graphic, Århus. ISSN 0015-3818