

– 4 års udforskning af Danmarks biodiversitet



NATURHISTORISK MUSEUM
AARHUS



BIOWIDE

– 4 ÅRS UDFORSKNING AF DANMARKS BIODIVERSITET

Aarhus Universitet

April 2018

Editor:
Rasmus Ejrnæs

BIOWIDE

– 4 ÅRS UDFORSKNING AF DANMARKS BIODIVERSITET

Editor: Rasmus Ejrnæs

Udgiver: Aarhus Universitet

URL: <http://www.au.dk>

Udgivelsesår: 2018

Bedes citeret: Ejrnæs, R (ed.). Proceedings til konferencen Biowide - hvad har vi lært af 4 års naturforskning? Aarhus Universitet 4. maj 2018. 70 s.

Layout: Tinna Christensen, Silkeborg

Sideantal: 70

Trykt ved: Rosendahls – print • design • media

Internet version: Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) på <http://bios.au.dk/videnudveksling/formidling/>

INDHOLD

FORORD	5
1 ØKOLOGISK RUM – FORSKINGSIDÉEN	7
Økologisk rum – forskningsidéen bag Biowide	8
2 KORTLÆGNING AF BIODIVERSITET	15
Danmarks hidtil dybeste biodiversitetskortlægning	16
Karplanter og mosser	20
Svampene i Biowide	24
Hvirvelløse dyr	30
Danske gødningsbiller – hvorfor kigge på dem?	36
Mikroklima og biodiversitet	38
Diversitetsmål: eDNA versus almindelig overvågning af planter?	40
Fra jord til genetisk diversitet	42
3 NYE METODER TIL KORTLÆGNING AF BIODIVERSITET	45
Biowides svampe sammenholdt med data fra luftbåren laser scanner	46
Diversitet af planter, mosser, laver og svampe forklaret med data fra luftbåren laser scanner	48
En ny æra for kortlægning af natur	50
"Man against machine" – eDNA og svampe	52
Genetiske fingeraftryk sladrer om jordens herkomst	55
4 ØKOLOGISK RUM SOM RAMME FOR BIODIVERSITETEN	57
Planter som indikatorer for resten af biodiversiteten	58
Hvilke plantearter giver størst diversitet af svampe og insekter?	60
Artsrigdom i det økologiske rum – forskning i proces!	62
Hvordan definerer man egentlig unikhed for en lokalitet?	64
Biowide: Hvad har vi så lært?	66



FORORD

Biowide står for **BIO**diversity in **W**idth and **D**Epth, eller på dansk: Biodiversitet i bredden og dybden. Bredden skal her forstås sådan, at projektet dækker al variation i levevilkår og biologiske samfund på landjorden og dybden refererer til at vi for en sjælden gangs skyld har haft resurser til også at kortlægge vanskelige og meget artsrige organismegrupper som svampe og insekter. Forskningen i Biowide er foregået i 2014-2017 og har involveret forskere fra Aarhus Universitet, Københavns Universitet og Naturhistorisk Museum i Århus.

Biowide er en hybrid af gamle traditioner og moderne tider, idet projektet på samme tid har bygget på klassiske biologiske metoder til inventering og bestemmelse af dyr, planter og svampe og helt moderne metoder til at sekvensere DNA-spor fra miljøet eller analysere data fra flybårne laserscanninger. Herved har vi fået en enestående mulighed for at evaluere de nye metoder i lyset af solide data indsamlet med hævdevundne metoder.

Det klassiske naturhistoriske artskendskab er ikke kun hævdevundet, men også en truet ekspertise. I hvert fald skal man være lidt heldig for at finde artseksperter på de biologiske institutter på vore dages universiteter. I dag meriterer man sig ikke på et stort artskendskab, men på en lang international publikationsliste, og det er gået hårdt ud over klassisk naturhistorisk faglighed. Biowide følte derfor også lidt som et sidste udkald, hvis vi skulle nå at drage nytte af de efterhånden aldrende og ofte tillige arbejdsløse super-eksperter inden for de forskellige organismegrupper.

Det har været en del af projektets formål at engagere frivillige og studerende i kortlægningen af biodiversiteten i Biowide og bruge de indsamlede data og projektets resultater til at formidle ny viden og begejstring for den danske natur til en bredere offentlighed. Det har vi gjort i artikler, foredrag og radio, men også ved at invitere interesserede amatører og studerende til at gå i mesterlære hos projektets eksperter. Vi er sikre på at Biowide på denne måde har været med til at stimulere interessen og kompetencerne hos den næste generation af artsnørder.

Vi sætter et foreløbigt punktum for Biowide med en konference på Aarhus Universitet 4. maj 2018, men projektet vil leve videre i lang tid. Dels er der videnskabelige artikler som endnu er på vej gennem tidsskrifternes fagfællebedømmelser, og dels bruges de indsamlede data i flere nye projekter. Vi stiller data frit til rådighed så andre forskere og studerende kan være med til at hente viden ud af data i årene fremover. Vi håber at denne samling af små artikler fra projektet kan være med til at formidle ny viden og begejstring for Danmarks fantastiske natur.

Det havde ikke været muligt at gennemføre projektet uden en bevilling fra Villumfonden på samlet 13,1 millioner kroner. Vi vil også takke alle de implicerede lodsejere og forpagtere for at imødekomme vore ønsker til placering af prøveflader i deres naturområder. Og vi vil takke alle de frivillige som har hjulpet med at finde, sortere og bestemme alle arterne i prøvefladerne.



Foto: Jens H. Petersen



ØKOLOGISK RUM – FORSKNINGSIDÉEN

ØKOLOGISK RUM

– FORSKNINGSIDÉEN BAG BIOWIDE

Rasmus Ejrnæs

Biodiversitet er ganske uhåndterligt og næsten ubegribeligt, med millioner af arter på planeten, utallige kombinationer arterne forekommer i og uendelige muligheder for interaktioner mellem arterne. Måske er det grunden til, at der ikke findes så mange generelle teorier, der kan forklare variationen i biodiversiteten, selvom der er videnskabelige studier som dokumenterer og analyserer selvsamme variation på tværs af eksperimenter, inventerede lokaliteter eller kortlagte landområder.

I Biowide har vi kastet os over denne udfordring ved at foreslå, at det realiserede artsantal på et sted kan forudsiges, hvis man kender levemulighederne på dette sted. Denne kortlægning af levemulighederne har vi sat i system ved at foreslå at et sådant økologisk rum kan defineres som levestedets *abiotiske position*, *biotiske ekspansion* og *rumligt-tidslige kontinuitet*.

Den *abiotiske position* er de fysiske og kemiske betingelser som findes på stedet. Det kunne eksempelvis være lysforhold, fugtighed, næringsstoftilgængelighed og jordens surhedsgrad. Den *biotiske ekspansion* er opbygningen og differentieringen af organisk kulstof. Kulstoffet opbygges af levende planter, mosser og laver. Hver af disse forskellige arter af primærproducenter tilfører kulstof med artsspecifikke egenskaber. Nogle planter producerer pollen og nektar, træerne producerer bark og ved og hver planteart har sine egne kemiske indholdsstoffer. Differentieringen af kulstof fortsætter når planterne dør og nedbrydningen starter. Faktisk begynder differentieringen ofte med at store planteædere omsætter plantebiomasse til gødning, som er kulstof med helt andre egenskaber. Planteædere beskadiger også træer og buske og er derved med til at skabe dødt ved, skadet bark og indre hulheder. Den rumligt-tidslige kontinuitet har betydning i forhold til arternes mulighed for at kolonisere et område og overleve i området. Ikke alle arter spreder sig effektivt, så jo længere tid et levested har været tilgængeligt, jo større vil mætningen af arter være. Det er også lettere at sprede sig til og gennem et stort område end det er at ramme en ganske lille ø, midt i et ugæstfrit hav.

I Biowide har vi udvalgt 130 prøveflader som skulle repræsentere variationen i Danmarks landbaserede natur. Vi har således natur med som er drivvåd og knastør, sur og basisk, næringsrig og næringsfattig, lysåben og trædækket samt naturlig og kultiveret. I hver af disse prøveflader har vi kortlagt biodiversiteten ved at registrere planter, mosser, laver, svampe og smådyr. Oven i registreringen af de planter, dyr og svampe man kan se med sine øjne, har vi samlet jordprøver som er blevet ekstraheret for DNA-rester, der er blevet sekvenseret, så vi kan se hvor mange forskellige arter som har afsat spor i jordbunden. For at teste idéen om økologisk rum har vi kortlagt position ved at måle fugtighed, næringsstoffer, pH, lys og temperatur og ekspansion ved at måle vegetationens struktur og sammensætning samt mængden af gødning, dødt ved, døde planterester, insektbestøvede blomster, myretuer mv. Endelig har vi kortlagt den tidslige og rumlige kontinuitet af naturen i prøvefladerne.

Idéen om økologisk rum er præsenteret i en videnskabelig artikel (se Figur 1) og i en serie populærfaglige artikler i Weekendavisens idé-tillæg (se de følgende artikler om økologisk rum).

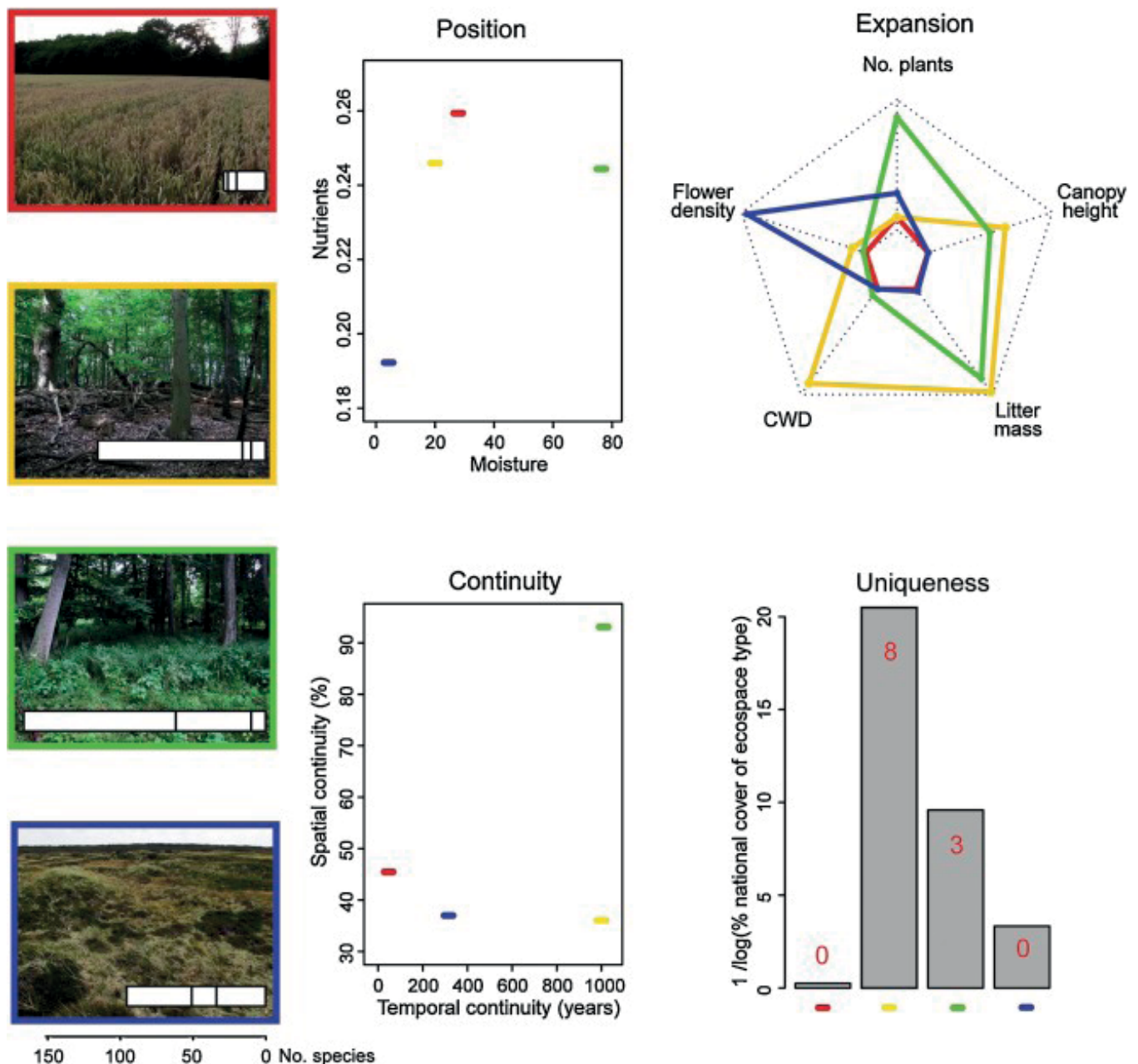


Figure 1. Ecospace mapped empirically for four contrasted biotopes in Denmark, showing how biotopes may vary independently in position, expansion, continuity and uniqueness; and how that affects α -diversity. Red: arable field, yellow: dry, old-growth forest, green: swamp forest, blue: lichen-rich dune. Position is represented here by two important abiotic gradients: soil moisture (% volumetric water content) and nutrients (% leaf P). Expansion is represented by build-up of different carbon sources: i.e. flower density (range = 0–70/m²), number of vascular plant species (No. plants; range = 0–60), canopy height (range = 0–8 m), litter mass (range = 0–150 g) and coarse woody debris (CWD; range = 0–50 m³). Continuity is divided into spatial (% cover of the ecospace type within 500 m) and temporal continuity of the biotope (years since last major environmental change). The ecospace (position, expansion and continuity) effect on α -diversity is illustrated by the white bars on the photos representing the number of species found (divided into arthropods (right), plants (middle) and fungi (left)). Uniqueness is an estimate of the rarity; of the biotope at a larger scale estimated by $1/\log(\% \text{ national cover of ecospace type})$ of the given biotope. The higher the uniqueness, the more the biotope is expected to contribute to β -diversity, here represented by the number of red-listed species found in the four biotopes (red numbers). Photos: Lars Skipper.

Serie. Vi vil tage læserne med på en udforskning af de økologiske rum, hvor liv udfolder sig i naturen, og se på forhold som lys, næring, vand, surhed og kulstof.

Økologiske rumrejser

Af RASMUS EJRNÆS

Mangfoldighed, også kaldet biodiversitet, er et af livets mest utrolige aspekter. Det er ganske vist svært at forestille sig en levende klode uden mangfoldighed, for hvordan skulle livet så se ud? Sådant en gråligt udflydende amøbe, måske? Nej, for hvor skulle den så være kommet fra? Biodiversiteten er nemlig grundlaget for selektion, tilpasning og evolution. Den er forudsætningen for forandring og udvikling. På den anden side behøvede der vel ikke være så mange forskellige arter? Vi kender mere end 35.000 forskellige arter alene i Danmark.

Trods mange års forskning i biodiversitet

er der stadig meget, vi ikke ved. Vi ved, at vi er midt i en global masseuddøen af arter på grund af menneskers beslaglæggelse af Jordens ressourcer. Når det kommer til variationen i artsantal – fra højmoser til regnskov – kniber det straks mere. Generelt er der enighed om, at mangfoldigheden er større tæt ved ækvator – i områder som ikke har været ned-iset i tide og utide. Men ellers er det småt med de gode forklaringer. Derfor er vi en forskergruppe fra Aarhus og Københavns universiteter, som har kastet os ud i det hidtil grundigste studium af Danmarks landbaserede biodiversitet. Projektet hedder Biowide og løber fra 2014-2017. Det bygger på idéen om økologiske rum.

Et økologisk rum er ikke et kølerum med

økologisk mælk og tykmælk, men derimod betegnelsen for de betingelser og ressourcer, der findes på et levested. Betingelserne er fysisk-kemisk målbare egenskaber som jordens surhedsgrad, næringsindhold og fugtighed eller temperatur og lysforhold. Ressourcerne forstår vi som det kulstof, planterne har bygget op, og som dyrene og svampene lever af og modificerer. Kulstoffet skal ikke kun forstås som en mængde, for når det gælder biodiversiteten, er det endnu vigtigere, at kulstoffet er varieret, så der er levesteder for dyr og svampe med forskellige tilpasninger.

I en serie af små artikler – økologiske rumrejser – vil vi tage læserne med på en udforskning af relationen mellem økologisk rum og biodiversitet.

4 # 28 15. juli 2016

Ideer

Weekendavisen

Serie. Vi vil tage læserne med på en udforskning af de økologiske rum, hvor liv udfolder sig i naturen, og se på forhold som lys, næring, vand, surhed og kulstof. I denne uge handler det om vand.

Den våde undergrund

Af RASMUS EJRNÆS
Biolog, Institut for Bioscience
Aarhus Universitet

Jordens vandindhold er et af de vigtigste levevilkår i vores natur. Hvis der er vandmangel, går væksten i stå, men det er også en udfordring, hvis der er for meget vand. Så bliver jorden iltfattig, og det kræver særlige tilpasninger. Derfor skal der helst være lige tilpas med vand, når vi dyrker vores afgrøder. Det betyder, at dyrkningsjorden er drænet og om nødvendigt også kunstvandet.

Ude i den vilde natur derimod er der masser af planter og dyr, som netop er tilpasset til et

økologisk rum med kronisk tørke eller til en vandmættet og iltfattig tørvejord.

Det er ikke hver dag, man skænker det hydrologiske kredsløb en tanke, men livet ville være fattigere uden denne stadige strøm af ferskvand gennem vore økosystemer. Regnvandet slipper skyerne, og overskuddet – efter jord og planter er mættet – trænger ned i grundvandsmagasinerne.

Her kommer vandet under tryk, og så presser det sig ellers vej ud gennem jordlagene igen. Vandet strømmer, hvor der er mindst modstand – gennem porøse lag af sand og grus og helst mod lave steder i terrænet. Grundvand kan komme under så stort tryk, at det ligefrem vælder op af jorden i form af en frembrusende

kilde, men ofte siver det lige så stille frem og mætter tørvejorden i lavtliggende ådale og ved kysterne. Til sidst løber det ud i havet, ofte efter det har løbet gennem vandløb og søer på sin vej.

Vi mennesker har på afgørende punkter modificeret det hydrologiske kredsløb. For det første henter vi grundvand op til drikkevand og markvanding, og for det andet har vi afbrudt kredsløbet ved at lægge dræn ned i morænejordenes dyrkede marker. I stedet for at sive ned i grundvandsmagasinerne løber drænvandet fra markerne direkte ud i ådalene og vandløbene. Så bliver der mindre grundvand og mindre tryk på grundvandet.

Det er trist, for grundvandet er fundamentet

for rikkær, kildevæld, skovmoser og naturenge, som er fattige på næringsstoffer, men til gengæld rige på arter. Det skyldes især grundvands indhold af kalk og jern, som binder det ellers plantetilgængelige fosfor. Knapheden på næring betyder, at konkurrencesvage arter som mange af vores blomsterplanter og mosser får en chance. Rikkærene er enestående rige på orkidéer som for eksempel gøgeurter, sump-hullåbe, trådspore, mygblomst og pukkellåbe. Og når guldsmede, vandnymfer, svirrefluer og padder har ynglet i vandløb og søer, finder de gerne føden i de tilgrænsende blomsterrige rigkær og enge.

De steder, hvor grundvandet vælder frem i overfladen og siver gennem moser og kær, bliver

Dræn og grøfter forhindrer regnvandet i at sive ned til grundvandet. Det går ud over moser og enge. FOTO: NIELS FABÆK/SCANPIX

ådalen sumpet og besværlig at færdes i. Derfor har generationer af bønder gravet grøfter i ådalene, så vandet kunne løbe hurtigt ned i vandløbet og blive ledt væk. Der har været godt for landmændens græsbevækst, men samtidig medført at de resterende rikkær og kildevæld ofte er ganske små – alt for små til at opretholde deres bestande af særlige dyre- og plantearter.

I dag tror mange nok,

at de friskgrønne enge og mandshøje rørskovs er naturlige i vores ådale. Men fra naturens hånd dominerede de grundvandsfødte kilder, væld og moser. Hvis vi vil have den grundvandsfødte natur tilbage, må vi lukke grøfterne i ådalen og sørge for, at drænvandet fra markerne ikke ledes direkte derned. Men på trods af landets allerede dybt nedgravede vandløb klager landbruget

i stigende grad over dårlig vandaflødning. Så det er svært at se moser, orkidéer, engblommer og sommerfugle gøre comeback.

Vi kunne som samfund vælge at udlægge nogle store sammenhængende ådale og kyststrækninger til natur med plads nok til at realisere det naturlige hydrologiske kredsløb og de tilhørende pjaskvåde mosers myldrende liv. Hvis man selv er så heldig at eje et stykke jord med en kilde, så er det godt at vide, at det fremvældende grundvand er naturens guld.

Lad grundvandet danne sit eget rikkær med tilhørende eng, eller lad det samle sig i et lille vandhul. Led det for alt i verden ikke bort via dræn og grøfter!

Gift eller guld?

Af RASMUS EJRNÆS

Biolog, Institut for Bioscience
Aarhus Universitet

Frodighed eller produktivitet er et af de vigtigste vilkår i naturen, og høj produktivitet optræder, når der er rigeligt med næringsstoffer, vand og lys. I de mest næringsfattige økosystemer som højmoser og klitheder vokser kun ekstremt hårdføre tørvemosser, laver og dværgbuske. Det er arter, som tåler en sur jordbund, næsten uden næring. Bliver det bare lidt mere næringsrigt, kommer der gang i væksten, og nye arter kommer til: græsser som færesvingel, blåtop og bølget bunke og bredbladede urter som hunde-viol, håret høgeurt og djævelsbid. I takt med at levevilkårene bliver lidt gunstigere, må laverne give fortab i konkurrencen om lyset, mens antallet af plantearter stiger.

Det maksimale artsantal i plantesamfundet optræder, når alle de basale levevilkår er opfyldt, mens der stadigvæk er knaphed på kvælstof og fosfor. Det sker typisk på kalkrig jord eller på steder, hvor der vælder kalkrigt grundvand op af jorden. De fleste plantearter trives med den neutrale til svagt basiske jordbund, som lige netop indeholder alle de næringsstoffer, planterne har brug for. Kalken binder fosfor hårdt, så væksten er stadig begrænset. Hvis man øger produktiviteten yderligere – eksempelvis ved at gødske jorden – vil man opleve, at artsantallet falder.

Artsabet skyldes ikke, at planterne ikke kan tåle næringsstofferne, men derimod at store planter undertrykker små planter, når væksten er for høj. Prøv at studere en liden klokke om foråret, når årets vækst begynder. I april-juni skal man kigge omhyggeligt helt nede ved jordoverfladen, hvor klokken sætter en roset af bittesmå hjerteformede blade. Det er dem, som skal samle energi til sommerens rige blomstring. Hvis plantevæksten er så



Liden klokke ringler lystigt.

sparsom, at solens stråler kan nå frem til de små blade, kvitterer klokken med 30-40 centimeter lange blomsterstængler og et mylder af ringlende, blå klokker.

Jordens næring er koncentreret i de øverste 20-40 centimeter af jorden, hvor jordbundsdyrene har æltet kulstoffet fra de døde og nedbrudte plantede dele sammen med mineraljorden. I dette mørke muldlag cirkulerer næringsstoffer, vand og kulstof mellem planter, mikrober, jordbundsdyr og jordpartikler. I utallige menneskealdre før os var frugtbar muld en begrænset ressource i landbruget, og jordens bonitet indgik i skatteudmålingen. Og selvom vi i dagens Danmark formelig svømmer i næringsstoffer, er den frodige muld stadigvæk højt skattet af haveejere, gartnere og landmænd. For den giver store grøntsager, og frugtbarheden betyder også, at afgrøden i kraft af sin supervækst kan udkonkurrere ukrudtet næsten uden skuffejern og giftsprøjt.

Men lige så guldrandet den frodige muld er, når der skal dyrkes kartofler og korn, lige så skadelig er den for klokke, violer og resten af den biologiske mangfoldighed.

Den trives nemlig bedst med knaphed, og det er årsagen til, at vi finder så rig en natur på militærets skyde- og øvelses-

terræner eller i lufthavne – på steder hvor naturen ikke er blevet gødsket i stykker. Det er også derfor, naturen trives i de opgivne råstofgrave, hvor muldlaget er gravet væk, og mineraljorden er blevet blottet. Sådan en grusgrav er en økologisk katastrofe for landbruget, men en kærmkommen udvidelse af landbrugslandets økologiske rum.

Hvor der er knaphed, finder man sommerfugle som dværgblåfugl, okkergul pletvinge, markperlemorssommerfugl og lille ildfugl, for her vokser deres nøjsomme værtsplanter: rundbælg, lancet-vejbrede, hunde-viol og rødknæ.

Desværre optræder den næringsfattige natur næsten altid utilsigtet, for vi mennesker begriber ikke, at der kan komme noget godt ud af knaphed og misvækst. Når vi laver et nyt vejanlæg, en ny park eller en ny have, sørger anlægsgartnerne først og fremmest for, at mulden er fed og frodig. For de vilde blomster og sommerfugle er drømmen om muldjord imidlertid et giftigt ideal.

Weekendavisen

Ideer

31 5. august 2016 5

Økorum 4. En hel hær af insekter har specialiseret sig i at leve udelukkende af blåhattens blade, stængler og saft. Faktisk består de fleste planteædende insekters diæter af én bestemt plante.

Blåhat med entourage

Af HANS HENRIK BRUUN
Biolog, Biologisk Institut
Københavns Universitet

Når man siger insekt, tænker de fleste nok på en flaksende sommerfugl, en brummende humlebi eller en nærgående gedehans. Men de fleste insekter tilbringer størstedelen af livet som upåfaldende larver eller nymfer. Godt camouflerede sidder sommerfuglelارverne eller cikadenymferne og nipper af et blad eller suger saft ud af en plantestængel. Flertallet af insekterne er nemlig vegetarer. Og så er de tilmed kræse – så kræse, at omkring tre fjerdedele af de planteædende insekter kun æder af en enkelt planteart.

Ofte går specialiseringen så vidt, at kun en bestemt del af værtsplanten ædes – for eksempel roden, bladene eller plantens frø. Derfor udgør hver planteart et levested i sig selv, og derfor udvides det økologiske rum for hver ekstra planteart, som vokser på et sted.

Tag nu for eksempel planten blåhat, der vokser på græsland, for eksempel på overdrev og næringsfattige vejrabatter. Dens skønne lysilla blomsterhoveder tiltrækker mængder af nektarsultne sommerfugle og bier som få

andre planter. Men blåhattens blade, stængler og frostande er også levested for en stribet specialiseret insekt.

På stængler og blade suger den lille emaljeskinnende blåhatblomstertæge plantesaft. Blåhat udgør 100 procent af dens diæt gennem hele livet. En helt anden strategi har blåhatpragtillen. Som larve guffer den sig vej gennem en minegang i bladet indre, hvor den er skærmet mod fugle og andre fjender. Den forpupper sig inde i minen og kommer til slut ud som voksen pragtbille med laksorte dækvinger og bronzefarvet bryst. Den er få millimeter lang, men et prægtigt skue i forstørrelse.

Blåhatbukken – en art af træbukkefamilien – æder ligeledes kun blåhat. Dens larve lever udelukkende som tunnelrørsborer inde i plantens stængel. Den voksne bille er et par centimeter lang og metallisk mørkegrøn med de for træbukke karakteristiske lange følehorn. Også blåhattens frostande udgør fødegrundlag for flere insekter, for eksempel natstærmeren blåhatvikler, hvis voksne dyr har tegninger i gammelrosa og flødefarvet. Viklerens larver æder umodne frø og spinder frugtstandene sammen med silketråde.

ENDELIG er der den store, enlig levende



Blåhatblomstertæge. FOTO: LARS SKIPPER

bi, blåhatjordbi. Hunbierne samler pollen fra blomster, men altså udelukkende blåhatblomster. Klumper af pollen bliver så til føde for bilarverne, der ligger i en hule under jordoverfladen, som mor bi har udgravet.

Jeg stopper oprensningen her, men der er endnu flere blåhat-specialister. Og der kunne fortælles tilsvarende historier om de fleste andre plantearter, selv arter, der er dødeligt giftige for mennesker, som gifttynde, fingerbøl og bulmeurt, har deres specialinsekter. Og det giver også et fingerpeg om grunden til in-

sekternes udprægede specialisering. Planterne og de plantespisende insekter har udviklet sig i et mange millioner år langt våbenkapløb. Planterne har opfundet indholdsstoffer til forsvar mod at blive spist, og det har presset insekterne til at udvikle måder at uskadeliggøre disse stoffer på, hvilket igen har fordret nye kemiske modtræk fra planterne. Og en enkelt insektart kan simpelthen ikke være specialist i alle planteverdens kemiske forsvarsfinter. En art kan være generalist og spise alt muligt forskelligt, men så bliver udnyttelsen af føden ringe. Eller arten kan være specialist og kun spise én plante, men til gengæld have denne kost helt for sig selv og udmytte den godt.

Husk på, at alle planter, hvis blade lugter eller smager stærkt, gør det i et forsøg på ikke at blive spist. Mynte, selleri, koriander, sennep, salvie, peberrod og timian lugter og smager, som de gør, for at holde de plantespisende insekter stangen. Og det virker på næsten alle slags insekter, blot ikke på de arter, som har specialiseret sig på hver af de nævnte planter. Når der er så mange planter med forskellig kemi, er der også mange måder at være specialist på. Derfor danner en rig flora grundlag for en rig insektfauna ud over naturligvis at være biologisk mangfoldighed i sig selv.

Serie. Vi tager læserne med på en udforskning af de økologiske rum, hvor liv udfolder sig. I denne uge handler det om møg.

Fra hø til næringssuppe

AF MORTEN D.D. HANSEN
Museumsinspektør, cand.scient.
Naturhistorisk Museum, Aarhus

Der er så sandt for dyden ikke megen fest i at spise græs. Hvis vi mennesker æder os igennem en tot hø, kan vi være ganske sikre på, at der kommer hø ud i den anden ende. Vi ejer nemlig ikke det enzym-apparat, der gør os i stand til at nedbryde plantefibrenes cellulose og lignin til noget, som kan udnyttes i stofskiftet. Samme vilkår gør sig gældende for rigtig mange andre dyr. Måske kan man redde sig et udkomme af de næringsstoffer, som trods alt findes i friske blade og græs, men hovedparten af biomassen, som består af fibre, kan vi ikke stille noget som helst op med.

Det er nemlig kun svampe og bakterier, som kan producere de enzymer, der bryder fibrenes lange kulhydratkæder op i mere fordøjelige sukker-stumper. Det er derfor, svampe kan nedbryde kæmpe træstammer ude i naturen, og det er derfor, koer kan æde hø. Inde i koer og andre drøvtyggers maver findes nemlig et avanceret gæringssystem, hvor højeffektive bakteriekulturer i rekordfart nedbyder plantefibrene til letomsættelige kulhydrater, som koen derefter kan optage.

Koen når imidlertid ikke at optage bare i nærheden af alle de næringsstoffer, som frigives fra dagens menu. Rigtig mange aminosyrer og fedtsyrer passerer igennem systemet, fordi der skal være flow i en komave. Også en del af de let omsættelige kulhydrater når igennem. Når det, der begynder som levende græs, ender i en varm kokasse på marken, er der derfor sket en kæmpe ekspansion af markens økologiske rum. Der er stadig masser af plantefibre i kokassen, hvilket man kan iagttage, når den tørrer ud. Men en frisk kokasse indeholder tillige en stor mængde ekstremt næringsrig tarmsaft. En tarmsaft, der er så meget krudt i, at kokasser kun overgås af ådsler – rent kød og fedt – når det kommer til indholdet af værdifulde næringsstoffer som proteiner og fedtsyrer.

Det giver sig selv, at en så overvældende

mængde let tilgængelige næringsstoffer tiltrækker nogle helt andre dyr end friske grønne planter eller blomster. Når en frisklagt kokasse ligger på marken, går der sjældent mere end nogle få sekunder, før gødningsfluer indfinder sig for at lægge æg, og i løbet af få minutter er de første møgkærer landet. Deres larver lever af gødningsfluernes larver – en fødekæde er allerede etableret.

Sideløbende med invasionen af møgbiller og gødningsfluer gennemvokses kokassen af svampe fra alle hjørner af svamperiget – blækhatte, priksvampe, møgbægre og boldkastere sætter endda synlige frugtlegemer.

Svampene bidrager stærkt til kokassens omsætning. Efter en dags tid indeholder kokasserne snesevis af insektarter, der lyder eksotiske navne som nakkehornet møggraver, lakrød møgbille, glansrovbille, månepletet møgkær, gulvinget flue og mange flere – enten i form af voksne dyr, der bare er på jagt, eller i form af larver.

Hvis man er heldig, og kokassen ligger på den helt rigtige sydvestvendte skrænt, og køerne aldrig har været behandlet med de ormemidler, som hæmmer insektlarverne, kan man endog møde eksklusive arter som humlerovbille, stor møggraver og månetorbist, som er adelen blandt møgdyr.

Normalt går vi og vender kokasser for at finde møgdyrene, men da vi i det store Biowide-projekt skulle undersøge muligheder over hele landet, måtte vi vælge en mere simpel løsning: Vi lavede lortefelder. En gul spand graves ned, så den flugter med jordoverfladen. I bunden af spanden hældes vi sulfovand. Oven på spanden anbringes et trådnæt, og oven på trådnettet anbringes en standard-kokasse på 200 gram. Møgdyrene lander på kassen, graver sig igennem den og falder ned i sulfovandet, hvor vi så kan opsamle dem og tælle dem i laboratoriet. Skyggemøgbille 4, skovmøgbille 81, hedemøgbille 34, trehornet skarnbasse 39, skovskarnbasse 1670, nogle almindelige, andre sjældne. Konklusionen er, at lort er et gilde med mange gæster. Og der bliver spist op. Heldigvis.



De sidste månetorbister i Danmark lever af Samsø solbagte kokasser.
FOTO: MORTEN D.D. HANSEN

Serie. I vores udforskning af livets økologiske rum hen over sommeren er vi i denne uge nået til træer. De høje, standhaftige kæmper er kraftcentre i naturen, og jo ældre, jo bedre.

Skovens gavmilde oldinge

AF JACOB HEILMANN-CLAUSEN
Biolog
Center for Makroøkologi
Københavns Universitet

Træer er forbloffende skabninger. Med en højde på 30-40 meter eller mere er de planteverdens gigant. Som grønne generatorer omdanner de sollys, vand og kuldioxid til energiholdigt kulstof i et omfang, der må gøre enhver kemiingeniør grøn af misundelse. Og de er ikke nærige. Hvert år taber de døde grene, visne blade og nåle, som er gulf for skovbundens myriader af nedbrydere, ikke mindst svampe, orme, insekter og andre smådyr. Samtidig transporterer de en betydelig del af deres produktion ned til rødderne, som belønning til de talrige mykorrhizasvampe, der hjælper dem med at optage vand og næringsstoffer. Mykorrhizasvampene omdanner kulstoffet til delikatesser som trøfler, kantareller og karljohansvampe, og videre i fødekæden til svampemyg, skovsnegle og gnavnere.

Andre svampe lever skjult i træernes grønne dele, som såkaldte endofytter. Det er en meget artsrig svampegruppe, der findes hos alle planter. En del af dem veksler et kulstoffiskud fra deres værter til en beskyttelse mod skadesvampe og bladædende insekter, mens andre simpelthen venter på løvfald, hvor de er de første til at nedbryde de nyfaldne blade. Ud over deres symbiotiske svampe giver træerne kulstof til en lang række ubudne organismer, ikke mindst planteædende smådyr, som galmyg, malere og bladlus, for slet ikke at tale om bogfinker, skovskader og mus, som mæsker sig i bog, agern og nødder.

NÅR der indvander træer, hvor der ingen var i forvejen, udvides det økologiske rum dramatisk. Samlivet med andre organismer starter allerede, mens træet er en fremspirende kimplante, men gavmildheden stiger med træets alder. De mest rummelige træer er de aldrende oldinge, såkaldte veterantræer, med hulheder, grov bark og råddenskab. Gradvist giver de slip på al den kulstof, de gennem et langt liv har sparet op i stammer og grene.

Mens det sunde træ byder på blade, stammer og rødder, byder det gamle svækkede

træ på langt flere muligheder. Store hulheder, hvor svampe og insekter gennem mange årtier har gennemsøgt det faste ved til en grynet masse af træsmuld, er levested for særligt mange insekter og svampe, som indgår i komplicerede samfund. Svampene er de primære nedbrydere, som via særlige enzymer nedbryder vedets cellulose til simple sukkerstoffer, som de kan optage og omdanne til kitin.

Svampenes kitin og det svampeinficerede ved danner dernæst fødegrundlag for svampespisende insekter, som igen ædes af rovinsekter, typisk store biller eller parasitter, blandt andet snylteheps.

FØR det moderne skovbrug blev indført, var hultræernes svampe og insekter almindelige, for skovene var rige på gamle hule træer. Med de sidste to århundreders fokus på forstlig produktion er disse aldeles unyttige veterantræer erstattet med ranke og sunde tommertreer, der fældes i deres biologiske ungdom. Som resultat er spektakulære biller som guldbasser, træbukke og eghjorte stort set forsvundet fra vores skove.

Også en lang række mere uanselige skabninger har vinket farvel til veterantræernes gavmildhed. Det gælder mosser og laver, der meget nøjsomt lever af sollys, regnvand og de næringsstoffer, som vandet optager, mens det siver ned langs en gammel træstamme.

Og det gælder stankelben, som yngler i vandfyldte træhuller, fedtporesvampe, der langsomt udhuler gamle træer, og svirrefluer, der suger træsæft fra væskende sår. Sådanne veterantræer repræsenterer en meget målbar udvidelse af det økologiske rum i en skov, en park eller et græsningslandskab i kraft af de mange forskellige kulstofkilder, det byder på.

Træernes gavmildhed er en væsentlig grund til, at skovene er vores mest artsrige naturtype, men træerne behøver ikke stå i tæt skov. Hvis der er blomsterrige lysninger omkring de gamle træer, så kan træerne overleve endnu længere som oldinge, og sommerfugle, svirrefluer og træbukke kan nyde godt af blomsterne nektar.



Et veteranbøgetræ fra Møns Klinteskov.
FOTO: JACOB HEILMANN-CLAUSEN

Økorum. Vi slutter serien af med at se på, hvor meget det betyder, om jorden er kalkrig eller sur. Det er en vigtig variation i den danske natur.

Fattig og sur eller rig og forkalket

af RASMUS EJRNÆS

Biolog, Institut for Bioscience
Aarhus Universitet

Tiden går ikke lige hurtigt ude i naturen. Jeg mærkede det første gang under feltarbejde på græslandsbakkerne i Odsherred som ung specialstuderende i biologi. Når jeg glemte en blyant på Orhøjes sure græsland midt mellem en tue af bølget bunke og en nedbidt tormentil, kunne jeg til min glæde genfinde blyanten to måneder senere, nøjagtig hvor jeg havde lagt den i maj.

Havde jeg nu i stedet tabt blyanten i kalkgræsland på Ordrup Næs, ville myrerne have begravet den for evigt i en frodighed af kamgræs, hundegræs, hjertegræs, knopurter, lav tidsel, markkrageklo, krybende potentil, almindelig brunelle, due-skabiose, tveskægget ærenpris, lancet-vejbred, pimpinelle, røllike og mange flere.

Der sker hele tiden noget i kalkgræsland, mens tiden står stille i surgræsland. Det handler om jordens surhedsgrad eller pH. Jordens pH falder i takt med, at planterne optager jordens næringsstoffer og bytter dem ud med brintioner. Jorden bliver også sur, hvor nedbøren har udvasket kalk og andre basiske ioner til de dybere jordlag. Udvasning og forsurening følges ad, og processen går særligt hurtigt på sandjord. En lav pH finder man ud over i surgræsland også i heder, klitheder, fattigkær og højmoser. Sådanne sure steder vokser der dværgbuske som hedelyng, klokkeklyng, mosebølle, blåbær, tyttebær og revling. Det er ekstremt nøjsomme planter, som kan tolerere de giftige ioner i den sure jord: aluminium, mangan, ammonium med flere.

Ved lav pH går den biologiske aktivitet i jorden næsten i stå. Jordbundsdyrene bliver færre, og det døde plantemateriale ophobes i stedet for at blive omsat af bakterier og svampe og derpå indgå i kredsløbet igen.

I de kalkrige naturtyper indeholder jorden små mængder af alt det, planter skal bruge, og de døde planterester nedbrydes i en ruf, så mineralerne recirkuleres. Ved et meget højt kalkindhold får planterne dog problemer med at få adgang til fosfor,

ligesom det kan hæmme jernoptaget. Det ses for eksempel på Møn, hvor træerne bliver forkroblede i væksten med gulgrønne, »klorotiske«, blade.

Alligevel er kalk et rigt substrat, når det gælder biodiversitet, og det er der en grund til. Efter sidste istid indvandrede arterne til Danmark fra syd og øst. Planterne kom fra refugier i tørre steppeagtige landskaber, hvor udvaskningen er så lille, at jordbunden sjældent forsures. Derfor har kun få planter udviklet evnen til at tolerere en sur og udvasket jordbund, mens mange arter kan trives på mere kalkrige jorde. Noget tilsvarende ses hos svampe og dyr.

SAMMENHÆNGEN mellem klima og pH har sat et sjovt aftryk i planternes danske udbredelse. I Storebæltsregionen – Odsherred, Fyns Hoved, Samsø og Mols – finder man en håndfuld kalkelskende plantearter på relativt næringsfattig sandbund uden kalk. Det tørre storebæltsklima modvirker udvasning og forsurening, så planterne kan klare sig uden kalk i jorden. Det er arter som knoldet mjødurt, nikkende limurt, lav tidsel, gylden silkemoss og blodrød storkenæb. I virkeligheden elsker disse planter ikke kalk – de tåler bare ikke forsurening.

Selv for hedernes typiske planter kan jorden blive for sur. Så forsvinder guldblomme, blåbær, tyttebær, djævelsbid, kattefod og mælkeurt og efterlader ensformige strækninger med hedelyng, blåtop og bølget bunke. Selvom forsureningen er aftaget som følge af mere effektiv rensning af røgen fra kraftværkerne, kan man stadig se mange heder, hvor de spændende planter skal findes langs grusvejene, hvor tilførsel af kalkrigt vejstøv modvirker forsurening, eller på oldgamle opgivne marker i heden, som blev tilført mergel, dengang de blev dyrket.

Selvom kalken giver flere arter, skal vi naturligvis ikke bare fare bevidstløst ud og kalke alle de sure moser, klitter og heder. Hvor skulle tranebær, klokkeklyng, blåbær, guldblomme og de mange forskellige arter af tørvemos så vokse henne? Variationen fra sur til kalkrig er en vigtig dimension i den danske naturs økologiske rum.



Hedelyng og tuekogeleaks. FOTO: RASMUS EJRNÆS

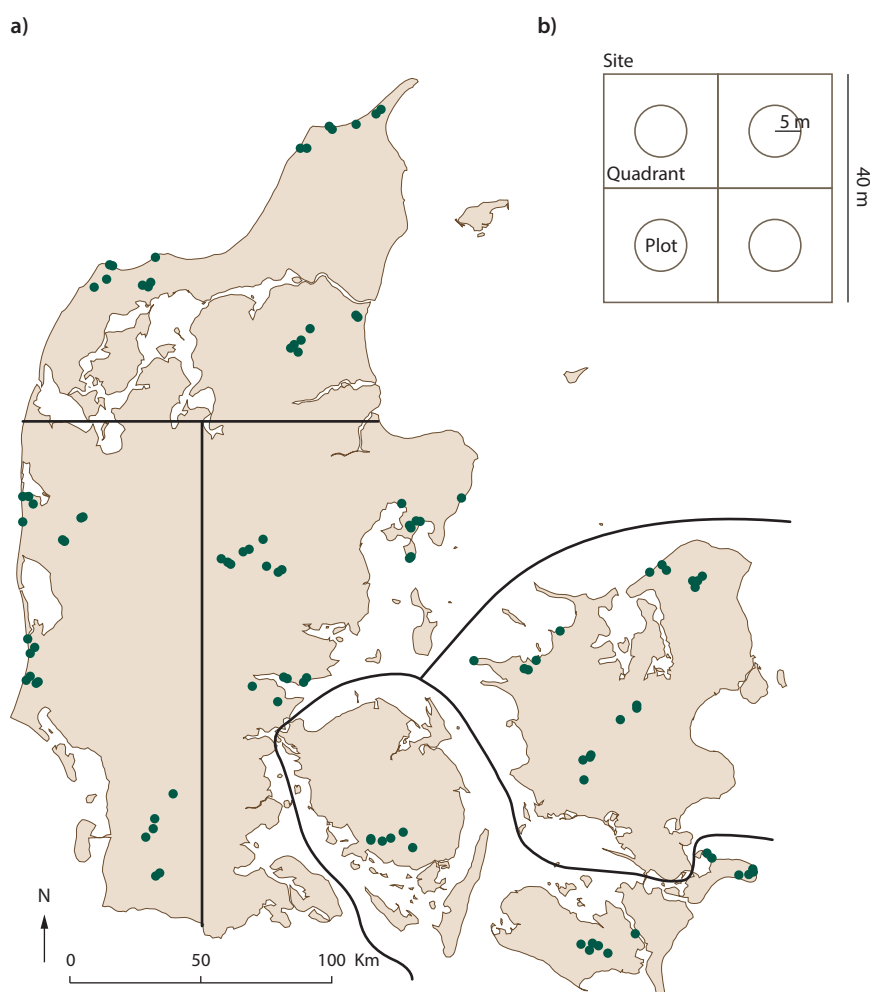


KORTLÆGNING AF BIODIVERSITET

DANMARKS HIDTIL DYBESTE BIODIVER- SITETSKORTLÆGNING

Toke T. Høye & Rasmus Ejrnæs

I 2014 gik vi i gang med at kortlægge Danmarks biodiversitet i dybden. I forrige kapitel kunne man læse om forskningsidéen om økologisk rum, og i de kommende artikler kan man læse om hvordan vi har grebet opgaven an og fundet og bestemt de mange forskellige planter, dyr og svampe samt den genetiske diversitet i jordbunden.

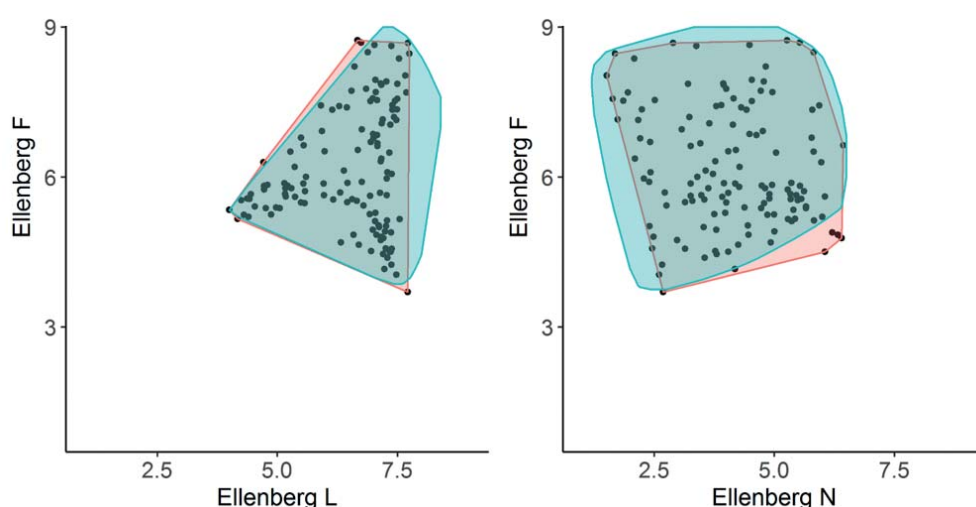


Figur 1. Placeringen af 130 prøveflader fordelt på fem regioner af Danmark (a). Indsat figur (b) viser den enkelte prøveflade som er 40×40 meter og opdelt i fire kvadranter inden for hvilke der er foregået mere detaljeret prøvetagning, bl.a. plantelister fra 4 cirkler med 5 m radius.

Vi kunne selvfølgelig ikke undersøge alle områder i hele Danmark, så vores første udfordring var at vælge et design for udlægning af prøveflader. Her valgte vi at stratificere prøvefladerne efter de vigtigste miljøgradienter og geografien ved at sikre at alle strata var repræsenteret i alle landsdele. De vigtigste miljøforhold på landjorden er jordbunds fugtigheden, næringsstofftilgængeligheden, vegetationsudviklingen og kultiveringsgraden. Vi afsatte 90 prøveflader så vi kunne placere 18 forskellige kombinationer af fugtighed (tør, fugtig, våd), næring (næringsrig, næringsfattig) og vegetation (åben, sluttet/krat, skov) i hver af de fem geografiske regioner af Danmark, som vi arbejdede i (se Figur 1). Desuden afsatte vi 30 prøveflader til at repræsentere det kultiverede landskab med 15 prøveflader i landbrugsarealer (dyrkede marker, græsmarker og brakmarker) og 15 prøveflader i plantager (bøg, eg og rødgran). Igen placerede vi en af hver af de seks strata i hver af de fem regioner. Endelig afsatte vi 10 prøveflader til at dække lokaliteter, som opfattes som de mest artsrige på tværs af organismegrupper i Danmark. Vi inviterede naturinteresserede til at komme med forslag til lokaliteter og stemme om forslagene. Af praktiske hensyn blev de endelige områder valgt, så to af disse potentielle 'hotspots' blev placeret i hver af de fem regioner, som vi i projektet opdelte Danmark i.

Vore analyser af data tyder på, at vi er lykkedes godt med at dække den økologiske variation i levevilkårene (se Figur 2), idet den variation vi dækker omfatter den samme variation som er dækket i et referencedatasæt for Danmarks natur med > 59.000 vegetationsanalyser. Vore analyser viser også, at vi har fundet en stor del af Danmarks arter i projektet med mellem 20% og 80% af de kendte arter inden for så forskellige organismegrupper som storsvampe, karplanter, mosser, løbebiller og snegle (Tabel 1).

Brunbjerg, A.K., Bruun, H.H., Brøndum, L., Classen, A.T., Fog, K., Frøslev, T.G., Goldberg, I., Hansen, M.D.D., Høye, T.T., Læssøe, T., Newman, G.S., Skipper, L., Søchting, U. & Ejrnæs, R. (2017). A systematic survey of regional multitaxon biodiversity: evaluating strategies and coverage. *bioRxiv*, 158030.



Figur 2. 95 percentile convex hull polygoner af Ellenberg F (fugtighed), L (lys) og N (kvælstof) værdier fra referencedatasættet (www.naturdata.dk) af lysåbne naturtyper og skove (blå, n= 59 227) i sammenligning med datasættet fra Biowide (rød, n=130). Sorte prikker angiver Ellenberg værdier fra de 130 Biowide lokaliteter.

Tabel 1. Antal fundne arter for hver taksonomisk gruppe i naturlige habitater (n=90), hotspots (n=10), plantager (n=15), landbrugsarealer (n=15) og samlet for alle 130 prøveflader. Antallet af arter fundet i det pågældende stratum er angivet for hver artsgruppe i parentes. Desuden er der opgjort hvor mange arter for hver gruppe der i forvejen er kendt fra Danmark (ifølge www.alle.arter.dk). Endelig er det opgjort hvor stor en andel af det totale antal kendte arter, som blev fundet i Biowide, samt hvor mange nye arter for Danmark der er fundet i Biowideprojektet.

	Naturlig	Hotspots	Landbrugs-areal	Plantage	Total	Kendt fra DK	Andel i Biowide	Nye arter (DK)
Antal prøveflader	90	10	15	15	130			
# Planter	601 (225)	330 (21)	192 (47)	131 (2)	719	2017	0.36	0
# Mosser	221 (106)	96 (11)	20 (3)	78 (4)	254	621	0.41	0
# Storsvampe	1550 (1013)	620 (134)	146 (19)	557 (131)	2040	3274	0.62	118
# Laver	183 (92)	76 (9)	19 (5)	58 (3)	202	1035	0.2	1
# Edderkopper	299 (95)	143 (6)	123 (3)	125 (12)	323	567	0.57	3
# Svirrefluer	87 (40)	31 (2)	42 (6)	20 (2)	97	296	0.33	0
# Snegle	79 (23)	43 (0)	19 (1)	40 (2)	82	100	0.82	0
# Løbebiller	104 (43)	33 (2)	51 (15)	35 (1)	122	336	0.36	0
# Galler og miner	169 (108)	48 (10)	19(6)	41 (16)	203	968	0.21	11

BioWide. Vi har kravlet gennem alle prøveflader for at indsamle vækster på jord, grene, stammer og møg fra græssende dyr, og såvel kravlende som flyvende insekter er blevet fanget i sindrige fælder. Ny serie om sjældne eller hidtil ukendte arter i Danmark.

Danmarks vildeste naturforskning

FOTO: BIOWIDE



AF RASMUS EJRNÆS

*Biolog og projektleder
Aarhus Universitet*

Det kommer nok som en overraskelse for de fleste, men store dele af den danske natur er uopdaget. Vi har ganske vist udmærket styr på planter, fugle og pattedyr, men der findes konstant nye arter blandt for eksempel snyltehvepse, galmyg, pukkelfluer, huesvampe, rødblade og kroneskorpioner. Og det kræver vågne øjne at finde dem.

Med en dansk artsliste, der p.t. rummer 37.500 arter, er det som regel alt for krævendt at indsamle data om alle de arter, som findes ét sted. Så vi forskere må bide i det sure æble og nøjes med at studere fugle i det ene projekt, planter i det andet og løbebiller i det tredje. Vi får sjældent det fulde overblik over biodiversiteten og må ofte basere naturbeskyttelsen på kvalificerede gæt frem for sikker viden.

I projektet BioWide har en bevilling fra Villumfonden gjort det muligt for os at gå planken ud og skabe et hidtil uset overblik over Danmarks landbaserede biodiversitet. Det gør vi ved at undersøge 130 prøveflader på 40 gange 40 meter med meget stor grundighed. BioWide skal gøre os klogere på, hvordan biodiversiteten følger de forskelligartede levevilkår i naturen – både de levevilkår, som skyldes naturlig variation i fugtighed, jordbund og plantevækst, og de levevilkår, som skyldes menneskets udnyttelse og kultivering af naturen. Vi får også indblik i, hvordan de mange arter er afhængige af hinanden. Endelig vil vi undersøge, om fremtidens artslister kan

laves ved simpelthen blot at sende laboranter ud i naturen og tage jordprøver med hjem til dna-sekvensering, eller der stadigvæk er brug for træuede botanikere, zoologer og mykologer.

BioWide står for »biodiversity in width and depth« og er et samarbejde mellem forskere på Aarhus Universitet, Københavns Universitet og Naturhistorisk Museum i Aarhus. Projektet løber fra 2014 til 2017.

AT studere biodiversitet i bredden indebærer, at vi undersøger biodiversiteten i et bredt udvalg af naturområder, hvor vi virkelig får dækket naturens geografiske og økologiske variation. Dybden er repræsenteret ved, at vi undersøger både karplanter, mosser, laver, svampe og hvirvellose dyr, også dem der er svære at finde og sætte navn på.

Biodiversitet i dybden handler også om at indsamle jordprøver fra alle 130 prøveflader til efterfølgende ekstraktion og sekvensering af dna. Dyr, planter og svampe efterlader genetiske spor de steder, hvor de har levet, hvilket kan omsættes til lange artslister med de rette teknikker. I BioWide vil vi altså ikke stille os tilfredse med at tælle de arter, vi kan få øje på eller indfange; vi vil også eftersøge de arter, som er uden for vores sansers umiddelbare rækkevidde, fordi de lever skjult i jorden, gemt i træernes kroner eller indlejret som parasitter eller gavnlige samlevere (symbionter) i planter eller dyr.

Vi beskriver de 130 flader ved deres fysiske-kemiske grundvilkår – som fugtighed, temperatur og næringsstoffer – og den plantevækst, som har fået tid og fred til at udvikle sig på stedet. I naturtyper som klitter, moser og

naturskove har naturen selv fået lov at råde, mens mennesker andre steder har kultiveret jorden og erstattet naturlige plantesamfund med foretrukne afgrøder eller træarter.

Tilsammen kalder vi disse vilkår for »det økologiske rum«. I BioWide undersøger vi, om man kan forudsige biodiversiteten ud fra en grundig beskrivelse af det økologiske rum.

Provefladerne er spredt i Nordjylland, Østjylland, Vestjylland, Fyn-Lolland-Møn og Sjælland. I hver region har vi våde moser, fugtige enge og tørt græsland. Vi har næringsfattigt klitsand og kalkrig morænejord, og vi har både sparsomt bevoksede flader, flader med høje urter og krat samt gamle naturskove. Vi har prøvet at finde de forskellige livsvilkår repræsenteret på steder med et minimum af menneskelige indgreb i form af dræning, pløjning, såning, gødskning, udynding og hugst. For at kunne undersøge effekten af menneskers kultivering har vi dog også placeret 30 af fladerne i dyrkede marker og plantageskove.

I de enkelte prøveflader er temperaturen, fugtigheden og jordbundsforholdene blevet målt, ligesom vi har registreret planternes højde og biomasse og forekomsten af særlige levesteder som kampesten, myretuer, gødning fra græssende dyr, blomster og dødt ved. Og så er vi ellers gået i gang med en systematisk undersøgelse af biodiversiteten.

Vi har lavet lister over planter, mosser og laver. Vi har kravlet gennem alle prøveflader i både august og oktober for at indsamle svampe på jord, grene, stammer og møg fra græssende dyr. Vi har orkestreret to kampagner, hvor kravlende og flyvende insekter er blevet fanget i sindrige fælder. For at komme

i mål med at finde og identificere alle arterne har vi allieret os med dygtige amatører, som lægger frivilligt arbejde i projektet.

FRA projektets start har vi virkelig fået kam til vores hår. Danmark er et af verdens mest opdyrkede lande, så det er slet ikke nemt at finde så mange forskellige eksempler på uforstyrret dansk natur. Mange af de intakte naturområder består af ganske småle strimler på skrænter og langs vandområder, små bevoksninger, der har ligget fredet eller glemt i hundreder af år, eller små moser med fremvældende grundvand, hvor man ikke har fået afvandet området totalt.

Det var heller ingen lille opgave at få tilladelser i hus hos ejerne, selvom vi også blev mødt med nysgerrighed og gæstfrihed mange steder. Og så må lynet gerne ramme de heste og køer, som systematisk vælter vores træpæle, lige så snart de er slået i jorden!

Allerede fra første færd er vi dog blevet belønnet i rigt mål, nemlig i form af spændende opdagelser af arter, som vi ikke havde forventet at se. Nogle gange overraskende på grund af findestedet, andre gange overraskende, fordi arten ikke tidligere har været kendt for Danmark. Naturligvis spiller det ind, at mange prøveflader ligger i virkelig fine naturområder, men det har også stor betydning, at vi har haft muligheden for at foretage grundige indsamlinger i felten og få sorteret og efterbestemt det indsamlede materiale.

I de kommende uger vil vi præsentere et udvalg af de spændende arter, som lever i Danmark, men som de færreste har set før.

KARPLANTER OG MOSSE

Irina Goldberg & Hans Henrik Bruun

Vi har undersøgt plantelivet i alle 130 flader og vi har både set på levermosser, bladmosser, tørvemosser og karplanter (ulvefødder, padderokker, bregner, nåletræer og blomsterplanter). Basinventering blev gennemført af Irina Goldberg i fire 5 m-cirkler i hver flade. Supplerende registreringer foregik i et tæt samarbejde mellem professionelle botanikere og frivillige amatører. Både Dansk Botanisk Forening og Bryologkredsen blev inviteret til at deltage, og især mosforeningen blev dybt involveret i projektet.

Da alle prøveflader blev afmærket med pæle i terrænet, tænkte vi, at enhver interesseret naturentusiast kunne finde dem på egen hånd. Men det viste sig at være svært på mere utilgængelige steder: i krat og skov, og på stejle skrånninger. Desuden var kreaturer og heste så frække at vælte pælene, og andre steder blev de fjernet af naturgæster. Det hjalp at Bryologkredsen arrangerede et par feltlejre, hvor frivillige fulgtes ad under ledelse af Irina. Karplanterne blev helt overvejende undersøgt af projektets botanikere. Resultaterne er meget tilfredsstillende. Vi fandt 719 forskellige arter af karplanter, hvilket er godt halvdelen af Danmarks karplanteflora. Tilsvarende fandt vi 253 mosarter, hvilket udgør mellem en tredjedel og knap halvdelen af Danmarks mosflora.

Kigger vi på artsrigdom af karplanter var fladen på Høvblege på Høje Møn topscorer med hele 134 arter, skarpt forfulgt af Røsnæs Krat på Vestsjælland og Jydelejet, også på Høje Møn. Der er mange arter af karplanter i kalkgræsland med varmt mikroklima som i Storbæltområdet og kystegnene mod sydøst. Mosserne har andre præferencer: De mest artsrige steder er fugtige og halvskyggede, og med høj diversitet af mikrohabitater såsom knolde, tuer og blottede småskrænter i jordoverfladen, bark af levende vedplanter, dødt ved og kampesten. Våde krat domineret af pil scorer højest: Smuldmosen og Ejstrup Krat med hhv. 50 og 46 arter af mosser. Af de 10 mest artsrige prøveflader på mosfronten var 6 sumpskove og våde pilekrat.

Blandt artsrige prøveflader finder vi også en stribe rigkær fordelt mere spredt i landet, fx Vandplasken i Vendsyssel og Odderholm i Midtjylland. I den tunge ende finder vi dyrkede marker, hvor der sjældent er meget mere end en halv snes arter af karplanter og mosser tilsammen per prøveflade. For karplanterne er tætte granplantager meget artsfattige, men de kan til gengæld godt byde på mange mosser. Omvendt er brakmarker og knastørre habitater artsfattige for mosser, men har ofte pæn artsrigdom af karplanter.

Både de artsrige og de usædvanlige habitattyper gav store botaniske oplevelser. For eksempel var det helt uventet, at liden sækmos dukkede op på Helm Hede i Sønderjylland. Det er andet fund i Danmark siden 1949 og det eneste i nyere tid. Vinget nerveløs i en pilemose ved vestenden af Thorsø, gulknoldet bryum i en tørvlavning i Midtjylland, stjerne-dværgtråd og koralrod i et meget vådt krat ved Tømmerby Fjord i Hanherred er eksempler på sjældne arter, som ikke var kendt fra disse lokaliteter før. Men det var ikke mindre fedt at se dværg-småmos og horndrager i Jydelejet, bakke-fnokurt i Kællingdal ved Hanstholm, blomstersiv i Toggerup Tørvemose i Gribskov, trekløft-alant og ager-kohvede i Røsnæs Krat, vellugtende skabiose på Diesbjerg, glinsende kærmos, stor skorpionsmos, dværg-ulvefod, mygblomst og pukkellæbe i Vandplasken, åben etagemos og spinkel tæppemos i en ellesump i Høstemark Skov, samt blød seglmos, stiv seglmos, salep-gø-

geurt og baltisk ensian på Eskebjerg Vesterlyng. Også selvom disse arters bestande på de pågældende lokaliteter jo var kendt i forvejen. Riggkæret i klitlavningen ved Uggerby Strand var så smækfyldt med eng-troldurt og sump-hullæbe at man dårligt vidste hvor man skulle sætte fødderne. Det selvgroede krat på Regan Vest-bunkeren i Himmerland viste sig at bestå af mere end tyve forskellige arter af vedplanter, inklusive pebertræ, vrietorn og alm berberis. Og så bakke-star i tilgift. Og så bliver man jo bare glad af at komme så mange steder med knap så sjældne, men alligevel dopamin-udløsende arter som hjertegræs, klokke-ensian, klit-siv, kambregne og rundbladet soldug.

Projektets hovedbotaniker på vej til 065 Tørvefladen, juli 2014. Foto: Eva Grøndahl.



Bryologkredsen undersøger mosser i 031 Ejstrup Eng, oktober 2014. Foto: Nikolaj H. Correll.



UGENS USÆDVANLIGE – WEEKENDAVISEN

Weekendavisen

Ideeer

15 10. april 2015 13

UGENS USÆDVANLIGE ART : **Koralrod**

AF ANE KIRSTINE BRUNBJERG
Botaniker, BioWide-projektet

I stort set alle danske hjem kan man finde en vindueskarm med en overdådigt blomstrende orkidé. De fine og ofte farverige blomster leder tankerne hen på ferie i de varme lande. Orkidéerne i vindueskarmen er ganske sikkert fremavlet i et gartneri og måske købt i Ikea for en flad tyver!

Da vi i starten af juni 2014 nåede til BioWide-prøvefladen ved Tømmerby fjord i Thy, var det næsten som at komme til de varme lande.

Midt i en lille skovsump i dyndet mellem tørvemusser stod et væld af

små grønne stilke på cirka 15 centimeter med fine grønhvide blomster. En vaskeægte dansk orkidé: Koralrod.

Ligesom de andre cirka 35 arter af orkidéer, der vokser vildt i Danmark, er koralroden fredet. Den findes på omkring 20 lokaliteter rundt om i landet, men sammenlignet med de mere velkendte gøgeurter er den så lille og uanselig, at den let overses.

Artens videnskabelige navn er *Coralorhiza trifida*, hvilket direkte oversat betyder tredelt koralrod.

»Koralrod« henviser til, at rødderne forgrener sig som en koral. Koralrod har faktisk ikke egentlige rødder, men mere noget i retning af forgre-

nede jordstængler. Jordstænglerne er forbundet med medlemmer af frynsvampfamilien, som via deres hyfer transporterer næring til orkidéen. Næringen stammer formodentlig primært fra svampenes andet samliv, nemlig med nærtstående træer, eksempelvis birk, som leverer fotosynteseprodukter til frynsvampen.

Koralroden snylter på dette samliv ved at stjæle frynsvampens sukkerstoffer. Da der i stænglen hos koralrod er grønkorn, kan den også lave fotosyntese, og sådanne specielle planter har den fine betegnelse partielle myko-heterotrofer. En anden dansk orkidé, rederod, mangler helt grønkorn og er altså



FOTO: THOMAS LÆSSØE

helt myko-heterotrof. Den får alt sit sukkerstof fra en svamp, og så vidt vides uden modydeler.

Så næste gang, De står ved vin-

dueskarmen og drømmer Dem til de varme lande, så smut en tur i den nærmeste mose eller skovsump og kig efter den lille koralrod.

12 # 21 22. maj 2015

Ideeer

Weekendavisen

UGENS USÆDVANLIGE : **Gulknoldet bryum**

AF IRINA GOLDBERG
Bryolog (mos-ekspert), BioWide-projektet

GÅR man tur i skoven om foråret, kan man se puder af brunfiltet stjernemos, *Mnium hornum*, hvor en skov af unge, lysegrønne, stilkede sporehuse stikker op over mospuderne. Selv om denne art har hun- og hanplanter hver for sig, vokser disse tæt på hinanden, så der dannes ofte sporer.

Næsten halvdelen af de danske mosarter danner aldrig sporer. Måske er de sterile, men det kan også skyldes, at planter af de to køn ikke vokser samme sted.

Nogle af dem har til gengæld udviklet ynglegemmer, der dannes på bladene eller stænglen, og små knolde, som vokser på

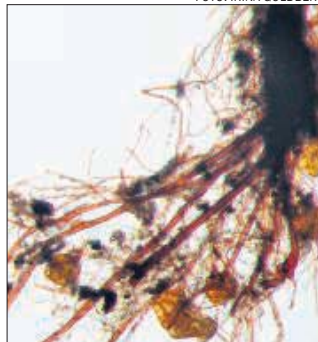
rhizoiderne. Rhizoider er rod-lignende tråde, som hjælper mosset med at hænge fast i underlaget.

Slægten *Bryum* er specialister i at lave rhizoidknolde. De ligner grangiveligt kartoffelplanter med knolde – en *miniature*, for mosserne er kun op til en centimeter høje. Korrekt bestemmelse afhænger af knoldenes farve og størrelse, så det kræver et mikroskop.

Hos de fleste arter er rhizoidknoldene rødbrune, hos nogle er de violette, og kun én dansk art, gulknoldet bryum, *Bryum tenuisetum*, har store, gule knolde.

Ved Sepstrup Sande sydvest for Silkeborg ligger en BioWide-flade i en tørvelavning med sparsomt plantedække af liden ulvefod, liden soldug, brun og hvid næbfrø. Jorden er

FOTO: IRINA GOLDBERG



sandet og præget af vinteroversvømmelser og krondyrs trampen, så det er et krævende sted at være plante. Her fandt vi den fjerde danske bestand af gulknoldet bryum.

Arten blev først kendt i Danmark i 1978, hvor den blev fundet på Læssø. Året efter dukkede den op på Thyholm – i begge tilfælde voksede den på fugtig, sandet jord. Ifølge engelske eksperter stammer det første fund fra 1863, i nærheden af Ribe.

Små mosser uden sporehuse blive let overset, og vores viden om dem er derfor mangelfuld.

De fire kendte danske voksesteder fortæller, at gulknoldet bryum knytter sig til åben jord i fugtige lavninger på heder og i klitter, og man bør kunne finde den flere steder i landet.

07 13. februar 2015 13

VINGET NERVELØS

FOTO: HANS ØLLGAARD


Af IRINA GOLDBERG
Bryolog (mos-ekspert)

I den mørke vintertid er der ikke meget grønt at se på derude i naturen. De fleste urter er visne, og træerne står uden blade. Mosserne drager dog fordel af det fugtige vinterhalvår uden skyggende nabo-planter og danner levende grønne tæpper på træstammerne, i skovbunden og i moserne. I meget våde områder med kildevæld kan man finde særlig mange arter af mosser, også nogle meget sjældne.

En af dem er vinget nerveløs, *Aneura maxima*, som vi fandt i en BioWide-prøveflade i et næsten uforekommeligt pilekrat med kildevæld ved Jønsbo nær Silkeborg.

Den hører til en gruppe mosser med meget specielt udseende. I modsætning til andre planter har de hverken stængel eller blade, men består udelukkende af et fladt grønt løv. Genetiske undersøgelser viser, at disse planter ikke har meget med de ægte mosser at gøre. De hører til levermosserne, som er en særskilt udviklingsgren fra de første landplanter.

Vinget nerveløs har hun- og hanplanter hver for sig, og spredningen sker ved hjælp af sporer, som dannes i sporehuse, som er langstilkede. Sporehuse er dog ikke observeret i Danmark, så man ved ikke, hvordan arten spredt sig fra sted til sted.

Alle arterne i nerveløsfamilien lever i en usædvanlig symbiose. Inde i deres løv vokser hyfetråde af basidiesvampe, som er af samme type som hos orkideerne.

Vinget nerveløs blev for første gang erkendt i Danmark i år 2000. Ved en senere gennemgang af herbariet på Statens Naturhistoriske Museum har man konstateret, at det ældste fund var blevet gjort allerede i 1963, dog i første omgang ikke identificeret korrekt. Dengang tænkte ingen nemlig på, at *Aneura maxima* – en sydøstasiatisk art, som var beskrevet fra Java i slutningen af 1800-tallet – kunne forekomme i et europæisk land.

Vores BioWide-fund er det femte i Danmark, og arten er også opdaget andre steder i Skandinavien, Belgien og Nordamerika.

Men er det virkelig den samme art, der forekommer så spredt på kloden? Det må fremtidige genetiske undersøgelser belyse.



KORREKTUR: FLEMMING GERTZ

16 17. april 2015 13

UGENS USÆDVANLIGE :

FOTO: ERIK DYLMER



Blank seglmos

Af DAGMAR KAPPEL ANDERSEN
Botaniker, BioWide-projektet

DANSKERE har et ambivalent forhold til mosser – de er uvelkomne i græsplænen, men vi elsker dem i juledekorationen. Mos er i øvrigt ikke bare mos. Går man en tur i skoven, på heden, i engen eller mosen og samler lidt mos op, vil man sandsynligvis opdage, at der er andet i buketterne end Plæne-kransmos, som er den dominerende art i de fleste gamle græsplæner. Faktisk findes der omtrent 650 arter af mosser i Danmark.

Mosser bliver ikke ret høje, for de mangler karplanternes styrkevæv, rødder og ledningsvæv til at transportere vand og næringsstoffer rundt i planten. I stedet optager mosserne vand og næringsstoffer over hele overfladen, hvilket gør dem ekstremt påvirkelige over for ændringer i det helt nære miljø.

Mange mosser er tilpasset ganske specielle miljøforhold. Det gælder blandt andet for de arter, der

findes i rigkær; en mosetype, der dannes, hvor grundvandet strømmer op nær overfladen i rigelige mængder. Grundvandet bevirker, at rigkær er ret basiske og næringsfattige, og naturtypen rummer en stor diversitet af små planter med mange sjældne arter.

Blank seglmos (*Hamatocaulis vernicosus*) tilhører de mere usædvanlige mosser, der er eksklusivt knyttet til rigkær, og forskning har vist, at arten kun kan klare sig i konkurrencen med andre planter, når der er stærk mangel på næring. Blank seglmos kendes på de stærkt krummede blade og på skudspidsen, der er formet som en bispestav. Desuden giver de mørke violette bladfæster skudspidsen et stribet præg.

Vi fandt blank seglmos i BioWide-fladen Odderholm i Midtjylland. For få år siden var blank seglmos næsten ukendt i Danmark, men så kom den på EU's Habitatdirektiv som en særlig ansvarsart. Det betød, at mange lærte arten at kende, og der gik sport i at finde den. Selvom blank seglmos kendes fra en snes lokaliteter, er det en sjælden mosart med et truet levested, og den er tilsyneladende helt forsvundet fra Sjælland.

SVAMPENE I BIOWIDE

Thomas Læssøe

Svampelivet i de 130 prøveflader er blevet belyst på to måder. Her skal der berettes om feltinventeringer af frugtlegeremdannende svampe, mens undersøgelsen af jordbundens svampeliv via DNA-sekvenser er omtalt andetsteds. Biowide-projektet fulgte lige efter et femårigt atlasprojekt, hvor der hvert år blev registreret ca. 50 nye svampearter for landet. Det var derfor forventeligt at også Biowide-projektet ville bidrage med nye svampearter, men omfanget skulle vise sig at være overraskende stort.

Hver prøveflade blev undersøgt i mere eller mindre kravlende position i ca. 3×2 timer, fordelt ud over sensommer-efterårssæsonen med to besøg i 2014 og et i 2015. En lille håndrive blev brugt til at skille vegetationen ad, så også dybt siddende frugtlegeremer kunne lokaliseres – en meget effektiv metode, der gav mange spændende fund. Under tegnede besøgte alle lokaliteter oftest i selskab med en frivillig, der hjalp med at skrive noter og også med at lokalisere svampene. Kritiske arter blev ofte medtaget til yderligere studier eller i nogen tilfælde blot gemt i et spritrør. En lille prøve af alle arter blev ved de to første besøg gemt i et fælles spritrør (et pr prøveflade) til senere sekvensering. Jeg blev indkvarteret hos de frivillige sammen med det medbragte mikroskop, tørreapparat m.v. og de mørke timer blev brugt til at efterbestemme så mange som muligt af dagens fund. Resten blev gemt og tørret til senere efterbestemmelse.

På grund af det kolossale antal svampearter blev nogle grupper ikke registreret i felten, men lamelsvampe, rørhatte, poresvampe, køllesvampe, barksvampe, bugsvampe, større bævresvampe, alle større skivesvampe, bægersvampe og stromatiske kernesvampe blev medtaget. Blandt ikke medtagne kan nævnes små skivesvampe, tyksæksvampe og ikke stromatiske kernesvampe – tre store grupper, der ville have slugt alt for megen tid i den begrænsede periode, der var til rådighed. De planteparasitiske meldug, sækdug og rust- og brandsvampe blev heller ikke medtaget.

Den megen kravlen og arbejdet de sene nattetimer bag mikroskopet førte til mere end 10.000 svampfund, der fordelte sig på 1.774 forskellige svampearter. Yderligere besøg af frivillige i prøvefladerne gav en betydelig forøgelse af fund og arter, inklusive en række for landet nye arter.

De mest artsrige prøveflader skal ikke mindst søges blandt de våde, tilgroede, typisk pilledominerede moser, fx Ejstrup Krat, Tømmerby Fjord, Smuldmosen og Ellemosen. Regan Vest er karakteriseret ved forekomst af rigtig mange arter af vedplanter og viste sig også at have rigtig mange svampearter. Løgnor, med gamle ege og bøge, var også en topscorer, hvad angår arter. Nogen af de vådeste lokaliteter var så våde, at der kun kunne findes svampe i en begrænset del af prøvefladen, men stadig med imponerende artsdiversitet. Her kan nævnes Vandplasken og Houstrup Strand. Også meget tørre lokaliteter gav mange fine fund, ikke mindst Høvblege, Jydelejet, Glatved Strand og Røsnæs Krat, selvom nogle af de tre besøg stort set intet gav. Melby Hede og de to prøveflader på Eskebjerg Vesterlyng havde også en meget spændende funga, og selv et stykke banal nåleplantage i Tisvilde Hegn gav nye arter for landet. Buderupholm var som ventet spændende, men det bedste besøg var uden for runden, hvor der bl.a. blev fundet en ny hjortetrøffel for landet ved hjælp af norsk-italiensk trøffelhund. Som ventet var prøveflader med rotationsdyrkning de dårligste, selvom en enkelt flade gav et par spændende fund.

Nogen af de mest registrerede og vidt udbredte arter inkluderer orange mosnavlehat, rødmelet, hvidmelet, blankstokket og kvist-huesvamp, grenet stødsvamp, rød amethysthat, skæv melhat og tøndersvamp.

Baseret på et konservativt skøn, blev der registreret 93 nye arter for landet, inklusive arter fundet af frivillige uden for de tre officielle besøg, men fraregnet arter uden officielle navne, og dem var der mange af. Mange af de nye arter falder i kategorierne "meget uanseelig" eller "meget vanskelig at bestemme". Der var dog også mange undtagelser, fx grynet kam-fluesvamp, der blev fundet som ny i Danmarks bedst undersøgte region – Nordøstsjælland (Birkemose, Strødam Reservatet) og kvalmende rødmelet, der udsendte sin kvalmende lugt på Kællingdal-skrænten i Thy. Den superflotte safir-rødmelet blev fundet i Tisvilde Hegn, men det viste sig, at der lå ældre fejlbestemte fund (fra 2012), så helt ny var den ikke. Slægten røghat er et kapitel for sig selv. Før Biowide var der kendt tre danske arter fordelt på tre fund, men efter de tre inventeringsrunder syv arter med 10 nye fund. En af arterne er formodentlig kun kendt fra Holland og nu Blåvandshuk. En tilsvarende historie kunne fortælles om blækhat, her blot med mange flere arter i spil. Tømmerby-prøvefladen imponerede med mange fine fund og fx også den for landet nye løvegul melet, der godt nok blev fundet udenfor den officielle runde, i øvrigt sammen med den spektakulære grenet fladhat. Råbjerg Kirke kunne på baggrund af de mange hestepærer fremvise store mængder af stor priksvamp, der kun er kendt på denne egn, men også på samme substrat den for landet nye slimægget nøgenhat. Flere af de meget tørre og kalkrige prøveflader husede mange overraskelser, fx den for Danmark nye mørkpuklet huesvamp, der blev fundet i hele fire prøveflader, Glatved, Tyskertårnet, Røsnæs Krat og Høvblege. Sjovt nok er samme art i samme periode registreret som ny i Norge og Sverige.

Der blev også fundet helt nye arter, altså arter der ikke havde eller har et videnskabeligt navn. En af disse blev beskrevet som mjødur-læderskål (*Maireina filipendula*) på basis af et fund i Bimosen ved Sorø og et næsten samtidigt svensk fund. Karl-Henrik Larsson, verdens førende kapacitet indenfor barksvampe, har hjulpet med bestemmelse af vanskelige indsamlinger og adskillige (4-5 stykker) er kategoriserede som formodet ubeskrevne, bl.a. en art på gammel kogedning fra tørre steder. Også blandt køllesvampe i bred forstand var der en stribe indsamlinger med så afvigende karakterer, at de indtil videre må anses for ubeskrevne arter. Det drejer sig om ca. 4 arter.

Det var ikke bare de nye arter der imponerede. Det var også meget flot at se store og små forekomster af anishat, pilfinger, labyrint-citrushinde, violetkødet melet, rosallilla og grøngul rødmelet, rønnerød, abrikos-, tøvmos- og naturskovs-huesvamp, safrangul pragtporesvamp, stor filthat, orangebrun troldhat, nøgen parasolhat, knaldrød, daddelbrun og kromgul vokshat, tørve-skælhat, tørve-flammehat, bregne-hængeskål, nedløbende fnugfod, violet og sodgrå køllesvamp, mørksporet skivebold, grøn farvetunge, glatporet dughat, ege-kulbær, stor priksvamp osv. Mange af disse arter er rødlistede.

Der var også meget uventede forekomster af brunmuldsdannende svampe ude i det åbne land, fx den meget sjældne pigget hussvamp i en sivtue i Busemarke Mose og den ligeså sjældne tensporet tømmersvamp på Melby Hede, på Høvblege, Diesbjerg og Skamlebæk. Hvad disse svampe laver i disse miljøer burde undersøges nærmere. Næsten de samme steder, bare i mere forstyrrede prøveflader, fx Busemarke Mose, Busemarke Sø, Hegnede Bakke, Hejrede Sø og Røsnæs, blev der fundet en art af citrushinde, der indtil videre nøgler ud i *Lindtneria panphyliensis*, der burde være en skovtilknyttet art.

Den meget specielle edderkoppe-snyltekekølle nåede lige at blive dansk med et fund fra d. 6/8 2014 ved Mariager Fjord. D. 12/8 havde vi den så ved Rands Fjord og siden i Ejstrup Eng i Vestjylland og også uden for de officielle runder i Langemosen på Djursland.

Knoldet stødsvamp, en international sjældenhed, var ikke set i Danmark siden 1864, men fandtes i en meget smuk forekomst under en stor enebærbusk i Helligkilde-prøvefladen på Djursland.

De lavdannende svampe blev undersøgt ved en selvstændig inventering anført af Vagn Alstrup, som desværre ikke er hos os mere, Ulrik Søchting og Roar Poulsen. De fik selskab af en lille dedikeret gruppe af frivillige likenologer. Her blev både inventeret laver på jord, sten, bark og ved. Der blev fundet i alt 200 forskellige arter af laver, med flest arter i de våde pilemoser, tørre overdrev med vedplanter og kampesten samt lavrige klitter. Næringsrige eller meget våde steder uden store sten og vedplanter havde typisk ingen laver overhovedet. Dette gjaldt eksempelvis marker og visse tidvist oversvømmede enge og moser.

Biowide har givet meget stor indsigt i forekomsten af rigtig mange svampearter, hvilket fx har bevirket at kvaliteten af rødlistearbejdet med svampene er blevet forbedret markant. Kravleriet som metode ved inventering af prøveflader har vist sig som et vigtigt supplement til den generelle inventering der foretages i forbindelse med svampeatlas-aktiviteter. Mange tilsyneladende trivielle lokaliteter er i Biowide-sammenhæng blevet undersøgt i detaljen, men er for det meste helt forbigået i svampeatlas-sammenhæng. Den værdifulde funga i de gamle pilekrat var allerede erkendt i Svampeatlas, faktisk allerede fra den første atlaslejr ved Fosdalen, men efter Biowide fremstår denne erkendelse krysstklar.

Mykologisk feltarbejde ved Sletterhage. Foto: Jens H. Petersen.



UGENS USÆDVANLIGE – WEEKENDAVISEN

Weekendavisen

Ideer

11 13. marts 2015 5

UGENS USÆDVANLIGE ART: Kul-hjortetroffel

Af THOMAS LÆSSØE
Mykolog, Biowide-projektet

DER findes mange trofeler i Danmark, men kun et par stykker kan siges at have kulinarisk interesse. Arterne kan deles mellem de ægte trofeler tilhørende søkssvampene og så basidietrofelerne. Blandt søkssvampene finder man hjortetrofelfamilien, hvis arter op til nyere tid har været forhandlet som et fertilitetsmiddel for kvæg.

Hjortetrofeler bliver ved modenhed pulveragtige indvendigt i modsætning til alle andre danske trofeler. De opdaget ofte via deres parasitter, nogle store snyltekøller, der skyder op over jorden fra de underjordiske trofeler.

Hjortetrofeler danner som de fleste trofeler mykorrhiza (svamperod), hvor svampens hyfer (svampetråde, der suger næring) omspinder træernes fine rødder med en kappe.

Svampens sporer er gemt væk inde i trofelen under jorden, så trofelerne er alle tilpasset spredning via dyr. De udsender karakteristiske lugte, der er uimodståelige for mange pattedyr, fra mus og opefter.

I Biowide-fladen Buderupholm i Rold Skov havde vi fint besøg af et norsk par, trofelfhunden Lello – en hanhund af racen *Lagotto romagnolo* – og hundeføreren og mykologen Anne Molia. Der gik ikke mange sekunder, før Lello gravede som en besat, og op kom nogle små sorte kugler, som vi straks kunne bestem-

FOTO: THOMAS LÆSSØE



me til hjortetrofelen *Elaphomyces anthracinus*. Vi vidste også, at denne art ikke tidligere er registreret i Danmark. Lello gravede videre, og op kom endnu en ny troffel her i landet – en basidietroffel i slægten knoldtroffel, *Hymenogaster citrinus*.

Der har været en del danskere med troffelnæser, blandt andet den kendte politiker og rektor på Københavns Universitet Morten Lange, men det er uhyre svært at slå en hundesnæse. I vore nabo-lande anses specielt de sorte arter af hjortetrofeler for vældig gode indikatorer for bevaringsværdig natur, og der findes sågar hele plejeplaner for bevarelse af nogle af dem.

Trofeler har aldrig været eftersøgt systematisk med hund i Danmark, og der ligger derfor mange gemte skatte i vore skove.

Weekendavisen

Ideer

12 20. marts 2015 5

UGENS USÆDVANLIGE ART : Rosenrød vokshat

Af RASMUS EJRNÆS
Biolog, Biowide-projektet

VOKSHATTENE er en oplagt svampegruppe at kaste sig over, når man er klar til at tage springet fra spisesvampe til naturhistorisk opdagelse. For det første er gruppen overskuelig med omkring 50 kendte danske arter, for det andet rummer vokshattene nogle af de mest kulørte svampe i vores natur, fra gult og orange til knaldrødt, sart rosa og irgrønt.

For en svampenord på ekspedition efter vokshatte må det mest



FOTO: JENS H. PETERSEN

eftertragtede bytte være rosenrød vokshat, *Porpolomopsis calyptriformis*, der er angivet som akut truet på den danske rødliste. Den er uhyre sjælden, men samtidig let at kende på sin sart lyserøde og højt tilspidsede nissehue. Svampen er skrøbelig og falder fra hinanden for et godt ord. Den er kendt fra fire danske lokaliteter, men siden 2001 er den kun fundet på et overdrev ved Vejle og i BioWide-fladen Elbjerg i Mols Bjerge, hvor den havde et godt år i 2014.

Vokshattene findes i græsland, ofte sammen med jordtunger, kølle-

svampe og rødblade. Almindelige arter som kegle-vokshat og snehvid vokshat kan af og til ses i gamle mosrige plæner, men artsrige samfund finder man kun i græsland, som aldrig har været gødsket og pløjet, og hvor dyr har græsset i umindelige tider. Vokshattene er derfor indikatorer for en god naturtilstand. Vokshatte kan ikke dyrkes, og deres levevis er endnu uopklaret, men meget tyder på, at de lever i symbiose med urter. Mange arter kan kendes på deres særlige kombination af lugt, farve, form og overflade. Nogle rødmer el-

ler sortner ved berøring, nogle lugter af svømmehal, og deres overflader kan være tørre, klæbrige eller decideret slimede. I tørt vejr må man trylle kysseproven, hvor fugtede læber kan afsløre, om vokshatten er klæbrig.

Ruslæder-vokshat har den mest vidunderlige duft, en duft man i dag kan møde i byrummet i form af parfumen Molecule 01. Producenten lovpriser duften for en antydning af behagelige og fløjlsbløde trænoter. Det er ikke helt skævt, men den er altså planket fra en vokshat.

Weekendavisen

Ideer

05 30. januar 2015 13

EDDERKOP-SNYLTEKØLLE

Af THOMAS LÆSSØE

DER findes visse svampe, der har opnået næsten mytisk status på grund af en illustration i et af de klassiske værker. Sådant en svamp er *Torrubiella albolanata*, som blev beskrevet af Petch i 1944 og afbildet på smukkeste vis af R.W.G. Dennis i *British Ascomycetes* fra 1986.

Edderkop-snyltekølle er en søkssvamp, der dræber fem-seks millimeter lange edderkopper. Oven på den dræbte edderkop danner svampen efter en tid en hvid pude, hvori sporebeholderne er indlejret. Hernede ligger søkkene, hvor sporerne dannes, og ved modenhed rager sporebeholdernes rørmundinger tydeligt op over det hvide vatagtige væv. Herfra løses sporerne, klar til at inficere og dræbe svampens næste offer.

Svampen er beslægtet med den mere almindelige, orangefarvede puppe-snyltekølle, som man kan finde både i skov og på åben mark, hvor køllen hæfter til en begravet sommerfuglepuppe eller larve, som svampen har dræbt.

Arten har stået på ønskelisten hos undertegnede siden 1980'erne, men det blev Erik Arnfred Thomsen som fandt den først, et sumptet sted i Villestrup Ådal i første uge af august 2014. Sort uheld, for allerede ugen efter dukkede edderkop-snyltekøllen op i en BioWide-flade i en tagørssump ved Rands Fjord. Nok er svampen lille, men der blev råbt meget højt! Sandelig om den ikke også blev fundet i en flade i Hoveddal Plantage i en våd pilemos. I alle tilfælde sad de dræbte edderkopper på græsstrå, blandt andet Tagrør, i ret lav højde over jorden – altså meget

FOTO: JENS H. PETERSEN



fugtigt. Spørgsmålet er nu, om vi bare har lært at finde arten, eller om det usædvanlige vejr

har fået snylte-køllen til at danne frugtlegermer netop i 2014?

Arten blev beskrevet fra England, og der ligger 136 fund i den engelske database, hvoraf langt de fleste blev samlet sumpede steder af E.A. Ellis i 1940'erne og -50'erne. Der foreligger kun enkelte helt nylige fund – ingen i hverken den hollandske eller svenske database. Mykologer opsøger kun sjældent sumpe, og dette kan være medvirkende til, at *Torrubiella* lever så upåagtet et liv.

I stor forstørrelse kan man se edderkop-snyltekøllens pudeagtige væv med de lysegule rørmundinger, hvorfra sporesækkene afgiver deres last af modne sporer – klar til at inficere friske edderkopper! Frigivne sporer kan ses til højre på puden.

NYE ARTER : Egetunge

Af JACOB HEILMANN-CLAUSEN

Mykolog

EGETUNGE, *Buglossaporus quercinus*, er en velkendt og meget karakteristisk svamp. Alligevel har kun få set den, for den er yderst sjælden. Egetunge er en poresvamp der lever på meget gamle egetræer, hvor dens flødefarvede til lysebrune frugtleger »rækker tunge« i højsommeren. Den lever af at nedbryde dødt ved, men den er afhængig af at etablere sig i gamle træer, mens de endnu er levende. Egetunge er en svamp, der



kun kan klare sig under meget specielle forhold. Ellers nedkæmpes den af mere konkurrencesterke svampe. Udover sit forspring i det endnu levende træ er egetunge specialist i at vokse i egetræets garvesyreimpregnerede kerneved. Samtidig trives den ved høje temperaturer, som typisk findes i dødt, solesponeret ved. Svampen danner et såkaldt kerneråd i stammens centrum, hvilket er med til at skabe hule egetræer, som er enestående levesteder for truede arter af biller såsom smældere, torbister og træbukke. Billelarverne lever blandt

andet af at fordøje svampehyferne i egesmullet.

Der er næppe tvivl om, at egetunge var mere almindelig i Danmark i gamle dage, hvor landskabet var rigt på gamle solbeskinnede egetræer. Nu findes den kun stabilt i Jægersborg Dyrehave, Suserup Skov og ved Løgnor på Lolland. De to sidste steder blev den fundet inden for BioWide-fladerne i sommeren 2014, og ved Løgnor voksede den sammen med den endnu sjældnere egespecialist, safrangul fedtporesvamp. Sammen med de lidt hyppigere arter,

egespejlporesvamp, oksetunge og tueporesvamp, udgør de egeskovens Big Five, som enhver svampenør glædes over at finde. Ligesom savannens næsehorn og elefanter er de fremragende, men truede historiefortællere. Deres tilstedeværelse vidner om århundreders kontinuitet i forekomsten af gamle egetræer, som engang har vokset lysåbent i et græsningslandskab. De er truede, ikke af (svampe)jagt, men fordi vore skove er blevet skyggefulde og fattige på gamle træer under de sidste 200 års skovdrift.

Weekendavisen

Ideer

20 13. maj 2015 13

UGENS USÆDVANLIGE : Randstøvet skållav

Af ULRIK SØCHTING

Likenolog i BioWide-projektet

På bunden af lufrthavet lever en mængde forskellige organismer. De sidder på alle mulige overflader og lever af den smule næring, de kan få fra støv og regn. Vi slår dem ihjel, når de breder sig på tage og stendiger, og kalder dem gerne flisepest.

Det kan være mosser og alger, men sejest er laverne. Det er superorganismer, symbioser mellem svampe og alger, der i kombination kan tåle næsten alt. Mellem trådene i svampens mycelium lever de grønne algeceller, hvis fotosyntese ernærer både dem selv og den algedyrkende svamp. Man har kaldt det

slavehold, men den slags ord bruger vi jo ikke om hverken gartner eller landmand.

Laver er vekselfugtige. Ved udtørring går de i dvale, men lever straks op, når luften bliver fugtig. De tåler ekstrem kulde, varme, tørke og næringsmangel, men de er ikke forberedt på forurenet luft. Svovldioxid var en svøbe for laverne i 1900-tallet; i dag lider mange arter under ammoniakdunsten fra gyllen.

Der kendes over 1000 lav-arter fra Danmark. Mange er sjældne, og cirka 100 er ikke fundet i nyere tid. En af dem er randstøvet skållav (*Punctelia jecqueri*), en temmelig stor blågrå bladlav, som blev fundet på pilegrenene i BioWide-fladen Nissum. Det er en sydlig art, som har fire kendte voksesteder i Norge

FOTO: ULRIK SØCHTING



og Sverige, og herhjemme kun var kendt fra Aarhus, Viborg og Sorø. Randstøvet skållav bærer utvivlsomt vidnesbyrd om, at de senere års varmere klima flytter udbredelsesgrænser nordpå. Tilsvarende har vi eksempler på at laver, hvis sydgrænser går gennem Danmark, langsomt forsvinder.

Partnerskabet svamp og alge har en lang fælles evolution bag sig; de passer perfekt til hinanden og til deres ekstreme levesteder. Laver, der kan gro på en sten i årevis, undertiden i tusinder af år, og som kan tåle at tilbringe uger i det ydre rum på en satellit fra det Europæiske Rumagentur, og efter hjemkomsten genvinder livet ved at få en sjat vand, fortjener vores respekt – ikke algerens!

UGENS USÆDVANLIGE : Året mosskål

Af THOMAS LÆSSØE

Mykolog, Biowide-projektet

INTET er for småt eller ufordøjeligt til at blive nedbrudt af svampe. Selv de fineste sporehusstik på bladmosser huser specielle, meget specialiserede svampe, der i sagens natur producerer nogle meget små frugtleger, helt ned til under 50 µm (0,05 mm). Sammenlignet med karplanter er mosser kendt for at være ringe fødeemner for små og store dyr, selv hedens rendyr laver synes at være bedre føde. Det afskræker dog ikke svampene, for der er formodentlig mere end tusind svampearter, der er direkte tilknyttet mosser. Selv om det er sæksvampene,

der dominerer, finder vi en hel række bladhatte (lamelsvampe), der udelukkende lever på mere eller mindre levende blad-, tørve- eller levermosser. De to mest velkendte hedder henholdsvis orange mosnavlehat (*Rickenella fibula*) og finstokket mosnavlehat (*R. suartzii*). Disse små mosnavlehatte kan man finde snart sagt alle steder, ikke mindst i gamle plæner – så længe der er mosser. Slægten mosskål (*Rimbachia*) er noget mere kryptisk, idet mosskålene har skilt sig af med stokken og til dels også lamellerne, og den lille hvide hat er omvendt skålløst. Der findes tre danske arter i slægten. Almindelig mosskål er, som navnet antyder, ret almindelig, mens kilde-mosskål kun er kendt fra et enkelt fund.

Ved Gram i Sønderjylland ligger der en ellemose udlagt som Biowide-flade, og der stødt vi på den tredje art, året mosskål, for første gang i Danmark. Den har i modsætning til de to andre arter en slags lameller (årer) på undersiden – der hvor sporene dannes. Året mosskål er kendt fra landene hele vejen rundt om Danmark, så den var en længe ventet tilføjelse til den danske checkliste. Mosskålen var i godt selskab, for lige omkring den groede andre eksotiske svampe såsom kantet huesvamp (*Mycena picta*) og bolasporet snyltekolle (*Cordyceps bifusispora*). Huesvampen sad på den mosbegrøede bark af en ellestamme og snyltekolle på en forpuppet sommerfugl – svampe er opfindsomme væsener.

FOTO: JENS H. PETERSEN



UGENS USÆDVANLIGE : **Tresporet blækhat****Af THOMAS LÆSSØE***Mykolog, Biowide-projektet*

BLÆKHATTE og Parykhatte er karakteriseret ved deres næsten sorte sporer og ved at lamellerne flyder hen ved modenhed, så der drypper »blæk« fra hattene. Den mest velkendte art, stor parykhat, *Coprinus comatus*, tidligere kaldet paryk-blækhat, er en almindelig gæst i græsplæner, og kan endda spises som ung. Almindelig blækhat, *Coprinopsis atramentarius*, er derimod berygtet for sine antabuslignende indholdsstoffer, så den skal man holde sig fra.

På møddinger og gødningsklatter i alle størrelser fra mosegris og opefter, findes der en række små til mellemstore blækhatte, der kan være meget smukke, men ofte volder en del bestemmelsesproblemer på grund af deres forgængelige natur. Det gælder om at plukke dem knap modne – de modner på turen hjem – og se at få dem tørret i en fart. Ellers forsvinder det karakteristiske trådede eller kornede slør som dækker de unge blækhatte.

En af de mere særprægede hedder tresporet blækhat, *Coprinopsis trispora*, og den var hidtil kun kendt fra hestelort fra Paderup Mose ved Randers. Nu er den også kendt fra to BioWide-flader: Sepstrup Sande og Houstrup Strand på henholdsvis ko- og hestegødning. Udover at have tre-sporede basidier (mod normalt to eller fire) har den lille grå sag en meget kraftig latrinær lugt ligesom flere af



dens nærmeste slægtninge. Hatoverfladen er fint gråpudret ligesom stokken.

Gødning fra planteædere er et vigtigt levested. Så snart kokassen eller hestepæren er lagt, starter en fascinerende succession, hvor forskellige svampe og larver på skift nedbryder gødningens bestanddele og forvandler sig til biller, fluer og paddehatte.

Hvis man er eventyrlysten, så anbring en frisk hestepære eller kokasse på et tykt lag køkkenrulle på en tallerken og dæk den med en glasskål. Ved at holde papiret fugtigt kan man over de næste par uger opleve en fascinerende succession af svampe fra alle grene af svamperiget. Mange arter vil i processen skyde mørke sporer ud på glasskålen.

HVIRVELLØSE DYR

Morten DD Hansen

I Biowide har vi fokuseret på de hvirvelløse dyr, da prøvefladernes størrelse ikke egner sig til at tælle fugle og pattedyr. Det er også smådyrene som tegner sig for hovedparten af biodiversiteten. Over 20.500 af Danmarks godt 37.000 kendte arter er leddyr, og heraf er næsten 18.000 insekter. Leddyrfaunaen på en enkelt hektar dansk natur omfatter mange tusinde arter; således har en stædig amatør med hjælp fra et utal af specialister registreret mere end 2000 forskellige arter af leddyr i sin have ved Silkeborg. Og der udestår måske stadig dobbelt så mange arter! En totalkortlægning af en leddyrsfauna – og læg dertil fx snegle og ledorme – på en lokalitet kræver derfor mange års feltarbejde, mange års arbejde i laboratoriet, og der vil stadig være arter, som ingen kan sætte navn på. Alene i det svenske artsprojekt har man konstateret mere end 1000 nye arter for Sverige, heraf mange nye for videnskaben!

Hvad skulle vi så stille op i Biowide-projektets 130 prøveflader, når projektets resurser begrænsede indsamlingsindsatsen? Vi valgte at fokusere på velkendte indsamlingsmetoder, som erfaringsmæssigt giver gode og sammenlignelige resultater i løbet af ganske få prøvetagninger. I midten af hver prøveflade blev der opstillet en såkaldt malaisefælde, som et et telt, der indfanger flyvende dyr. Til fangst af bestøvende insekter blev der op ad malaisefælden opstillet to gule fangbakker med fangvæske, i hjørnerne af prøvefladen blev der opsat fire faldfælder, som populært sagt er en spand, som overfladeaktive dyr falder ned i. Endelig blev der opsat lokkefælder med gødning og kød, ligesom projektet blev rundet af med en grundig inventering af landsneglefaunaen, ketsjning og bankning i vegetationen for at indfange insekter knyttet til vegetationen samt inventering af galler og miner ved målrettet eftersøgning. Ydermere blev der indsamlet jordprøver til uddrivning for jordbundssdyr.

To indsamlingsrunder i 2014 med malaisefælder, gule bakker og faldfælder resulterede i 780 prøver, der i enkelte tilfælde indeholdt over tusinde dyr. Dette materiale blev grovsorteret til orden (biller, årevingede, tovinger, edderkopper) og i visse tilfælde endda yderligere finsorteret, så specialister og frivillige kunne få netop den slags prøver, som de ønskede. I løbet af et år brugte biologistuderende i alt mange tusinde timer på dette

Foto: Morten D.D. Hansen





Foto: Morten D.D. Hansen

møjsommelige arbejde, og der var liv i laboratoriet hver efter. Det blev til tusindvis af prøver, nærmere betegnet 6200, alle møjsommeligt etiketteret og for en dels vedkommende gemt til senere undersøgelser, fordi der ikke var tid til artsbestemmelse i projektperioden.

Af overfladeaktive dyregrupper blev bl.a. edderkopper, mejere og løbebiller færdigbestemt, hvilket ligeledes gjaldt bestøvere

som bier og svirrefluer. Snudebiller, smældere, cikader og græshopper repræsenterede den plantecædende fauna. Af jordbundsdyr blev alle springhaler artsbestemt. For disse grupper blev Musse Mose på Lolland en suveræn vinder, idet der i alt blev identificeret 257 arter, men også Jydelejet, Helligkilde og Glatved på Mols nåede over 200 arter. Ser man på de rødlistede arter, er de fleste truede arter fundet på Tyskertårnet, Rye Sønderkov, Odderholm, Urfuglebakken, Helm Hede, Eskebjerg Enghave, Røsnæs Krat, Letmose, Tørvefladen, Mossø, Høvblege, Melby Hede og Kokkærvand. Der er ingen overraskelser i denne liste; de sjældne arter er kort og godt fundet på lokaliteter, som i forvejen har en høj naturkvalitet: Lokaliteter, der er beliggende i områder med masser af naturområder i det omkringliggende landskab, og som udmærker sig ved kontinuitet og naturlige processer.

Artsrigdommen af galledannende og minerende insekter omfatter primært galmyg, galhvepse, minerfluer, dværgmøl, styltemøl og galmider. Denne funktionelle gruppe er ret snævert knyttet til artsrigdommen af planter, dog med mange flere arter på træer end på urter. Galmyggene er en meget artsrig tovingefamilie, som er ganske dårligt kendt i hele verden, Danmark inklusive. Undersøgelsen af Biowide-fladerne førte til at 11 nye arter blev erkendt som danske. På Ulvshale blev fundet en art, som ret sikkert er ny for videnskaben. Desuden betød undersøgelsen væsentlig øget viden om arternes udbredelse. For galmyggene alene har vi bidraget med 265 nye distriktsfund, d.v.s. vi har fundet mange arter som nye for Fyn, Vestjylland o.s.v.



Listen over nye danske arter omfatter galmyggene *astragelstængelgalmyg*, *Contarinia acetosellae*, *Dasineura fructum*, *Dasineura harrisoni*, *Mayetiola festucae*, *Mayetiola ventricola*, *Contarinia sorbi*, *Contarinia polygonati*, *Contarinia rhamni*, *Geocrypta rostriformis*, *Oligotrophus gemmarum*, cikaderne *Edwardsiana ishidai*, *Eurhadina saageri*, *Laodelphax striatellus*, *Neoliturus fenestratus*, *Planaphrodes nigrita*, *Ophiola cornicula* og *Florodelphax paryphasma*, viftevingen *Halictophagus curtisi*, edderkopperne *Syedra gracilis*, *Mermessus trilobatus* og *Theridion pinastri*, springhalerne *Folsomia inoculata*, *F. kuznetsovae*, *F. penicula*, *Karlstejnina rusekiana*, *Marisotoma canaliculata*, *Mesaphorura jarmilae*, *Coecobrya tenebricosa*, snyltefluen *Istocheta longicornis* samt snyltehvepsen *Marietta picta*.

Snyltefluen *Istocheta longicornis* blev fundet i en malaisefælde på Diesbjerg og identificeret af biologistuderende Monica Oyre, som i løbet af Biowide har udviklet sig til en af landets førende flueeksperter. Ikke nok med, at arten var ny for Danmark, den er sjælden i hele Europa. Den lever som endoparasit i larver af sankthansoldenborren. Edderkoppen *Mermessus trilobatus* er under spredning fra Tyskland, hvortil den blev indslæbt i 1980'erne fra Nordamerika. I Biowide blev den fundet på adskillige sjællandske lokaliteter.

Endelig må nævnes de sensationelle fund af den rødlistede løbebille lille guldløber på Eskebjerg Enghave og Ulvshale. Faunaen af løbebiller er historisk set ganske velundersøgt i Danmark, og arten har ikke været truffet øst for Storebælt siden 1947. Eftersom de store løbebiller har et ekstremt dårligt spredningspotentiale, må fundene være tegn på reliktbestande, som har overlevet fragmentering og ødelæggelse af habitater. En god nyhed i en ellers endeløs strøm af dårlige nyheder om insekter! Også sneglene udmærkede sig med flere spektakulære fund. I Røsnæs Krat fandtes bjergvindelsnegl, som ikke er set i Danmark siden 1959, og kubesnegl, der er sjælden i hele Europa, blev fundet på fem lokaliteter og var ligefrem talrig i gammelskoven i Knagerne ved Silkeborg.

I samlingerne på Naturhistorisk Museum gemmer sig stadig hundredtusinder af dyr fra Biowide-materialet. De er klar til at blive kigget på, hvis nogen har lyst. Laboratoriet står åbent!

UGENS USÆDVANLIGE – WEEKENDAVISEN

12 # 13 27. marts 2015

Ideer

Weekendavisen

UGENS USÆDVANLIGE ART : **Myntesnudebille****AF HANS HENRIK BRUUN**
Botaniker, BioWide-projektet

DE fleste mennesker kender lugten af mynte og forbinder den med noget godt. Men forestil Dem aldrig at få andet at spise end råkost med smag af tandpasta. Netop det er livets indhold for »myntesnudebiller« *Apion vicinum*. Den lever ikke af andet end mynte, endda kun af arten vand-mynte, som er en almindelig vild dansk plante i Danmark, der findes på fugtige voksesteder.

Mens snudebiller er larve, bor den inde i en lille ægformet opsvulmning i skudspidsen af vand-mynte – en galle, som ses på fotoet. Trykt afsondret i sin lille »tyggegummiboble«,

æder larven af planten indefra. På et tidspunkt forpupper larven sig og kommer til sidst ud som en voksen snudebille, som skal parre sig og – hvis den er en hun – lægge æg på nye mynteplanter.

Arten er sjælden i Danmark – hvorfor vides ikke, når nu dens eneste værtsplante er ganske almindelig. Vi fandt den i BioWide-fladen i Kaldred-kæret ved Saltbæk Vig. På billedet er gallen skåret op, så man kan se den lille larve, komplet med øjne, ben, vinger og en lang billesnude inde under larvehuden.

Det, som får mynte til at lugte så kraftigt, er stoffer af gruppen monoterpener – især menthofuran, som kemisk er tæt på menthol. Beslægtede planter som timian, salvie,

oregano og sar har andre aromatiske monoterpener, som hver især giver disse planter deres specielle duft.

Myntens indholdstoffer er lidt særlige derved, at de aktiverer kuldefølelserne i vores slimhinder og giver den velkendte Vicks Blue-effekt. Det giver også et hint om, hvad vand-mynte og dens slægtninge skal med disse kemiske stoffer, nemlig beskyttelse mod at blive spist. Dette forsvar virker også udmærket mod kaniner og mosegrise, som helst undgår at sætte tænderne i myntebladene. Derved er der blevet en tom niche – en ressource man kan have helt for sig selv. Det er det »myntesnudebiller« har udnyttet – nu æder den aldrig andet.

FOTO: HANS HENRIK BRUUN



LAYOUT: BENTE BRUUN

Weekendavisen

Ideer

10 6. marts 2015 13

UGENS USÆDVANLIGE ART: **Nordlig fugleedderkop****AF MORTEN D.D. HANSEN**
Biolog, BioWide-projektet

MANGE edderkopper er uhyre svære at kende fra hinanden. Hovedparten af de 545 danske arter er små og sorte, og identifikation kræver en rigtig god lup, tålmodighed og en ven, man kan ringe til. Det gælder dog ikke nordlig fugleedderkop, *Atypus affinis*, som er gået i fælden i Biowide-fladen på Enebærbacken i Midtjylland. Den er ret let at kende.

Fugleedderkopper kendes generelt på, at giftkrogene er store – de udgør op til en tredjedel af

kropslængden – og bevæger sig parallelt med kroppens længderetning.

Atypus er cirka to centimeter lang og har et brunviolet skær. Selv om bestanden lokalt kan andrage 15-20 dyr pr. kvadratmeter, ser man kun sjældent selve dyret. Den tilbringer nemlig hele sit liv i bunden af et sokformet rør af silkespind. Røret kan strække sig 40 centimeter ned i jorden.

Når et byttedyr som en bænkbidder eller en græshoppe rører den lillefinger-store, overjordiske del af sokken, spæner edderkoppen op og hakker giftkrogene i byttet. Det

gør nas at blive bidt af Atypus.

På grund af den skjulte levevis skulle vi helt frem til 1912, før arten blev erkendt som dansk. Det var lærer Nielsen, der fandt det første danske eksemplar ved Hareskov.

Efterfølgende blev den fundet på Bornholm, men efter 1928 forsvandt arten igen fra naturhistorikernes radar – formentlig fordi man havde mistet følingen med, hvordan edderkoppens sok ser ud.

I 1994 blev nordlig fugleedderkop imidlertid genfundet, og siden da er den fundet på cirka 30

FOTO: MORTEN D.D. HANSEN



lokaliteter spredt ud over landet, men specielt langs vore kyster og i Midtjylland. Arten bliver op til 10 år gammel og spredes meget dårligt, så den findes derfor kun på lyse og varme levesteder, som ikke har været benyttet til land- eller skovbrug.

Man kan spørge sig selv, hvorfor den nordlige fugleedderkop alligevel har formået at falde i en af Biowide-projektets nedgravede gule spande? Svaret er, at de parringslystne og langbenede hanner naturligvis må på vandring for at opsøge hunnernes spind.

Weekendavisen

Ideer

14 1. april 2015 5

UGENS USÆDVANLIGE ART : **»Påfuglehveps«****AF LARS SKIPPER**
Zoolog

MYMAR pulchellum er en lillebitte snyltehveps med en kropslængde på godt en millimeter. Den har ikke noget dansk navn – hvilket er helt typisk for de 3-4.000 kendte danske arter af snyltehvepse. Skulle arten have et dansk navn, ville et oplagt bud være påfuglehveps, da de bizarre vinger leder tanken hen på påfuglefljer. Den lille hveps blev fanget i BioWide-fladen Breddal i Sydvestjylland.

Så småt en millimeter ikke lyder af

meget, er den dog en ren kæmpe i forhold til nogle af de beslægtede arter i troperne. De mindste arter er blot 0,15 millimeter lange – mindre end et punktum i denne tekst – og de er ikke blot de mindste hvepse, man kender til, men også de mindste insekter. Denne størrelse nærmer sig den nedre mulige grænse for så komplekst et dyr. Det kræver en vis mængde celler, neuroner mv. at være et insekt.

Det er ikke alle danske snyltehvepse, der er små. Familien *Ichneumonidae*, der med cirka 1.600 danske arter er den artsrigeste familie

af insekter, rummer store arter på flere centimeters længde og i flotte farver.

På engelsk kaldes *Mymar pulchellum* for *fairfly* – feflue. Det kan lyde meget romantisk, men der er ikke tale om den gode fe. Arten er nemlig, som de øvrige cirka 35 danske arter i familien *Mymaridae*, ægparasitter – eller rettere parasitoider. Forskellen er, at sidstnævnte dræber deres ofre. Vi ved ikke, hvem *Mymar* parasite-rer, men cikader er et godt bud.

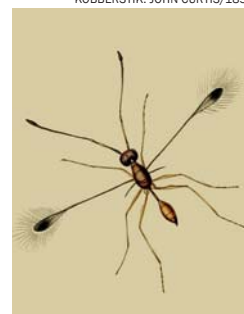
Man skulle måske ikke tro, at insekter med så tynde vinger kunne flyve, men det kan de. Og ikke nok

med det – de er også kendt for at kunne svømme under vand og bruge vingerne som årer!

Til trods for, eller måske nærmere på grund af, den lille størrelse har familien formået at kolonisere det meste af verden – fra nord til syd, øst til vest – og fra under vandoverfladen til højt oppe i luften, hvor den ringe størrelse bevirker, at de let bliver spredt med vinden.

Selvom snyltehvepsene rummer flere tusinde danske arter – mange med en meget spændende biologi – er der så godt som ingen i Danmark, der beskæftiger sig med dem.

KOBBERSTIK: JOHN CURTIS/1834



4 # 17 24. april 2015

Ideer

Weekendavisen

UGENS USÆDVANLIGE : **Kæmpebladskærerbi****AF MORTEN D.D. HANSEN**
Biolog i BioWide

NÅR talen falder på bier, tænker de fleste nok først på honningbier, som vi høster honning fra og bruger til bestøvning af afgrøder. Mange vil nok også komme i tanke om humlebier, som vi har en snes forskellige af. Men faktisk kender vi ikke færre end 285 arter af vilde bier fra Danmark. De fleste er såkaldt enlige bier, hvor en enkelt hun og en han er sammen om yngelplejen – altså uden honningbiernes familiegupper med én dronning og mange arbejdere.

Nogle bier er stadigvæk almindelige, men mange arter har mistet levesteder og er blevet

sjældne og kun lokalt udbredt. Det sidste gælder for kæmpebladskærerbier, som på latin lyder navnet *Megachile lagopoda*, hvilket kan oversættes til »stor overlæbe og harefødder«. Det med harefødder er meget rammende for hannen, hvis forfødder er kraftigt udvidede og behårede, formentlig for at holde fast på hunnen under parring.

Denne imponerende bi er i rigt mål gået i fælden i den sydvendte BioWide-flade Tyskertårnet på Djurslands sydligste dryrtrud. Kæmpebladskærerbi er meget varmekrævende og findes i Danmark udelukkende i Storebæltsregionen – en egn med et nedbørsfattigt og varmt klima.

Kæmpebladskærerbi tilhører familien af



bugsamlerbier, der samler pollen på den tæt-behårede bug fremfor – som andre bier – på lårene. Arten har en forkærlighed for pollen

fra stor knopurt, men kan til nød også bruge andre violette kurvblomster, for eksempel den kraftige horse-tidsel (billedet).

Hunnen udgraver enten selv sine underjordiske ynglegange eller bruger eksisterende hulrum. Her fører hun ynglecellerne med bladstykker, inden cellerne fyldes med næringsrige pollen til larverne. Hannen har travlt med at patruljere territoriet, og enhver indtrænger jages bort.

I Sverige er kæmpebladskærerbi gået kraftigt tilbage, men i Danmark opretholder arten tilsyneladende gode bestande på såvel Djursland som i Odsherred. Den kan iagttages fra midten af juni til slurningen af juli.

FOTO: MORTEN D.D. HANSEN

Weekendavisen

Ideer

04 23. januar 2015 5

ASTRAGELSTÆNGELGALMYG

AF HANS HENRIK BRUUN

I hver sit lille trange kammer inde i stænglen af planten sød astragel ligger små hvidlige larver af galmyggen *Dasineura astragalorum*. Ingen har før tænkt på et dansk navn til den, men vi kan jo kalde den »astragelstængelgalmyg«.

Larven udskiller spyt med enzymer i, og den suger den opløste plantesaft op – det er det, den lever og vokser af. Planten reagerer på larvernes spyt, ved at stænglen ud for hvert larvekammer svulmer op og får ru og barket hud. Ophovningerne sidder især lige under bladfæsterne. Sådan en misdannelse kaldes en galle.

For larven er gallen både logi, kost og

beskyttelse mod fjender. Galmyggenes familie er meget artsrig med tusindvis af arter i verden og flere hundrede i Danmark. Hver af dem er specialister i at æde en enkelt planteart, ja, faktisk kun en bestemt del af planten. Der findes således en anden, fjernt beslægtet art af galmyg, som omdanner sød astragels blomsterknopper til galler, og en tredje som gør noget lignende med bladene.

De små hvide larver af astragelstængelgalmyg bliver inde i stænglen hele vinteren. Så forpupper de sig og klækkes snart som voksne galmyg. De voksne tager ikke føde til sig og lever kun lige længe nok til at parre sig og lægge æg på stænglen af en ny astragel-plant. Astragelplanten tager næppe synderlig skade

af de små larver. De voksne galmyg er små, og arterne ligner hinanden meget. Gallerne, derimod, er ofte meget karakteristiske og afslører artens identitet.

Astragelstængelgalmyg blev fundet for første gang i Danmark (og i hele Nordeuropa) i BioWide-fladen i krattet på sydsiden af Røsnæs i august. Stedet har et meget tørt og varmt mikroklima – hvilket sikkert gavner myggen – og en for Danmark enestående flora og fauna. Den blev beskrevet som ny for videnskaben i 1909 i Lorraine i Frankrig og er siden kun fundet nogle få gange. Dens nærmeste forekomst er nær Berlin. Her er altså tale om en yderst sjælden og højt specialiseret art med en meget diskret livsførelse.



06 6. februar 2015 **5**

ENSIANBLÅFUGL

FOTO: OLE FOGH NIELSEN



Af LARS SKIPPER

Zoolog

KLOKKE-ENSIAN er en plante med store, klokkeformede, himmelblå blomster. Den er sjælden i Danmark og forekommer kun i jyske hedemoser, ofte sammen med klokkelyg, pors og benbræk. Bag sit attraktive ydre vidner blomsten om en særpræget historie. Nederst på blomsterne kan man af og til se nogle små kridhvide prikker. Det er æg af ensianblåfugl – en dagsommerfugl, hvis vinger ligesom værtsplanten er klart blå.

Ensiablåfugl, som har været i stor tilbagegang, lever kun i Jylland, især langs Vestkysten og på Læsø. Vi har fundet den i en hedemose i BioWide-fladen Ejstrup Mose i Hoverdal Plantage i Vestjylland. Hvor der lever ensianblåfugl, lever der også myrer. Normalt er myrer enhver sommerfuglelarves fjender, men ensianblåfuglen har vendt myrer af slægten *Myrmica* til sin fordel.

Straks æggene er klækket, gnaver de små larver sig ind i blomstens frugtknude. I et par uger guffer larverne løs af plantens umodne frø, hvorefter de lader sig falde til jorden. Der går sjældent lang tid, før sådan en nedfalden larve bliver fundet af aktive arbejdermyrer. Larverne er i stand til at udsende stoffer, som vækker myrernes 'omsorgsgen', idet de benytter de samme kemiske signalstoffer, som udskilles af myrernes egen yngel – som en gøgeunge, der narrer et kærangerpar til at fodre sig, selvom den har vippet sangernes egne unger ud af reden.

Uvidende om svindelen bærer myrerne 'deres' bortløbne unger hjem til det underjordiske bo. Her æder sommerfuglelarverne løs af myrernes æg og larver. Myrerne sætter så megen lid til deres lugtesans, at sommerfuglelarven kan æde uforstyrret. Inden længe er der kun sommerfuglelarver tilbage, og myrerne bruger nu al deres energi på at pleje disse. Efter overvintring forpupper larverne sig nede i myreboet. I midten af juli forlader den nyklækkede sommerfugl myreboet, klar til at fuldende cirklen.

En tilsvarende tilpasning ses hos sortpletet blåfugl, der efter voldsom tilbagegang nu kun findes på Høvblege på Møn, hvor BioWide også har en prøveflade.

FOTO: LARS SKIPPER



DANSKE GØDNINGSBILLER

– HVORFOR KIGGE PÅ DEM?

Maja Møholt

Gødningebiller bliver jævnligt brugt som indikatorer og mål for naturforvaltningen i det meste af Europa. De udgør en vigtig økologisk gruppe i græssede økosystemer og tegner sig sammen med gødningssvampe og gødningssvamp for en væsentlig del af biodiversiteten. Da gødningebiller bruger gødning som deres eneste fødekilde, og flere bruger det til reproduktion, er de særligt følsomme overfor ændringer i miljøet (dvs. både i habitatet og substratet) og er dermed gode økologiske indikatorer for naturtilstanden. Da de både er sårbare og lette at overvåge, fordi de lokkes til lort, er det oplagt at inddrage dem som indikatorer for forvaltningen af biodiversiteten.

Omkring 45 % af arterne i Centraleuropa er truede eller ud-døde, og de er fortsat i kraftig tilbagegang. Dette skyldes en stærk reduktion af tilgængeligt møg hele året. Årsagerne hertil er i første omgang at vi har udryddet eller decimeret de store vilde planteædere og i anden omgang at husdyrene ikke længere græsser ude i naturen i samme omfang som tidligere. Herved begrænses tilgængeligheden af lort, både fordi de store græseædere er blevet færre, men også fordi de kun går ude i sommerhalvåret. Det reducerer gødningsmængden og perioden med tilgængelig lort. I Danmark er det en meget aktuell problemstilling, da ca. 62 % af landets areal udgør landbrug. Ikke nok med at de store græseædere kommer på stald i vinterhalvåret, de behandles også med ormemidler, der er giftigt for gødningebiller. Sammen med intensivering og modernisering af landbruget, er reduktion af skov og naturligt græsland og vådområder med store planteædere, de største udfordringer for gødningebiller i dag.

Formålet med mit studium var 1) at vurdere om min fangstmetode kunne give et repræsentativt billede af den danske gødningebillefauna, 2) at finde ud af hvilke økologiske faktorer på prøveflade- og landskabsniveau som har betydning for det danske gødningebillesamfund, og 3) at vurdere om der er forskel på gødningebillesamfund mellem forår, sommer og efterår og mellem møg fra køer og kron-

dyr. Jeg har både undersøgt individantal og artsrigdom, da individtallet måske afspejler fældernes virkningsgrad, dvs. fældens evne til at lokke billerne til, frem for tætheden af individer på lokaliteten.

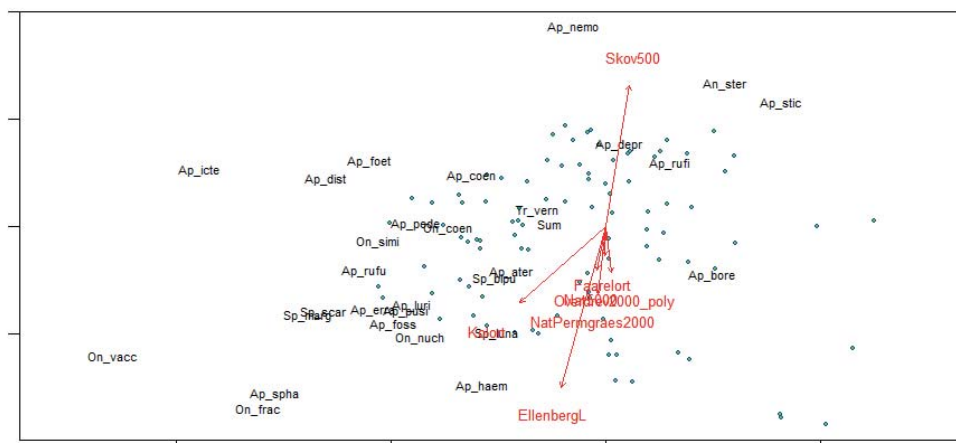
Jeg udviklede en faldfælde, og brugte Biowide-fladerne i Vejle, Silkeborg og Mols til indsamlingen (den østjyske indsamling). Denne indsamling foregik både i april, juni-juli og september 2015, og der blev brugt to typer lort som lokkemad: kolort og krondyrlort – begge uden ormemiddel.

Resultaterne viste at: 1) Jeg fangede 62% af de danske arter, hvilket er en god repræsentation af den danske gødningebillefauna; 2) Der er tre generelle økologiske faktorer, der har betydning for gødningebillefaunaen: mængden af tilgængelig lort, lysmængden i prøvefladen (jo mere lys, des flere arter) og variation i den omkringliggende natur (jo større variation, des bedre); 3) Artssammensætning (ikke artsrigdom), individantal og de rødlistede arter varierer mellem årstiderne, og lokkemadstypen havde kun begrænset effekt, dog viste min undersøgelse en tendens til, at flere arter foretrak krondyrlort om foråret, mens den næste generation foretrak kolort.

Altså kræver gødningebiller tilgængelig frisk gødning i alle årstider og i alle habitat typer. Forvaltningen bør fokusere på store og varierede områder der har haft et lavt græsningstryk i mange år, da dette gavner flest mulige gødningebillearter. Desuden bør der fokuseres på de rødlistede gødningebillearter, da disse repræsenterer arter, der findes i alle naturtyper og i alle årstider.

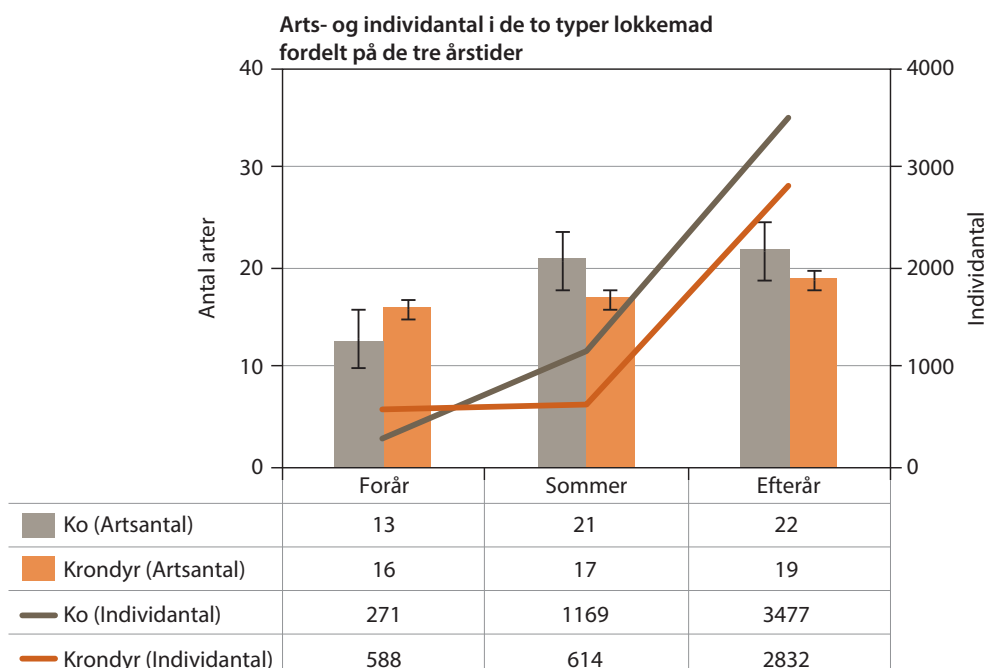
Maja Møholt (2016). Sæsonmæssig og substrat variation i, samt betydningsfulde miljøvariabler for den danske gødningebillefauna. 92 s. Kandidatspeciale ved Bioscience, Aarhus Universitet.

En pdf kan rekvireres ved e-mail til forfatteren på: moeholt@hotmail.com.



Figur 1. Nonmetric multidimensional scaling (NMDS) ordination af gødningsbillerne fra BioWide-datasættet. Fordelingen af lokaliteter (prikker) og arter vises mod de to vigtigste ordinationsakser. Pile er vektorer, der viser de signifikante miljøvariablers relation til variationen i gødningsfaunaen. Vektorerne udgår fra centroidet (dvs. gennemsnittet af alle lokaliteternes scorer) og viser den stejleste retning. Længden af vektorerne viser styrken af korrelationen mellem variablen og ordinationen. Miljøvariablerne her er EllenbergL (lysmængde i prøvefladerne), Skov500 og Nat500 (mængde af hhv. skov og 53 + kortlagt habitatnatur i en 500 m bufferzone), Kolort og Fårelort (mængde hhv. komøg og fåremøg i prøvefladerne), Natpermgræs2000 (mængde af områder med permanent græs, 53 og kortlagt habitatnatur i en 2.000 m bufferzone) og Overdrev2000_poly (antal overdrev i en 2.000 m bufferzone). Arterne er: *Anoplotrupes stercorosus* (An_ster), *Aphodius ater* (Ap_ater), *Aphodius borealis* (Ap_bore), *Aphodius coenosus* (Ap_coen), *Aphodius depressus* (Ap_depr), *Aphodius distinctus* (Ap_dist), *Aphodius erraticus* (Ap_erra), *Aphodius foetens* (Ap_foet), *Aphodius fossor* (Ap_foss), *Aphodius haemorrhoidalis* (Ap_haem), *Aphodius ictericus* (Ap_ict), *Aphodius luridus* (Ap_luri), *Aphodius nemoralis* (Ap_nemo), *Aphodius pedellus* (Ap_pede), *Aphodius pusillus* (Ap_pusi), *Aphodius rufipes* (Ap_rufi), *Aphodius rufus* (Ap_rufu), *Aphodius sphacelatus* (Ap_spha), *Aphodius sticticus* (Ap_stic), *Onthophagus coenobita* (On_coen), *Onthophagus fracticornis* (On_frac), *Onthophagus nuchicornis* (On_nuch), *Onthophagus similis* (On_simi), *Onthophagus vacca* (On_vacc), *Sphaeridium bipustulatum* (Sp_bipu), *Sphaeridium lunatum* (Sp_luna), *Sphaeridium marginatum* (Sp_marg), *Sphaeridium scarabaeoides* (Sp_scar) og *Trypocopriss vernalis* (Tr_vern).

Figur 2. Fordelingen af arts- og individantal i de tre årstider og i hhv. komøg og krondyrermøg.



MIKROKLIMA OG BIODIVERSITET

Sissel Olesen

Det er velkendt at abiotiske faktorer som lys, temperatur og fugtighed har betydning for hvilke arter, der findes i et bestemt område. De er en del af det økologiske rum. Nogle planter er f.eks. i stand til at leve under meget skyggede forhold, hvor andre har brug for mere lys; andre plantearter igen kan være tilpasset tørre og varme forhold ved at have et stort og dybtgående rodnet, eller specielle bygningstræk som modvirker fordampning. Også hos dyrene finder man forskellige tilpasninger til mikroklimaet – det kan både være fysiske tilpasninger, som produktion af "frostvæske" til at sænke cellernes frysepunkt – eller adfærdsmæssige tilpasninger, som f.eks. at kunne grave sig ned i jorden eller kun være aktiv på bestemte tider af døgnet.

For bedst muligt at kunne kortlægge et steds *abiotiske position*, er det ikke nok at måle temperatur og lys, man må også vide hvilke aspekter af klimaet, der har betydning. Er det f.eks. minimums - eller gennemsnitstemperaturen, der bedst kan fortælle os noget om biodiversiteten på stedet? Eller er det måske variationen over døgnet? For at undersøge dette, målte vi lysintensitet, overfladetemperatur, lufttemperatur, relativ luftfugtighed og jordfugtighed i hver af de 130 prøveflader. Jeg omregnede derefter rådata til en lang række meningsfulde indeks, og undersøgte hvilke indekssværdier som bedst kunne forklare forskelle i artssammensætning af hhv. planter, edderkopper og epifytter (mosser og laver). At lige netop disse tre organismegrupper blev valgt, skyldes dels at de forekommer i næsten alle slags habitater, dels at vi formodede at de fem målte klimavariabler kunne have betydning for arterne.

Resultaterne viste, at det for lys var 85%-percentilen, der korrelerede bedst med fordelingen af arter. Det fortæller os, at et mål for hvor meget lys et sted modtager i løbet af en hel dag, er bedre at bruge til kortlægning af den *abiotiske position* end f.eks. den maksimale lysintensitet.

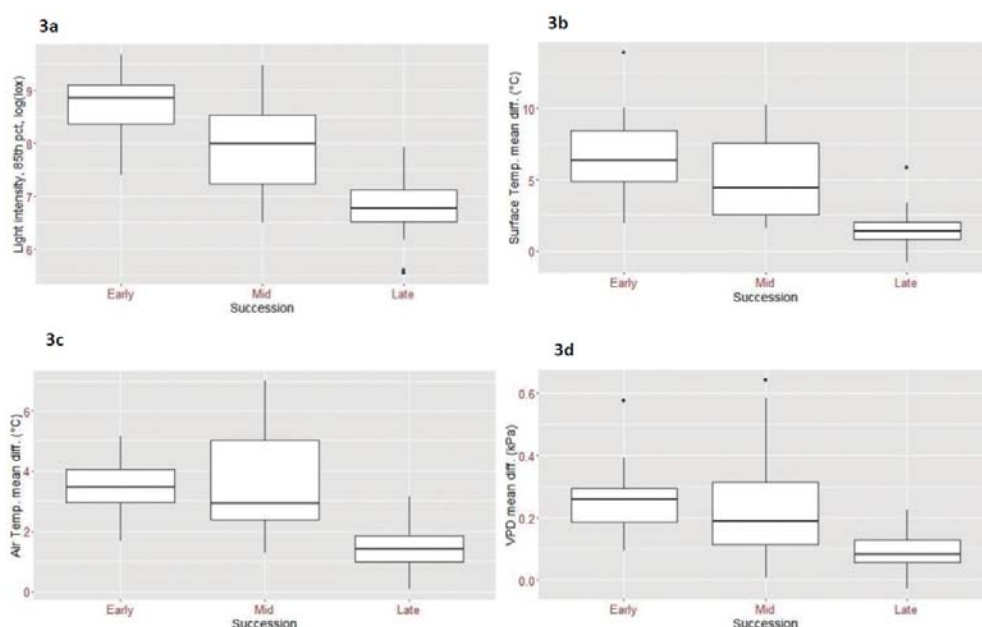
For både luftfugtighed, overfladetemperatur og lufttemperatur var det forskellen mellem den gennemsnitlige værdi for dagtimerne og nattimerne, der korrelerede bedst med fordelingen af arter. Dette er i høj grad et udtryk for graden af vegetationsdække, hvorfor også disse indeks korrelerede godt med prøvefladernes successionsstadie (Figur 3). Under skovens trækroner er temperaturerne generelt lavere i løbet af dagen og højere i løbet af natten sammenlignet med et åbent område med et lavt vegetationsdække. Luftfugtigheden var stort set ens for alle prøveflader om natten, mens flader med et større vegetationsdække var bedre til at holde en høj luftfugtighed på en varm og solrig dag end de åbne prøveflader. Et sigende indeks for luftfugtighed kunne derfor ligeså vel have været gennemsnittet.

For jordfugtighed var der kun foretaget en enkelt måling 16 steder i hver prøveflade, så mængden af indeks, der kunne laves var begrænset – her viste gennemsnittet sig som det bedste mål.

Mikroklima kan variere betydeligt inden for ganske få centimeter eller meter. I Biowide blev der i hver prøveflade placeret et enkelt dataloggerpar, som målte lys, luftfugtighed,

overflade – og lufttemperatur. For at undersøge variationen i mikroklima inden for prøvefladerne, og dermed hvor repræsentativ dette ene dataloggerpar var for hele prøvefladens mikroklima, placerede jeg yderligere 16 dataloggere i seks udvalgte prøveflader med forskellig successionstrin og fugtighed på Sjælland. Ikke overraskende viste variationen inden for prøvefladerne sig at være størst for lys, hvor 17,9 % af den totale variation kunne forklares af variationen inden for fladerne. For lufttemperaturen var dette resultat derimod stort set lig 0 % (Tabel 11). Selvom variationen inden for prøvefladen var højest for lys, var det dog også den klimafaktor som var bedst til at skelne mellem prøveflader, hvorimod variationen i vejret (periode) forklarede mest af variationen i lufttemperatur og luftfugtighed.

Sissel Olesen (2016). Can microclimate predict species composition of vascular plants, spiders and epiphytes? Master thesis. 71 p. University of Copenhagen.



Figur 3. Viser hvordan de fire indeks for lys (a), overfladetemperatur (b), lufttemperatur (c) og luftfugtighed (d) afspejler prøvefladernes successionsstadiet. Prøveflader i et tidligt successionsstadium modtager mere lys og oplever større forskelle i dags- og nattemperatur end prøvefladerne i et sent successionsstadium. Jordfugtigheden viste modsat de fire andre klimavariabler ingen tydelig sammenhæng med successionsstadiet.

Tabel 11. Tabellen viser hvor stor en procentdel af den totale variation i de fire mikroklimaindeks, der kan tilskrives hhv. variationen mellem periode (4 perioder af 5 dage), variationen mellem prøveflader og variationen inden for prøvefladerne. Gns. Diff. er differensen mellem den gennemsnitlige værdi for dag og nat.

	Lysintensitet 85. percentil	Overfladetemp. Gns. Diff.	Lufttemp. Gns. Diff.	Luftfugtighed Gns. Diff.
Variation mellem perioder	4.8 %	23.6 %	55.3 %	59.7 %
Variation mellem prøveflader	74.0 %	52.9 %	31.2 %	21.2 %
Variation inden for prøveflader	17.9 %	8.8 %	0.01 %	2.2 %

DIVERSITETSMÅL:

eDNA VERSUS ALMINDELIG OVERVÅGNING AF PLANTER?

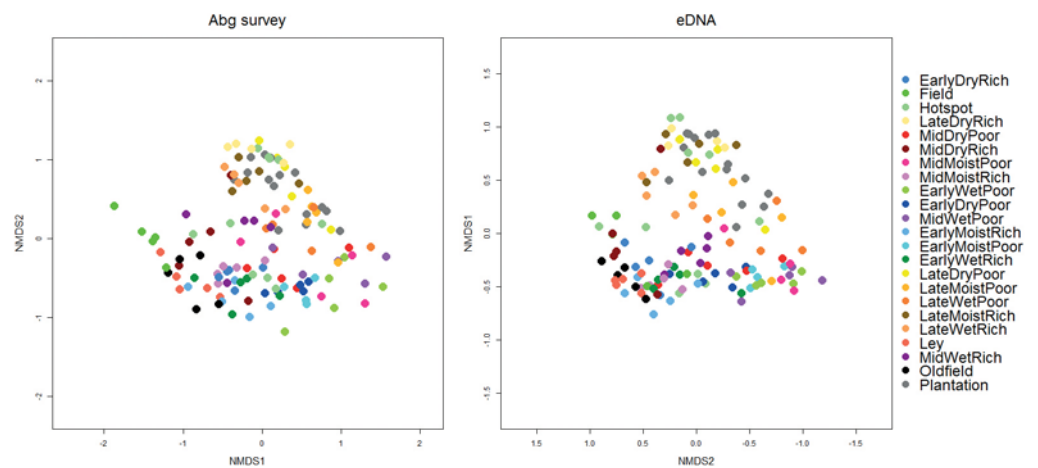
Anne Aagaard, phd-studerende, Bioscience AU

Biodiversitetskrisen er over os. Derfor er behovet for at kunne måle biodiversitet og overvåge økosystemer større end nogensinde før, både så vi får en forståelse af, hvor de største ændringer sker, men også så vi har en chance for at forvalte vores økosystemer baseret på fakta. Dette gælder i Danmark, såvel som i resten af verden. Én metode, som måske kan hjælpe os i denne udfordring, er environmental DNA, også kaldet miljø DNA. I dette projekt under Biowide blev eDNA fra jordprøver testet for sin evne til at måle diversitet sammenlignet med almindelige floraundersøgelser. I dette forsøg, blev der isoleret DNA fra jordprøver indsamlet i Biowides prøveflader og DNA fra disse prøver blev ekstraheret i laboratoriet. Herefter blev der isoleret to stykker plante DNA, ITS2, et stykke fra kernegenomet, og trnL p6-loop, et stykke kloroplast DNA. Fælles for begge markører (DNA stykker) er, at det er små stykker DNA – en fordel når man arbejder med mere eller mindre nedbrudte planterester i jordprøver. Når DNA'et er blevet sekventeret, står man med store elektroniske filer med millioner af sekvenser. Nu er opgaven at få sekvenserne koblet til arter og give et mål for diversiteten i prøvefladerne.

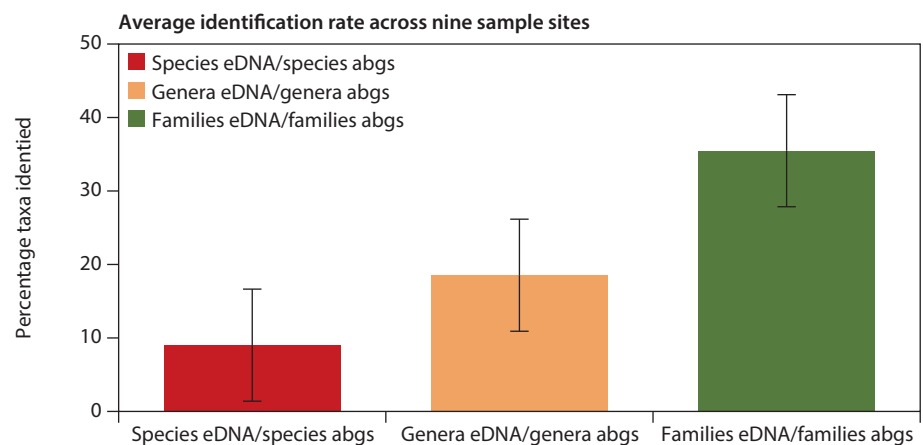
Sammenligningen af plantedata fra eDNA og fra en almindelig florainventering blev baseret på flere parametre. Her er en opsummering af resultater fra trnL p6-loop markøren:

1. Plante eDNA genfandt de **floristiske samfund** på samme vis som en almindelig flora overvågning, og kunne samtidig detektere **miljøgradienterne**: næringsniveau, successionsstadium og fugtighedsniveau.
2. **Alfa-diversitet**, målt ved eDNA data, viste en signifikant sammenhæng med artsrigdom i den almindelige florainventering, men med meget lav forklaringsgrad, og kunne derfor ikke pålideligt estimere artsrigdommen i felterne.
3. **Arts- og taxongenkendelsen** varierede, men eDNA-data genfandt op til 35,7 % af de familier vi vidste var til stede i felterne, baseret på de floristiske undersøgelser. På arts- og slægts-niveau var genfindelsesprocenten endnu lavere.

Alt i alt, er konklusionen, at netop *dette stykke DNA ikke* kan hamle op med en regulær floraundersøgelse, hverken hvad angår genkendelse af arter/taxa, måling af diversitet uden artsgenkendelse, tidsforbrug, eller omkostninger (beregningerne er ikke vist her), men genkendelsen af forskelle imellem prøvefelterne er ligeså tydelig i eDNA data, som den er i de floristiske data. Der er mange grunde til at vi ikke kan (gen)finde de specifikke arter vi ved eksisterer i prøvefladerne, og jeg vil undlade at liste dem alle op her. Jeg vil dog fremhæve én vigtig parameter, nemlig *hvilket stykke DNA man vælger*. Vi ved, at nogle steder er DNA'et mere variabelt mellem arter, hvilket betyder at man får en bedre genkendelse på artsniveau. ITS2, der også blev isoleret i dette projekt, er et sådan stykke DNA. Desværre nåede jeg ikke at kigge på dén markør under mit speciale. *Den virkelige styrke ved eDNA* er dog ikke plantegenkendelse isoleret set, men dét at eDNA fra fx jord kan give et væld af information, afhængig af hvilket DNA man vælger at isolere fra jorden. Det fantastiske ved metoden er at man kan få information fra hele livets træ: bakterier, archae, svampe, planter, dyr mv. Derfor kan metoden give en alsidig information om diversiteten på et givent sted, en information, som ikke *kun* baseres på planter.



Her ses to NMDS plots af henholdsvis data fra planteinventeringen (abg survey) og eDNA. Hver prik er et prøvefelt, og inddelingen i fugtigheds, successions og næringsgradienter er indikeret af farverne. Visuelt ser de ens ud, og en sammenligningstest af de to figurer gav en protest correlations score på 0,85.



Denne figur viser procentdelen af (gen)fundne arter/slægter/familier i eDNA data i forhold til den floristiske undersøgelse. Disse data er baseret på 9 prøvefelter, og viser de problemer trnL p6-loop markøren har ifht. At genkende planterne på arts, slægt eller familie-niveau.

FRA JORD TIL GENETISK DIVERSITET

Tobias Guldberg Frøslev

Alle organismer indeholder DNA og efterlader sig DNA i miljøet hvor de lever. Naturovervågning, hvor biologer i gummistøvler med kikkert og lup om halsen registrerer dyr, planter og svampe i naturen, er de seneste år blevet suppleret med moderne DNA-metoder, hvor man eksempelvis ud fra en lille vandprøve kan se, hvilke dyr der lever i vandet. Kort fortalt går metoden ud på at man fokuserer på et DNA sekvens-område i genomet – et markør-gen – som har et niveau af variation der er egnet til at adskille arter indenfor den gruppe af organismer, som man ønsker at undersøge. Metoderne til sekvensering har længe været flere skridt foran metoderne til at få noget biologisk meningsfuldt ud af de data som kommer ud af sekvenseringen. Der har blandt andet været problemer med at få taget repræsentative prøver, ekstraheret DNA fra meget forskellige jordtyper, og ikke mindst med at analysere data.

I Biowide har målet været at få højkvalitets-DNA prøver der var repræsentative for de 40×40 meter store prøveflader, og samtidig DNA data der kunne vise artsrigdommen. For hver prøveflade samlede vi 81 separate jordprøver, som blev blandet, hvorefter en mindre prøve blev udtaget til DNA ekstraktion med en metode vi udviklede til at fungere optimalt på tværs af de forskellige jordtyper. Vi analyserede markør-gener for bl.a. svampe, rundorme, insekter, "arbuskulær"-svampe, regnorm og planter. Metoden til at frembringe de nødvendige DNA-sekvenser skaber en del "støj", der blander sig med de egentlige biologiske signaler. Hidtil har denne "støj" gjort det svært at estimere hvor mange arter der er i jord-prøven. Arbejdet med at reducere støj resulterede i en ny algoritme – LULU – der hurtigt er i stand til at korrekturlæse DNA-sekvenserne og fjerne oplagte fejl.

Til udviklingen af metoden benyttede vi os af, at vi i Biowide projektet havde lavet grundige registreringer af plantearterne i prøvefladerne, og dermed havde en slags facitliste for hvad vi kunne forvente at finde med vores DNA metode. Det viste sig da også, at de gængse beregningsmetoder til DNA data voldsomt overestimerede antallet af planter, hvorimod anvendelsen af LULU gjorde at vores DNA data stemte ret godt overens med de plantelister vi havde (se figur). Lige præcis planter er nok stadig lettere at registrere med klassiske metoder frem for DNA. Men et af de interessante aspekter ved algoritmen er, at den også kan anvendes på andre organismegrupper såsom svampe, springhaler og rundorme, hvis diversitet normalt ikke bliver inddraget i naturovervågning. De mange DNA baserede biodiversitetsdata fra Biowide prøvefladerne er anvendt i adskillige af de andre analyser der er omtalt og præsenteret i dette skrift.

Figure 1. Effects of curation with the LULU algorithm for clustering methods at 97% level. OTU table metrics before (red = raw) and after (blue = curated) curation with LULU. a) correspondence of OTU (plant ITS2 sequence data) richness vs. plant richness for each of the 130 sampling sites, b) total number of OTUs compared to total plant species recorded (564 species, dashed line), c) percentage of OTUs having taxonomically redundant annotation, d) OTU β -diversity (total richness/mean site richness) compared to plant β -diversity (17.23, dashed line), e) distribution of best reference database (GenBank) match for OTUs retained and discarded by LULU.

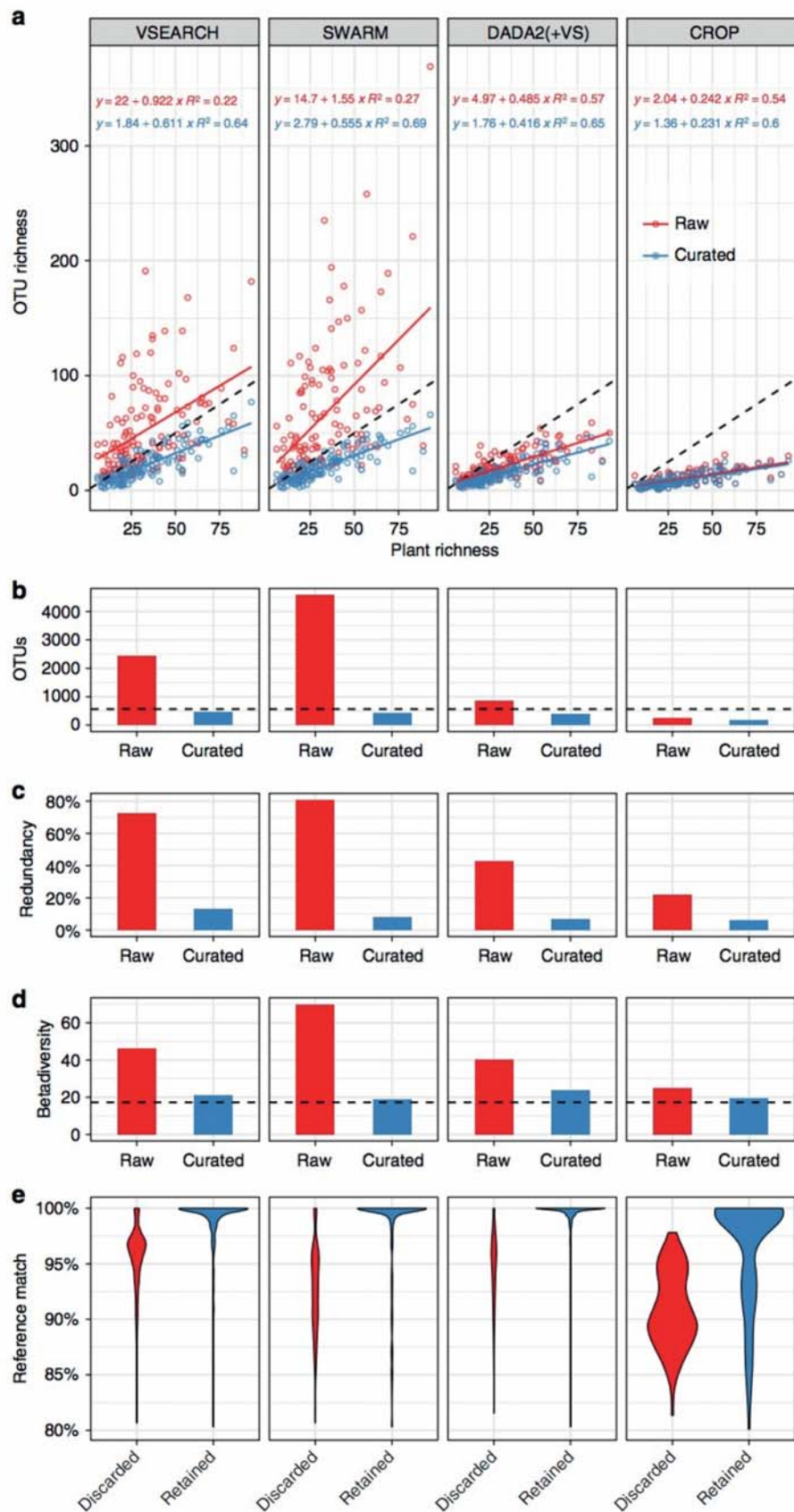




Foto: Naturhistorisk Museum

NYE METODER TIL KORTLÆGNING AF BIODIVERSITET

BIOWIDES SVAMPE SAMMENHOLDT MED DATA FRA LUFTBÅREN LASER SCANNER

Henrik Thers

Tilbagegangen i biodiversitet verden over skaber et behov for at naturindsatser gøres så effektivt og billigt som muligt. Dette gælder også i forhold til svampe, hvor begrænset viden om denne meget diverse gruppe vanskeliggør arbejdet med at overvåge og fremme truede arter. Det kræver meget høj specialviden at gå i felten og lave svampeinventeringer; det er dyrt og tidskrævende. Formålet med dette studie, som blev udført som specialstudie ved Bioscience på AU, var at undersøge om vi kunne bruge det langt billigere og landsdækkende lidar-datasæt til at sige noget om svampeforekomster i DK.

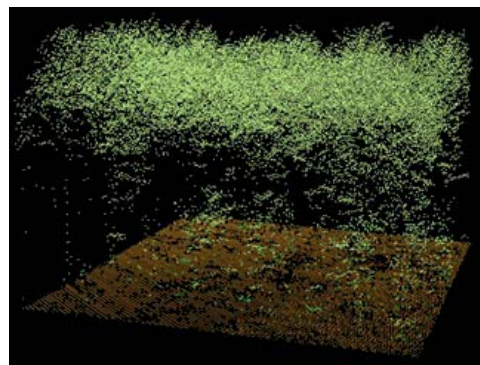
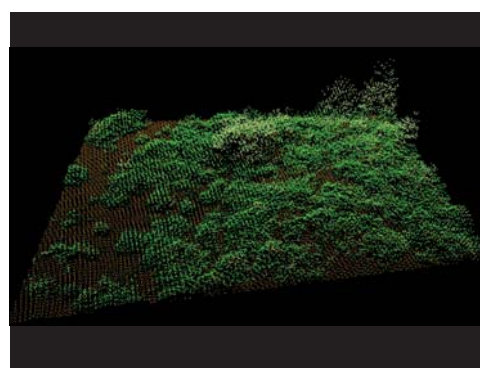
Lidar (Light Detection and Ranging) består af punkter med tredimensionelle koordinater – en såkaldt punktsky. Den fremkommer ved, at et instrument udsender laserlys og optager den tilbagevendende refleksion. Instrumentet var i dette tilfælde monteret på et fly, som har overfløjet hele Danmark i løbet af nogle måneder i 2014 og 2015. Når flyet bevæger sig hen over en skov eller anden vegetation vil noget af laserlyset reflekteres fra de øverste grene, noget vil trænge længere ned i og mellem kronerne og noget vil ramme jorden. En computer beregner løbende hvorfra laserlysets reflekteres og opretter et punkt dette sted. På denne måde opstår punktskyen, som ligner et snevejr hvoraf vegetationens konturer fremgår. Lidar optagelserne er ikke sket i forbindelse med Biowide. De er bestilt og betalt af staten og ligger gratis tilgængelige på nettet for alle interesserede. Andre studier har vist at lidar kan bruges til at karakterisere vegetation og modellere forekomsten af arter knyttet til forskellige levesteder. Studiet her var altså en sammenkobling af to meget omfattende datasæt (også efter internationale standarder), nemlig svampeinventeringerne fra de 130 biowide prøveflader, hvoraf jeg brugte de 121 (ni prøveflader i det dyrkede land var ikke inkluderet) og den landsdækkende lidar punktsky.

For at kunne bruge lidar punktskyen, omregnede jeg den til forskellige relevante parametre, såsom vegetationshøjde, heterogenitet over ni m² og 20 andre variable. Denne beregning blev lavet for hver m² i prøvefladerne som udgør 1.600 m² (40×40 m). Gennemsnitlige nøgleværdier blev derefter udregnet baseret på de 1600 værdier, således at hver prøveflade blev repræsenteret af 3 forskellige værdier for hver variabel. Herefter modellerede vi svampeartsrigdommen og artssammensætningen samt antal truede arter pr. prøveflade med de lidar-afledte variable. Det viste sig, at lidar i høj grad kunne bruges til at sige noget om den generelle svampeartsrigdom og vegetationens indflydelse på artssammensætningen. Antallet af truede svampe kunne dog ikke modelleres succesfuldt.

Takket være de mange data fra biowide, kunne jeg lave en tilsvarende modellering af svampedata med "gammeldags" feltbaserede variable, såsom plantelister, jordprøver, opgørelser af dødt ved og analyser af fugtighed og lys i prøvefelterne. Det gjorde os også i stand til tolke hvad som var de tre mest betydende gradienter for svampeartssammensætningen. Den vigtigste økologiske gradient handler om vegetationsstruktur og går fra

helt åbne samfund med lav vegetation over krat til højskov. Den kunne ingen feltbaserede variable udpege så godt som lidar. Næstvigtigste gradient handlede om pH og kunne modelleres meget bedre med feltbaserede variable (jordprøver og viden om fundne planters pH optimum) end med lidar. Den tredje vigtigste gradient var en fugtgradient, som vi kunne bestemme lige godt med lidar og feltbaserede variable. Resultaterne var ikke gode nok til at metoden umiddelbart kan anvendes til at udpege de mest artsrige svampeområder i DK, men studiet viste potentiale for videreudvikling frem mod dette mål.

Thers, H., Brunbjerg, A.K., Læssøe, T., Ejrnæs, R., Bøcher, P.K., & Svenning, J.C. (2017). Lidar-derived variables as a proxy for fungal species richness and composition in temperate Northern Europe. *Remote Sensing of Environment*, 200, 102-113.



Øverst: Til venstre et udsnit af prøveflade 55, Glatved på Djursland, som er et overdrev med vekslende dække af buske og få træer i det ene hjørne. Til højre er hele prøvefalden klippet ud af punktskyen. Terrænet gøres fladt som en del af bearbejdelsen af punktskyen. Punkterne er farvelagt efter deres højde. De brune punkter er reflekteret fra jorden. Nederst: Til venstre et udsnit af prøveflade 76, Vesterskov ved Vejle fjord, som er en plantagepræget bøgeskov. Til højre ses samme prøveflade i form af punktskyen.

DIVERSITET AF PLANTER, MOSSER, LAVER OG SVAMPE

FORKLARET MED DATA FRA LUFTBÅREN LASER SCANNER

Af Signe Normand

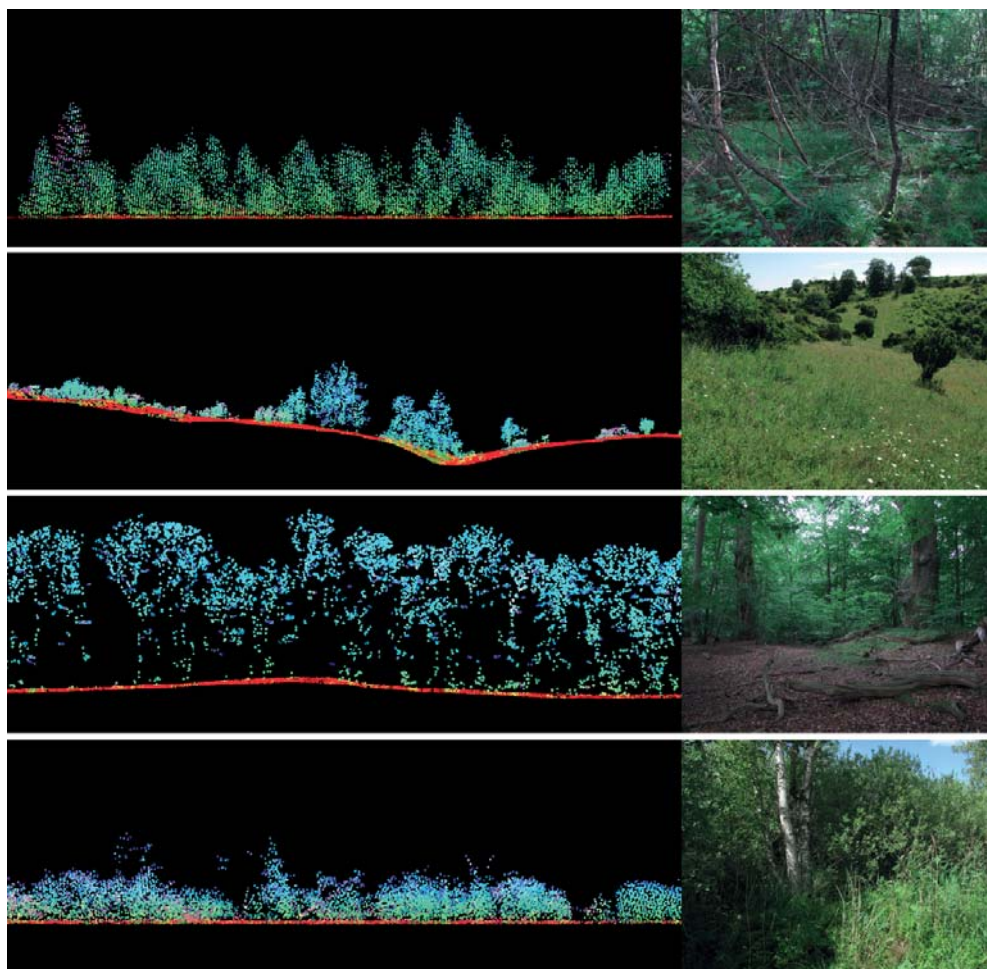
Biowide bygger på en forventning om at antallet af arter på et sted kan forudsiges ud fra kendskab til det økologiske rum og dermed stedets abiotiske position, biotiske ekspansion og kontinuitet i tid og rum. Luftbåren laser skanning (Lidar, Light Detection and Ranging) giver en unik mulighed for at kortlægge alle tre dele af det økologiske rum med høj detaljegrade. Lidar giver for eksempel mulighed for at estimere vigtige aspekter af abiotisk position ud fra topografisk heterogenitet og hydrologi. Variation i vegetationsstruktur og diversiteten af organisk materiale kan også kortlægges med Lidar og giver dermed aspekter af den biotiske ekspansion. Meget få studier har undersøgt i hvilken grad Lidar kan bruges til at forklare antallet af arter fra flere forskellige taksonomiske grupper og habitattyper.

Vi undersøgte i hvilken grad artsrigdommen af planter, mosser, laver, og svampe fundet i de 130 Biowide-flader kan forklares med 33 Lidar afledte variable der repræsenterer forskellige aspekter af prøvefladernes abiotiske position, biotiske ekspansion og kontinuitet i tid i rum.

Vi fandt at de Lidar-afledte variable forklarede omkring 22% af variation i antallet af planter, og 50% for svampe, 33% for laver, og 35% for mosser. Steder med mange plantearter var især karakteriseret af stor heterogenitet i vegetationsstruktur og en vedudviklet, men åben, buskvegetation. Mange svampe var især relateret til gamle skove med mange åbninger i kronedækket, mens høj artsrigdom af mosser og laver især var relateret til lokal heterogenitet i terræn og vegetation. Vores resultater viste, at abiotisk position, biotisk ekspansion og kontinuitet i tid i rum var nogenlunde lige vigtige for planter og laver, mens kontinuitet og ekspansion var vigtigst for henholdsvis svampe og mosser. Vi fandt yderligere at kortlægning af det økologiske rum ved hjælp af Lidar i en del af Danmark kan bruges til at forudsige artsrigdommen i andre dele af landet. Vores resultater viser således, at det økologiske rum kvantificeret ved hjælp af Lidar bidrager betydeligt til at forstå variationen i antallet af arter fra sted til sted.

Zlinszky, A., Moeslund, J., Normand, S., Ejrnæs, R., Brunbjerg, A.K., Bøcher, P.K. & Svenning, J.-C. (in preparation). LIDAR-based quantification of environmental structure allows prediction of species richness in plants, macrofungi, lichens and bryophytes across Denmark.

Figur 1. Eksempler på forskelle i terræn og vegetationsstruktur i forskellige biowide-prøveflader dokumenteret med luftbåren laserskanning (Lidar). Ved Lidar opnås en detaljeret 3D skanning af terræn og vegetationsstruktur fx vegetations-tæthed, biomasse, åbninger i kronedækket, og lag-delning af vegetationen.

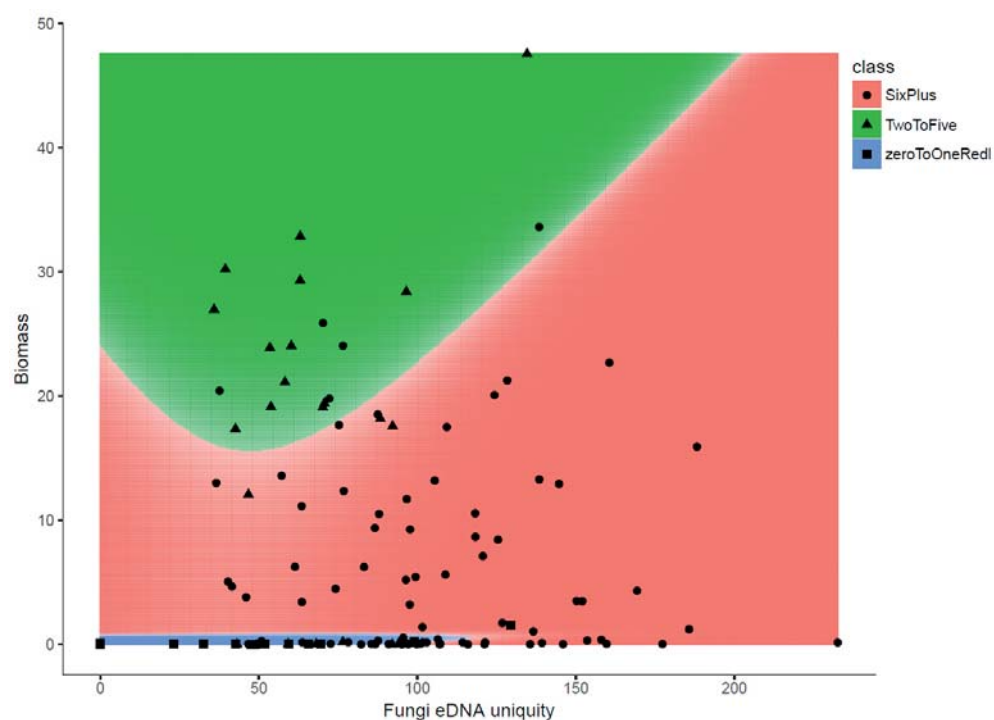


EN NY ÆRA FOR KORTLÆGNING AF NATUR

Jesper E. Moeslund

Biodiversitetskrisen står for døren, men vi mangler gode og effektive måder at kortlægge naturen på. Traditionelt bruger man eksperter til både at indsamle og identificere arterne, men denne tilgang gør det umuligt at dække både taksonomisk og geografisk bredt. I de senere år har teknologier inden for feltet *remote sensing* (satellit, droner etc.) revolutioneret måden hvorpå vi kortlægger jordoverflader og vegetation. En af de nyere teknologier er luftbåren laser skanning (*Airborne Laser Scanning*, ALS, også kaldet lidar), som tilvejebringer data om miljøet i en næsten-naturlig detaljegrad relativt billigt og med stor geografisk dækning. Sideløbende er der sket stor udvikling indenfor metabarcoding af ekstracellulært DNA fra prøver taget i naturen; så stor at vi i dag automatisk kan få biologiske "fingeraftryk" der dækker et bredt spektrum af arter. Denne teknik er stadig ret dyr sammenlignet med ALS, men den kan afsløre detaljer i naturen som er umuligt med ALS, og derfor kan vi potentielt revolutionere den måde vi kortlægger naturen på ved at medtage eDNA data i de nuværende ALS baserede metoder. Der er indtil videre ingen der har forfulgt denne strategi og derfor er dens potentiale indtil videre ukendt. I dette studie har vi vist at eDNA – både kombineret med ALS og alene – kan give en pålidelig kortlægning af naturen, som her er repræsenteret ved et klassisk feltstudie (Biowide) som omfatter mere end 5000 arter. Efter vi tilføjede eDNA til vore ALS modeller så vi en stor forbedring i antallet af misklassificeringer; vi kunne nu korrekt klassificere 82% af de ni forskellige økosystemer der indgår i Biowide, 100 % af to forskellige næringsstofniveauer, 96% af tre forskellige fugtighedsniveauer, 98% af tre forskellige successionsstadier og 75% af tre forskellige niveauer af rødlistede arter. Antallet af misklassificeringer var næsten ligeså lavt med eDNA alene som hvis det indgik sammen med ALS. Vores resultater påviser at ALS er et stærkt værktøj til kortlægning af natur, men også at eDNA fanger nogle vigtige detaljer som ikke kan frembringes med ALS, og at eDNA derfor bør være en vigtig del af naturkortlægning i fremtiden.

Moeslund, J.E., Brunbjerg, A.K., Fløjgaard C., Zlinszky, A., Bruun, H.H., Frøslev, T., Svenning, J.-C. & Ejrnæs, R. A new era in nature mapping. In prep for Nature.



Figur 1. Klassificeringen af de tre niveauer af rødlistede arter (rød = flere end 5 arter, grøn = 2-5 arter og blå = 0-1 art), samt hvor i det viste rum de observerede niveauer faktisk ligger i virkeligheden (rund = flere end 5 arter, trekant = 2-5 arter, firkant = 0-1 art). 75% af prøvefladerne er korrekt udpeget af vores model. Det viste rum er udspændt af ALS-udledt index for biomasse (Biomass) og graden af unikhed for svampe baseret på eDNA (Fungi eDNA uniqueness). Disse var de to vigtigste variable i denne model, men derudover indgår yderligere 4 variable som ikke er vist.

"MAN AGAINST MACHINE"

– eDNA OG SVAMPE

Tobias Guldberg Frøslev

DNA fra miljøet (også kaldet eDNA = environmental DNA) kan bruges til at beskrive biodiversitet (se "fra jord til genetisk diversitet andet steds i skriftet"). Således kan man med svampespecifikke markør-gener undersøge diversiteten af svampe i jorden. En stor del af svampene er synlige en del af året som frugtlegemer, men mange grupper af svampe laver ikke frugtlegemer, eller har kun små eller meget kortlivede frugtlegemer, og er derfor umulige eller svære at registrere med klassiske metoder.

I Biowide-projektet undersøgte vi svampediversiteten på klassisk vis ved indsamling og identifikation af frugtlegemer forestået af svampeeksperten Thomas Læssøe og bistået af adskillige frivillige. Dertil undersøgte vi også svampediversiteten ved at indsamle og DNA-sekvensere jordprøver. Således kunne vi sammenligne resultaterne – iscenesat som det klassiske opgør "Mand mod maskine".

Hidtidige sammenligninger af frugtlegeme-indsamling og jord-DNA analyser indikerer et ganske lille overlap mellem de to metoder, men disse sammenligninger har som oftest været foretaget alene på en enkelt lokalitet. Jordprøverne i Biowide var større og dermed efter al sandsynlighed mere repræsentative, og Biowide prøvefladerne dækker store miljøgradienter med mulighed for at undersøge mere generelle biodiversitetsmønstre.

Vores undersøgelser viser at sammenligneligheden af DNA baseret og frugtlegemebaseret svampebiodiversitet er større end tidligere studier har antydnet. Ikke overraskende bekræftede vores analyser, at man via DNA også registrerer grupper af svampe der ikke laver frugtlegemer – f.eks. skimmelsvampe og gærsvampe. Desuden var antallet af registrerede svampe-arter væsentligt større for DNA, primært på grund af de mange mikrosvampe. Hvis vi begrænsede sammenligningen til frugtlegeme-dannende svampe blev resultaterne dog meget mere ens. DNA metoden fandt stadig flere arter, men ikke voldsomt mange flere, og mest overraskende var det nok at den relative fordeling af registrerede slægter var ganske ens mellem de to metoder. Den observerede artsrigdom pr prøveflade korrelerede også mellem metoderne, med en væsentligt bedre korrelation, når analysen afgrænsedes til frugtlegeme-dannende svampeslægter.

Ændringen i artssammensætningen af svampe som fandtes langs miljøgradienterne korrelerede også for de to forskellige lister af svampearter.

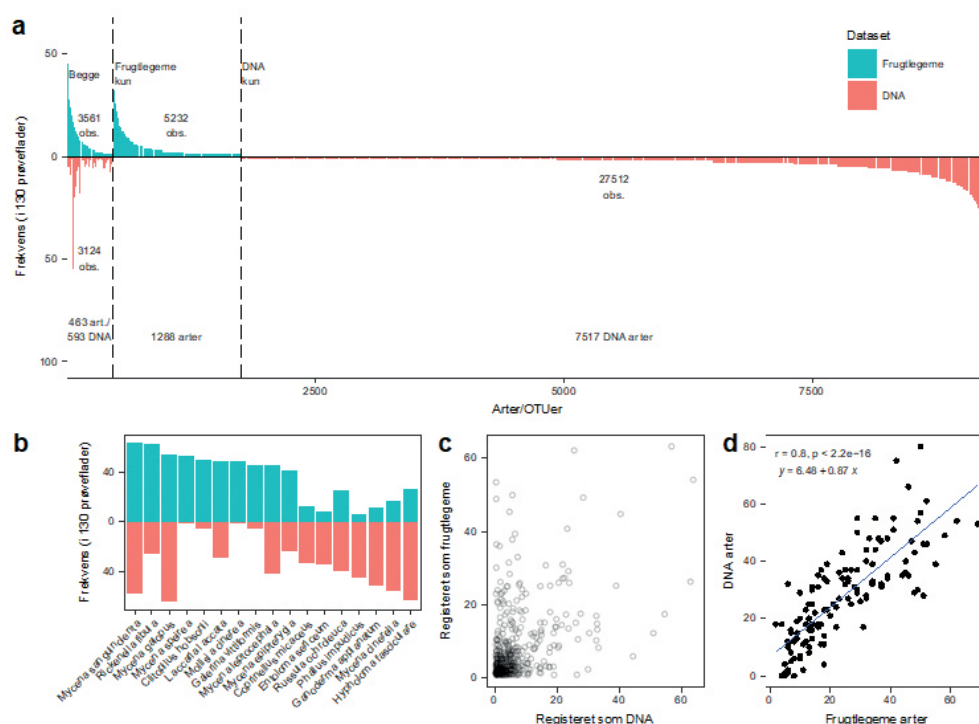
Et af de oplagte spørgsmål er om DNA kan bruges til at registrere rødlistede svampearter. Her forventede vi på forhånd, at DNA metoden ville være underlegen, da en trænet mykolog har mulighed for måletrettet eftersøgning af sjældne svampe på specielle substrater. Desuden vil mykologen lettere kunne dække et større område, hvor jord-DNA metoden er begrænset til at kunne udtage jordprøver der kun dækker en lille del af jordoverfladen i en prøveflade. Men selvom Thomas Læssøe og hjælpere da også fandt flere rødlistede svampe end DNA metoden, så var forskellen på de to metoder ikke så stor.

Teoretisk set vil DNA fra alle "overjordiske" organismer ende i jorden, om end i mindre mængder og mere fragmenteret, så spørgsmålet var, om mængden af DNA fra fx døde stammer eller urtestængler var tilstrækkelig til en ligelig registrering på linje med de jord-

boende svampe. Her viste vores analyser klart at dette ikke var tilfældet, så hvis man ønsker en fuldt repræsentativ registrering af fungaen, vil det være nødvendigt at supplere jordprøvetagningen med prøver af vegetationen.

Mange arter blev tilsyneladende kun registreret med den ene af metoderne, og en af forklaringerne på dette er, at DNA-referencedatabasen stadig er langt fra komplet, og i mange år fremover vil en stor del af den diversitet vi kan registrere som DNA stadig være "nøgne DNA arter" uden kobling til kendte morfologiske arter. Skal kvaliteten og styrken af DNA baserede analyser blive bedre, er det derfor helt essentielt at opprioritere udbygningen og vedligeholdelsen af DNA referencedatabaserne.

Frøslev, T.G., Kjølner, R., Bruun, H.H., Ejrnæs, R., Hansen, A.J., Læssøe, T. & Heilmann-Clausen, J. Man against machine: Do fungal fruitbodies and eDNA give similar biodiversity assessments across broad environmental gradients? (Submitted to ISME).



Figur 1. Frekvens af arter og OTU'er (DNA arter) i de 130 Biowide prøveflader. a) Frekvens af arter og OTU'er sorteret efter faldende frekvens og grupperet efter arter registreret med begge metoder, kun som frugtlegerne og kun som DNA. y-aksen indikerer antallet af prøveflader hvori en art er observeret, og det samlede antal observationer og arter er angivet for hver gruppe. b) Top 10 mest frekvente arter observeret med de to metoder. Alle arterne er almindeligt observerede arter. Det er tydeligt at arter knyttet til overjordiske substrater (eks. *kvist-huesvamp* og *skævmelhat*) er underrepræsenteret som DNA i forhold til frugtlegerne. c) scatterplot af frugtlegerne-baseret frekvens mod DNA-baseret frekvens for de 463 arter som blev registreret med begge metoder. d) Artsrigdom for hver prøveflade (begrænset til de 463 arter der kunne registreres med begge metoder). x-akse viser rigdommen estimeret med frugtlegerne, og y-aksen viser rigdommen estimeret med DNA.

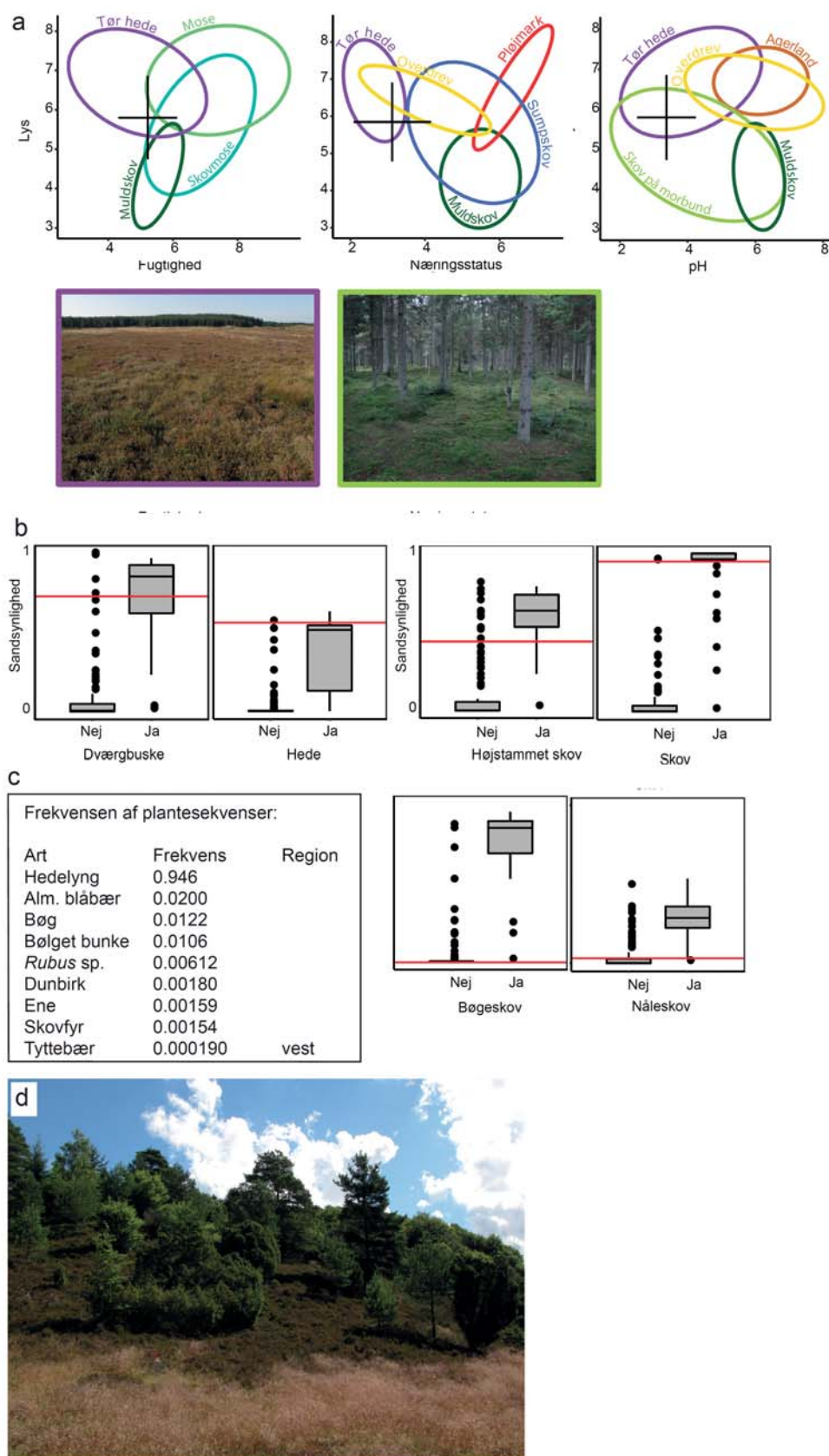
GENETISKE FINGER- AFTRYK SLADRER OM JORDENS HERKOMST

Camilla Fløjgaard

Kriminalteknikere arbejder ofte med jord. Jord er nemlig rigtig godt bevismateriale – det sidder fast på støvler og tøj, tørrer ind på skovlen, drysset ned i bunden af bilen osv. Så hvis man kan matche jord fra støvler med jord fra skovl og gerningssted, så har politiet gode og måske fældende beviser mod en gerningsmand. Men forestil jer, at politiet har en formodet gerningsmand med jord på støvlerne, men ingen anelse om hvor liget ligger begravet. Kan jorden på støvlerne afsløre om politiet skal søge i en mose? På hejden? Eller måske i en ellesump? Biowide kan hjælpe til at besvare disse spørgsmål i kraft af den omfattende indsamling af biologiske data og jordprøver, som efterfølgende er DNA-sekvenseret. Derfor indgår Biowides jordprøver nu i et stort forskningsprojekt om jord som bevismateriale (SoilTracker). Alle organismer efterlader DNA i det miljø de har levet i. Planterne står med rødderne solidt plantet i jorden og afgiver DNA til jorden. Det gør alle de små dyr, muldvarpen og svampene i jorden selvfølgelig også. Andre organismer, som går på jorden, lever i træerne eller flakser rundt i blomsterne efterlader også DNA i jorden når de skider, formerer sig eller når de dør og bliver nedbrudt. Da organismene alle har en præference for hvilket habitat de helst befinder sig i, så bliver DNA-resterne i jorden et fingeraftryk, som er helt specifikt for habitatet og den sammensætning af organismer, der lever lige dér.

DNA i jordprøverne fra Biowide viser, at det er muligt, at forudsige de miljøforhold, fx fugtighed, lys, næring og pH, som jorden stammer fra. Derudover kan DNA også forudsige om jorden stammer fra særligt karakteristiske habitater, som fx en bøgeskov, et pilekrat, en tagrørssump osv. Som supplement til de statistiske modeller har vi brugt en gammel retsvidenskabelig metode, hvor man leder efter sjældenheder, fx ualmindelige planter som kun vokser på særlige steder og dermed afslører noget om geografi eller økologi. Det har man tidligere gjort med pollen og andre planterester og denne metode har vi overført til DNA, så vi screener for sjældne planter i DNA-prøven.

Fløjgaard, C., Frøslev, T.G., Bruun, H.H., Moeslund, J.E., Brunbjerg, A.K. & Ejrnæs, R. Taking a stab at predicting provenance of forensic soil samples: soil DNA predict habitat characteristics and environmental properties. In preparation.



Figur 1. Som eksempel er her vist forudsigelserne af vores modeller for én prøveflade. A) Hvilke miljøforhold karakteriserer prøvefladen? Krydset viser forudsigelsen af prøvefladens Ellenberg-værdier for lys, næring, fugtighed og pH (længden på krydsets arme viser 95% konfidensinterval). Modellen forudsiger, at prøvefladen har en middel lyspåvirkning, lidt tør jordbund, lav næringsstatus, samt en lav pH. Ellipserne viser, hvordan udvalgte naturtyper typisk fordeler sig langs gradienterne for lys, næring, fugtighed og pH og med de forudsagte værdier kan man tolke, at prøvefladen har karakter af hede eller skov på morbund, som vist i de to billeder. B) De røde linjer viser prøvefladens sandsynlighed for at tilhøre udvalgte habitatkategorier. Modellerne forudsiger, at prøvefladen med stor sandsynlighed er karakteriseret af dværgbusksamfund og hedevegetation. Ift. skov, så er det ikke sandsynligt, at det er en højstammet skov, men der er høj sandsynlighed for at prøvefeltet har skovkarakter. Det er usandsynligt at prøvefeltet er en typisk bøgeskov eller nåleskov. C) Frekvensen af sekvenser bruges til en forsigtig tolkning af hvilke planter er almindelige i prøvefladen. Prøven er domineret af sekvenser af hedelyng, men der er også fundet blåbær, bøg, bølget bunke, ene, skovfyr og tyttebær. Sidstnævnte findes typisk i de vestlige dele af landet og kan indikere, at prøven stammer fra Vestdanmark. D) Løsning: Prøvefladen er Højkol i Silkeborgsklyngen (ES67).



Foto: Rasmus Ejrnæs

4

ØKOLOGISK RUM
SOM RAMME FOR
BIODIVERSITETEN

PLANTER SOM INDIKATORER FOR RESTEN AF BIODIVER- SITETEN

Rasmus Ejrnæs

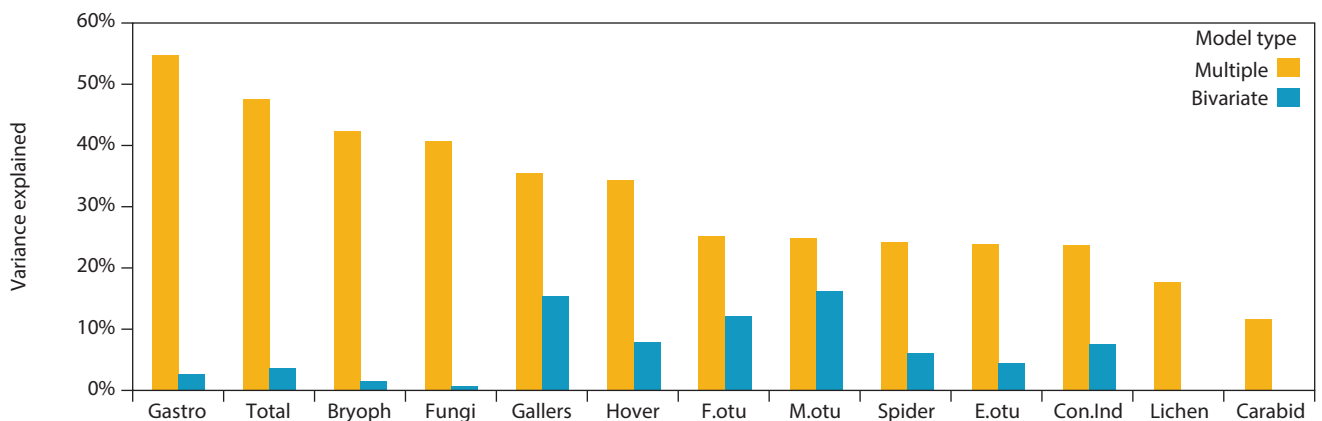
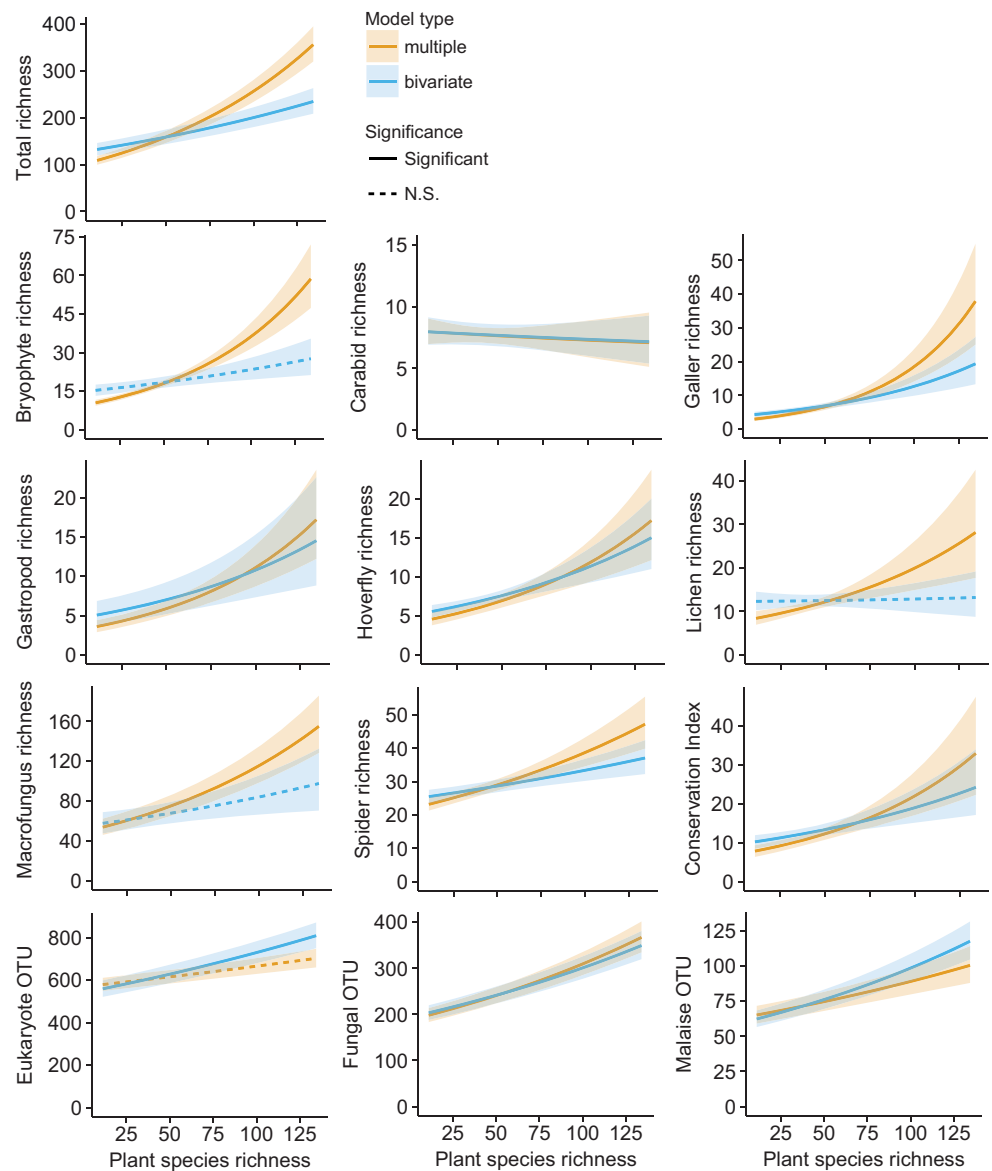
Et af de spørgsmål som meldte sig i Biowide, var om planterne måske kan forklare en del af diversiteten af de efterfølgende led i fødekæden – eksempelvis de dyr og svampe, som ikke selv kan opbygge organisk stof ved fotosyntese. Spørgsmålet var både relevant i forbindelse med forståelsen af hvordan økologisk rum skal defineres, men også i en mere anvendt kontekst, idet planter udgør kernen i de fleste programmer for kortlægning og overvågning af natur og biodiversitet.

Biowide-data er som skabt til at undersøge dette spørgsmål, og vi opdelte analysen på dyregrupper med forskellig levevis og udvidede analysen til også at omfatte tre genetiske mål for artsrigdom, nemlig antallet af OTU-sekvenser af svampe og eukaryoter fra jordbunden og insekter fra malaiseprøverne (flyvende insekter fanget i teltfælder). Endelig indgik også et indeks over rødlistede arter fra alle andre grupper end planter.

Resultatet af analyserne var at antallet af plantearter ikke er nok til at udtale sig generelt om artsrigdommen af andre grupper. Derfor inkorporerede vi planternes indikatorværdi for miljøforhold som pH, fugtighed, lys og næringsstatus i modellerne. Disse indikatorværdier er sat i system for Europas flora i form af de såkaldte Ellenberg-tal for planternes foretrukne vækstforhold, og ved at tage gennemsnitlige Ellenbergværdier for planterne i en prøveflade, kunne vi bygge modeller hvor artsrigdommen af andre grupper blev en funktion af dels miljøforholdene og dels planternes artsrigdom. Disse multiple regressionsmodeller kunne forklare mellem 12 og 54% af variationen i artsrigdommen af andre artsgrupper og væsentligt mere end de bivariate modeller, hvor kun planteartsrigdom indgik. Desuden viste planteartsrigdom sig at være en generelt positiv og signifikant indikator for rigdommen af andre arter efter at miljøet var taget med i modellen. Kun for løbebiller og eukaryot OTU-rigdom var der ikke en positiv effekt af planteartsrigdom.

Brunbjerg, A.K., Bruun, H.H., Dalby, L., Fløjgaard, C., Frøslev, T., Høye, T.T., Goldberg, I., Læssøe, T., Hansen, M.D.D., Brøndum, L., Skipper, L., Fog, K. & Ejrnæs, R. (2018). Vascular plants are strong predictors of multi-taxon species richness. *bioRxiv*, 252999.

Figur 1. Effekten af plante-artsrigdom på rigdommen af forskellige artsgrupper – inklusive rigdommen af OTU'er (Operational Taxonomic Units) fra DNA-sekvensering og på et Conservation Index over rødlistede arter. Blå linie viser effekten estimeret fra en bivariate regression, og gul linie viser effekten estimeret fra en multiple regression. Stiplede linier er ikke signifikante effekter, fuldt optrukne er signifikante.



Figur 2. Samlet forklaret variation fra de bivariate og multiple regressionsmodeller.

HVILKE PLANTEARTER GIVER STØRST DIVERSITET AF SVAMPE OG INSEKTER?

Hans Henrik Bruun & Rasmus Ejrnæs

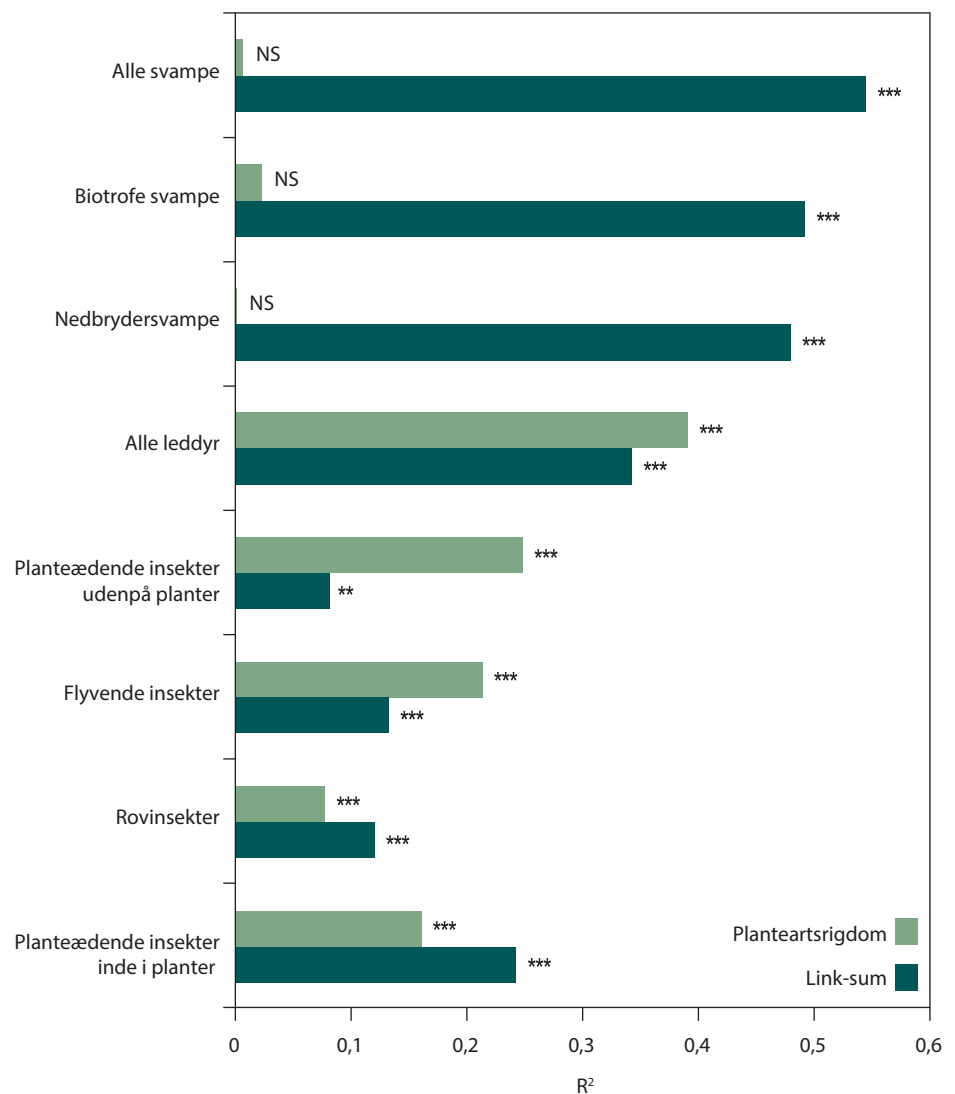
Vi har fundet ud af at planternes artsrigdom indirekte kan fortælle os en masse om mangfoldigheden af insekter og svampe. Men fra litteraturen ved vi også, at visse plantearter understøtter mængder af tilknyttede bestøverinsekter, planteædende insekter, mykorrhizasvampe o.s.v., mens andre arter kun har få arter tilknyttet. Ydermere er hovedparten af de planteædende insekter og mider knyttet snævert til en enkelt art eller slægt af planter. Hver planteart udgør altså i sig selv et specialiseret levested, men for et meget variabelt antal specialister, fra mindre end en håndfuld insekter på enebær til over hundrede på hassel. Det rejser spørgsmålet om vi ud fra en planteartsliste kan opstille en endnu bedre indikator for den samlede biologiske mangfoldighed ved at tage højde for forskelle i den artspulje af specialiserede insekter og svampe der er knyttet til hver slags plante.

Der er en mængde mulige grunde til at visse plantearter har en større tilknyttet artspulje end andre, fx størrelse og livslængde. Man ved at der er flere arter knyttet til store træer, der også kan blive meget gamle, end der er knyttet til en lille enårig art af siv. Plantearter der er vidtuddbredte, lokalt talrige og som har været i landet i årtusinder, har – alt andet lige – også flere arter af insekter og svampe tilknyttet.

Vi har brugt data indsamlet i Biowide-fladerne til at efterprøve de beskrevne hypoteser. Data for hvor mange svampearter der er knyttet til hver planteart fik vi fra Svampeatlas, mens vi hentede data for planteædende insekter og mider i en stor nordeuropæisk database. Fra dette udgangspunkt afprøvede vi to forskellige veje. Dels sammentalte vi blot antallet af kendte insekt- og svampearter knyttet til de plantearter, der var til stede i hver prøveflade. Dels beregnede vi – ud fra plantearternes karaktertræk (størrelse, livslængde, udbredelse og hyppighed o.s.v.) – en forudsagt artsrigdom af tilknyttede arter. Det gjorde vi blandet andet for at vise om metoden kunne virke i en anden egn af verden, hvor databaser som de nævnte ikke findes.

De foreløbige resultater ser meget lovende ud. Hvor planternes artsrigdom slet ikke viste nogen sammenhæng med svampenes artsrigdom, så kan planterigdommen vægtet med antallet af tilknyttede svampearter lede frem til en ganske fin forudsigelse af den svamperigdom vi faktisk har fundet i prøvefladerne (se figur). Og det gælder både for mykorrhizasvampe og for nedbrydersvampe. For de planteædende insekter og mider virker vores model knap så godt som for svampene, og bedst for galledannende og minerende dyr. For omkringflyvende insekter og for planteædere der sidder udenpå planterne var der ikke noget vundet ved at kende artspuljen af tilknyttede insektarter. For dem virkede den rå artsrigdom af planter udmærket.

Vi er på denne måde kommet et skridt videre i forståelsen af hvordan planternes artsrigdom og deres diversitet af størrelser og livsformer udvider det økologiske rum for plante-tilknyttede svampe og dyr.



Figur 1. Vi har bygget modeller til forudsigelse af antallet af forskellige grupper af svampe og insekter som funktion af enten artsrigdommen af planter eller summen af mulige links (værtsskaber for dyr og svampe) for de plantearter der fandtes i hver af de 130 prøveflader. Søjlerne viser R^2 , altså et udtryk for hvor meget af den variation i artsrigdom vi finder mellem Biowide-fladerne som kan forklares af henholdsvis planteartsrigdom og link-sum. Fungi = Alle svampe, Symbionts = biotrofe svampe, Decomposers = Nedbrydersvampe, Arthropods = Alle leddyr, Ext. herbivores = Planteædende insekter udenpå planter, Flyers = flyvende insekter, Predators = rovinsekter, Int. herbivores = Planteædende insekter inde i planter (galler og miner). NS= Ikke signifikant, ** = $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$.

ARTSRIGDOM I DET ØKOLOGISKE RUM

– FORSKNING I PROCES!

Rasmus Ejrnæs & Lars Dalby

Den store lakmustest i Biowide består i at repræsentere alle aspekter af det økologiske rum med indsamlede data, og dernæst undersøge om det kan bruges til at forklare variationen i artsrigdommen af forskellige organismegrupper. Dette projekt er endnu i en uafsluttet proces, og delresultaterne ser lovende ud. Ecospace konceptet fungerer som den overordnede metamodel. Med udgangspunkt i den har vi startet dette arbejde med at opstille en kausal model med forlæg i det som hedder Structural Equation Modelling (SEM). Her definerer man forskellige typer af relationer mellem variabler – fx kan næringsstatus, som er en del af en prøveflades "position", have betydning for produktionen af biomasse og sammensætningen af planter, som igen kan påvirke artsrigdommen af svampe eller leddyr. Vores arbejdsmodel for en SEM kan ses i nedenstående figur.

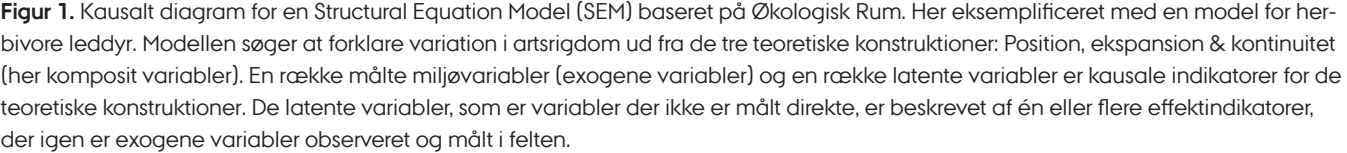
Vi forsøgte at bruge en SEM til at modellere karplanternes artsrigdom med, men idet planterne selv udgør de centrale dele af *ekspansion*, blev modellen så enkel, at vi lige så godt kunne bruge det mere fleksible værktøj som en generaliseret lineær model udgør. Her kan man lettere arbejde med poisson-fordelte data (tælledata for artsantal) og der er flere muligheder for at transformere forklaringsvariabler og kigge på diagnostiske plots over fordelingen af modellernes residualer.

En af de vigtige forklaringer på planterigdom som er blevet fremhævet i den nyere videnskabelige litteratur er de evolutionært og historisk bestemte artspuljer. Hvis der er mange arter som er tilpasset et miljø og som har formået at indvandre til et landområde, så vil der også være mange arter på lokaliteten. For at inddrage denne effekt har vi beregnet en økologisk artspuljevektor som funktion af det abiotiske miljø (position i det økologiske rum) og en geografisk artspuljevektor som funktion af prøvefladernes UTM-koordinater i Danmark. Disse vektorer er beregnet ud fra alle danske karplanters Ellenbergværdier og antallet af arter i Atlas Flora Danica ruderne som funktion af deres geokoordinater. Altså uafhængige data.

Modellen af karplanterigdom viser en tydelig effekt af abiotisk position, idet den økologiske artspulje og pH begge påvirkede artsantallet i positiv retning. Den økologiske artspulje forudsiger at der er flest arter knyttet til relativt lyse og basiske miljøer med moderat fugtighed. Desuden viste modellen en stærkt negativ effekt af kultivering, idet prøveflader med skovbrug og især landbrug havde færre arter, end prøveflader som ikke var i kultur. Dette er ikke overraskende, al den stund at kultiveringen sigter på at fremme en foretrukken afgrøde på bekostning af uønskede plantearter. Endelig kunne vi observere en svag positiv effekt af den geografiske artspulje, som forudsiger flest arter i prøveflader i den syd-østlige del af Danmark. Overraskende var der ikke nogen signifikant positiv effekt af tidlig eller rumlig kontinuitet. Selvom disse er vanskelige at kortlægge, kunne man godt have forestillet sig en effekt. Heller ikke landskabets tæthed af udyrket natur havde en effekt som kunne registreres på prøvefladens artsrigdom af planter.

Vi har lavet en tilsvarende GLM-model for svampene, men her udgår artspuljevariablerne som ikke kan beregnes på uafhængige datasæt for svampene. Dog kan plantelinks siges at være en slags artspulje, idet det er en vektor som siger noget om hvor stor artspulje af svampe som er knyttet til de planter som forekommer i prøvefladen. I dette lys er det interessant at plantelinks har den klart største effekt – svarende til effekten af økologisk artspulje for planterne. Artsrigdom har altså en stærk evolutionær komponent. Desuden var det interessant, at de øvrige ekspansionsvariabler – dødt ved, gødning og førne – alle havde en signifikant positiv effekt på svamperigdom.

Dalby, L., Bruun, H.H., Brunbjerg, A.K., Høye, T.T., Svenning, J.-C., Frøslev, T.G., Fløjgaard, C., Moeslund, J.E. & Ejrnæs, R. Ecospace effects on multi-taxon species richness across gradients in terrestrial ecosystems. Work in progress.



Økologisk rum	Variabel	Niveau	Planterigdom			Svamperigdom		
			Effekt	Deviance	P-værdi	Effekt	Deviance	P-værdi
	Skæring		3,76		***	3,66		***
Position	Økologisk artspulje		0,32	114,0	***	–	–	–
Position	pH		0,23	36,6	***			NS
Position	Lys-intensitet				NS	-0,16	8,2	**
Position	Jordfugtighed				NS	-0,14	9,3	**
Position	Næringsstatus	Lineær			NS	0,03	6,6	*
Position	Næringsstatus	Kvadratisk			NS	-0,12	19,2	***
Ekspansion	Plantelinks		–	–	–	0,30	198,7	***
Ekspansion	Dødt ved		–	–	–	0,15	9,9	**
Ekspansion	Gødning		–	–	–	0,15	10,8	**
Ekspansion	Førne		–	–	–	0,06	7,8	**
Kontinuitet	Tidslig kontinuitet				NS			NS
Kontinuitet	Rumlig kontinuitet				NS			NS
Co-variable	Kultivering	Skovbrug	-0.21	38,9	***	-0,21	10,5	**
Co-variable		Landbrug	-0.69			-0,56		
Co-variable	Geografisk artspulje		0.04	8,3	***	–	–	–
Residualer				132,4			154,7	
Pseudo r ²			60 %			64 %		

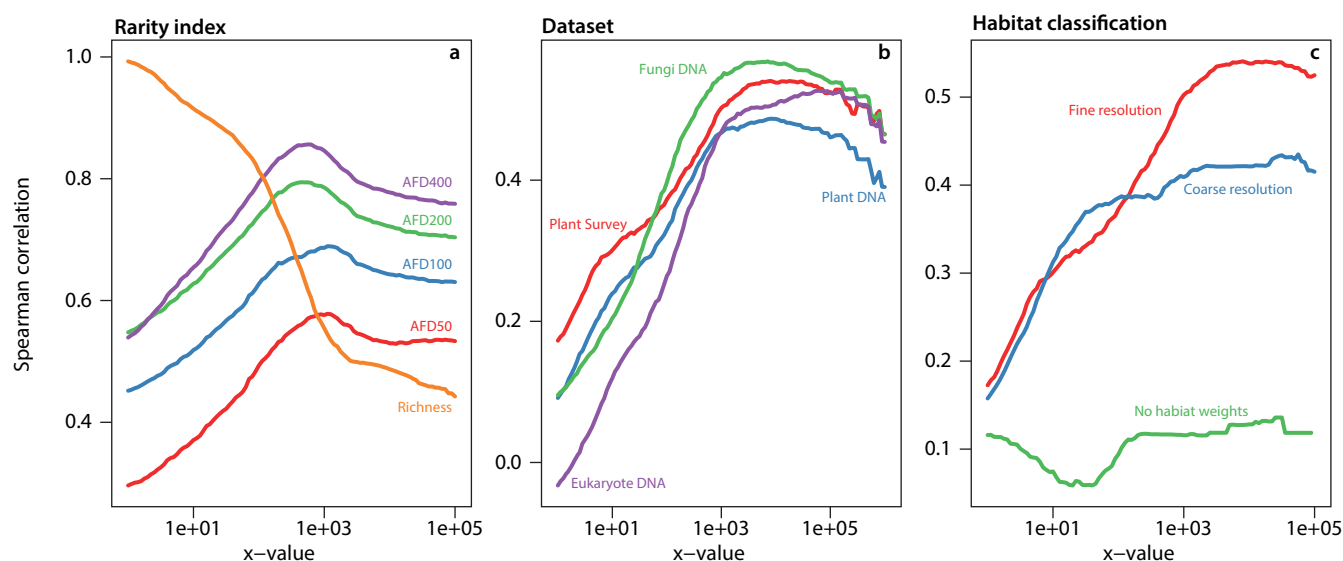
HVORDAN DEFINERER MAN EGENTLIG UNIKHED FOR EN LOKALITET?

Rasmus Ejrnæs

Vi har arbejdet meget med at forstå variationen i artsrigdom i Biowide, men når vi taler om naturbeskyttelse, er man ofte mere interesseret i om der er sjældne og truede arter. Det kan man let lave en optælling af, når vi taler om karplanter eller fugle, hvor vi har omfattende atlasundersøgelser, senest Atlas Flora Danica, som har kortlagt plantearternes nationale udbredelse. For andre artsgrupper er vores viden mindre fuldstændig, men så kan man måske bruge rødlistens vurdering af arternes trusselskategorier. Men også her kommer vi til kort for mange arter, da det kun er knapt en tredjedel af alle kendte danske arter som er rødlistevurderet.

Med afsæt i Biowides mange artsdatasæt har vi opstillet en formel for unikhed som bygger på en beregning af sandsynligheden for at møde hver af de forskellige arter eller OTU'er som vi har fundet i en tilfældig prøve. Denne sandsynlighed er en funktion af artens hyppighed i de habitater, som den findes i, og af disse habitaters udbredelse i Danmark. På den måde vil sandsynligheden for at finde en art som er registreret på en mark altid være høj fordi markerne er så udbredte i Danmark, mens en art som udelukkende forekommer i gammelt ugødsket kalkgræsland, og måske endda er sjælden på dette levested, vil have en meget lille sandsynlighed for at blive fundet i en tilfældig prøve. Formlen for unicitet – eller *uniquity* som vi har døbt det på engelsk, ser sådan her ud:

$$U = \sum_{i=1}^m \left(1 - \sum_{j=1}^n q_{ij} * r_j\right)^x$$



Figur 3. Korrelationer mellem beregnet unicity og uafhængige mål for "unikhed" for stigende værdier af skalaparameteren X. 3a viser korrelationer med antallet af plantearter med forekomst i færre end 50, 100, 200 og 400 Atlas Flora Danica ruder (ud af 1300 mulige) og med artsrigdommen i prøvefladerne. 3b viser korrelationer med antallet af rødlistede arter, men for unicity beregnet på fire forskellige datasæt, nemlig planter, plante-DNA, svampe-DNA og eukaryot-DNA. 3c viser korrelationer for tre forskellige habitatvægte – en med høj opløselighed, hvor vi arbejder med 48 forskellige habitattyper med forskellige nationale udbredelser, en med lav opløselighed, hvor vi inddeler habitaterne i tre hovedkategorier og en beregning helt uden habitatvægte.

Hvor unicity (U) er summen af de enkelte arters bidrag fra art "i" til "m", og artens bidrag er defineret som sandsynligheden for at arten IKKE findes i "X" prøveflader, hvilket svarer til 1 minus sandsynligheden for at arten findes i en prøveflade opløftet til en potens af "X". Sandsynligheden for at arten findes i en prøveflade er givet ved summen af sandsynlighederne for alle de habitattyper arten forekommer i og sandsynligheden for disse er givet ved artens frekvens i habitattypen (Q_{ij}) ganget med habitattypens andel af det samlede undersøgte landareal (r_j).

X er en parameter som vi argumenterer for udtrykker den rumlige skala som man ønsker at evaluere unicity på. Hvis man sætter X til 0, så kommer alle arter til at tælle 1 point, og så bliver unicity = artsrigdom. Jo større X man vælger, jo mere vægt vil man lægge på artenes sjældenhed, og til sidst vil man kun lægge give point til arter som forekommer en enkelt gang i en meget sjælden habitattype. Analyser på Biowidedatasættet viser at en X på omkring 1000-10000 giver unicitetsværdier som korrelerer bedst med uafhængige mål såsom antallet af rødlistearter eller sjældenhedsindeks baseret på planternes kendte udbredelse fra Atlas Flora Danica. Unicity viser sig at være et stærkere mål end andre brugte mål for unikhed af biotiske samfund.

Ejrnæs, R., Frøslev, T.G., Høye, T.T., Kjøller, R., Oddershede, A., Brunbjerg, A.K., Hansen, A.J., Bruun, H.H. Unicity: A general metric for biotic uniqueness of sites. Under revision for Biological Conservation.

BIOWIDE:

HVAD HAR VI SÅ LÆRT?

Rasmus Ejrnæs, Toke Thomas Høye, Tobias Guldberg Frølev, Camilla Fløjgaard & Hans Henrik Bruun

Selvom vi slet ikke er færdige med at uddrage viden af de indsamlede Biowidedata, så har vi allerede lært en masse, og nedenfor har vi gjort et forsøg på at uddrage essensen.

UDLÆGNINGEN AF PRØVEFLADER

Den store udfordring med at finde steder i Danmark som kunne repræsentere forskellige økologiske referencesituationer, mindede os om hvor lidt natur vi har tilbage, som ikke er overvejende præget af skovbrug, landbrug eller infrastruktur. Landet er gennemskåret af stier og veje, vegetationen er modificeret ved såning, plantning, ukrudtsbekæmpelse, tynding og hugst af træer, vandet er afledt gennem grøfter og dræn og der er tilført næringsstoffer aktivt eller passivt alle vegne. Vi lagde ud med en målsætning om prøveflader på 100 x 100 meter, men måtte resignere og reducere til 50 x 50 meter og hurtigt derefter til 40 x 40 meter da større prøveflader ikke var mulige at udlægge i de sidste relikter af græsland på stejle skrænter, små urørte skovpartier og små grundvandspåvirkede moser uden grøfter. Det var også en udfordring at få tilladelser til at lave videnskabelige undersøgelser. Mange lodsejere takkede nej til vores henvendelse med begrundelse i hensynet til jagtinteresser og privatlivets fred. Desuden viste det sig, at være svært at overholde aftaler om at prøvefladerne skulle friholdes fra indgreb i de fire år undersøgelserne varede. Måske siger det bare noget om hvor meget vi mennesker hele tiden blander os i naturens gang – ikke en plet på Danmarkskortet ligger hen i flere år uden en eller anden form for drift, pleje eller omlægning. Vi havde bevidst fravalgt hav, søer, vandløb og saltpåvirkede strandenge, og vi havde været forsigtige med at medtage meget forstyrrede økosystemer som strande og hvide klitter. Men bortset fra det kan vi se af vores analyser, at det lykkedes os at repræsentere stort set al den variation vi i øvrigt kender fra landbaserede økosystemer, fra krat og naturskove over moser, klitter og græsland til dyrkede marker og plantager. At vi kom i mål skyldtes i høj grad at der var lodsejere – offentlige som private – der takkede ja til at huse projektet.

KORTLÆGNING AF BIODIVERSITET

Vi har gennemført en omfattende kortlægning af biodiversiteten på landjorden og selv om vi kun har inventeret et samlet areal svarende til ca. 50 fodboldbaner, har vi alligevel fundet mange tusinde arter af planter, dyr og svampe. Erfaringerne viser at dette kun er muligt hvis man kan ansætte eksperter inden for de mange forskellige grupper af arter. Vi var heldige, at der stadigvæk findes eksperter som vi kunne knytte til projektet. Inden for flere af de vanskelige artsgrupper er de førende eksperter i dag arbejdsløse eller daglejere, og det er svært at tolke dette anderledes end, at beslutningstagerne i samfundet generelt ikke tillægger det nogen synderlig værdi at have et stort kendskab til den danske biodiversitet. Det er i hvert fald ikke nødvendigvis en evne som bliver belønnet med fast ansættelse i den akademiske verden længere. På trods af dette dystre perspektiv, valgte vi i Biowide at være optimistiske og bruge de ansatte eksperter til at etablere en mesterlære-ordning i projektets løbetid. Ordningen bestod i at dygtige og engagerede amatører blev inviteret med ud at registrere arter under ledelse af Biowides eksperter i mosser, galler og miner, laver og storsvampe, og desuden blev der afholdt velbesøgte kurser og oplæring i sortering og artsbestemmelse af de indsamlede leddyr

på Naturhistorisk Museum i Århus. Dette har styrket interessen for naturhistorie og kompetencerne i artsbestemmelse, især blandt biologistuderende og engagerede amatører. Til gengæld viste det sig at projektet var mindre egnet til at frivillige kunne registrere arter efter eget valg og i eget tempo. De data som skulle bruges til sammenligninger på tværs af fladerne, måtte nødvendigvis indsamles på sammenlignelige måder, og når man skal sikre ensartet kortlægning af 130 flader fordelt i hele Danmark, så er det ikke længere en ferietjans, men hårdt arbejde.

De kortlivede og mobile insekter og ustadige svampefrugtleger har ikke overraskende budt på særlige udfordringer i Biowide. Selv efter flere indsamlingsrunder og med flere forskellige indsamlingsmetoder taget i brug, er vi stadig langt fra at have fundet alle arter af svampe og hvirvelløse dyr i fladerne – også selvom vi på forhånd havde udelukket nogle af de mindste og sværeste artsgrupper såsom de fleste af tovingerne (fluer og myg m.fl.) og sæksvampene. På trods af disse begrænsninger har vi oparbejdet et enestående datasæt over Danmarks landbaserede biodiversitet, og det har været spændende og lærerigt for de aktive at være med i.

KORTLÆGNING AF DET ØKOLOGISKE RUM

Hvad bestemmer biodiversiteten? – det er et af tidens store uløste videnskabelige spørgsmål. Biowide bygger på idéen om økologisk rum som forklaringsramme for variation i biodiversiteten. Men vi har været lidt på gyngende grund, da der ikke findes nogen facitliste man lige kan slå op i, og derfor har vi selv måttet udvikle konceptet og finde de bedst egnede metoder. Vi har brugt dataloggere til mikroklima, plotfri tæthedsestimering til rigdommen af blomster, gødning og dødt ved, og opmålinger med klup og målebånd til træer og dødt ved. Noget af det som har givet flest grå hår i hovedet har været kortlægningen af tidslig og rumlig kontinuitet. Sådant en prøveflade har jo mange forskellige egenskaber, og hvor mange af disse skal være uforanderlige i tid og rum før det tæller? Tag eksempelvis et pilekrat som er startet med enkelte små pilebuske på en eng eller mose, men efterhånden gradvist har lukket sig til et tæt krat. Det er en proces som kan forløbe over flere årtier, men hvornår kan man sige at pilekrattet som vi har undersøgt i år 2014 var etableret som pilekrat? Nogle arter fandt deres levested, da den første pilebusk indvandrede og andre først da den ældste pilebusk døde og der var tilgængeligt dødt ved. Kortlægningen af rumlig-tidslig kontinuitet har derfor nødvendigvis været delvist baseret på ekspertvurderinger – også fordi naturkortlægning og historiske kilder langt fra er lige så detaljerede som alle de informationer vi har om vores prøvefladers biologi og miljøforhold. Mens vi fører detaljeret logbog over arealdisponering og hændelser på de nyttige areal med landbrug og skovbrug, føres der ikke arealstatistik over de unyttige naturarealer, så man er henvist til tolkninger af flyfotos og grove arealkategorier såsom skov og 53-natur.

DNA OG LIDAR

I Biowide har vi budt de nyeste metodiske landvindinger velkommen og satset en væsentlig del af projektet på at indsamle jordprøver og ekstrahere og sekvensere DNA'et i jorden (såkaldt metabarcoding) med henblik på at blive klogere på nogle af alle de arter som vi ikke umiddelbart kan finde med traditionelle metoder, eksempelvis rundorme og mikrosvampe. Samtidig har vi haft som formål at evaluere om metabarcoding i denne form kan bruges til at kortlægge biodiversitet med. Vores analyser viser, at det faktisk er muligt at få et retvisende billede af både sammensætningen og diversiteten af arter som efterlader DNA-spor i jordbunden. Undervejs til denne erkendelse har vi dog selv måttet udvikle metoder til bioinformatisk oprensning af sekvensdata, og her har det store Biowide-datasæt været til stor nytte. Vores evalueringer viser også at hvis

man skal repræsentere hele biodiversiteten er det nødvendigt også at indsamle prøver af overjordiske substrater såsom planter og sten og måske er det også hensigtsmæssigt at indsamle prøver fra anderledes levesteder som fx myretuer, plantetuer, musegange, hule træer, poresvampe, kokasser og lignende. Vores resultater åbner helt nye perspektiver for en mere omfattende biodiversitetskortlægning i tid og rum ved hjælp af DNA-sekvensering. En af ulemperne ved DNA-metoderne er at referencebibliotekerne er så ufuldstændige og fejlbehæftede, at det endnu ikke er muligt at få en pålidelig identifikation/annotering af sine DNA sekvenser. I stedet må man arbejde med OTU'er – Operational Taxonomic Units.

Vi har også undersøgt muligheden for at bruge nationale LiDAR-datasæt til at forudsige variation i landjordens artsrigdom. Potentialerne for dette er store, og eksempelvis kan vi vise hvordan LiDAR overbevisende reproducerer de effekter som følger af stigende kompleksitet i vegetationen fra lysåbne plantesamfund til krat og skove. En af de artsgrupper som i særlig grad responderer på denne gradient er jo svampene.

PLANTER SOM INDIKATORER FOR DEN BREDE BIODIVERSITET

Den traditionelle tilgang til naturkortlægning og naturovervågning er baseret på velkendte grupper som fugle og særligt planter. Planter udmærker sig ved at være stedtilknyttede, afspejle de gældende miljøforhold, nogenlunde lette at bestemme og mulige at registrere i mange af årets måneder uanset vejrforholdene. Desuden er der planter i de fleste landbaserede økosystemer. Derfor satte vi os for at bruge Biowide-data til at undersøge om planterne kan repræsentere den øvrige biodiversitet. Vores analyser viser helt enkelt, at det kan de godt, men kun hvis man inddrager planternes miljøindikation i analyserne. Hvis man alene kigger på artsrigdommen af planter eller på forekomsten af sjældne planter, så er der ingen garanti for at dette har nogen udsagnskraft for andre organisme-grupper. Men hvis man bruger planternes indikation af pH, jordfugtighed, næringsstatus og lys, så viser det sig at der for langt de fleste organismegrupper er en god forudsigelse og en helt generel positiv effekt af planternes artsrigdom. Steder med mange forskellige planter er altså alt andet lige også steder med mange arter af dyr og svampe.

Vi er også gået et spadestik dybere og har spurgt, om nogle planter giver levesteder for flere dyr og planter end andre, og her er svaret at de "bedste" levesteder er knyttet til flerårige planter, planter som er hjemmehørende i Europa, træer og buske frem for urter, vedplanter som kan danne ekto-mycorrhiza og planter som er almindelige i Danmark. Med denne viden kan man forbedre forudsigelserne af svampenes artsrigdom ud fra vegetationen. Det kniber mere med rigdommen af insekter, men det skyldes antageligt at mange insektarter er generalist-rovdyr eller generalist-planteædere eller de er parasitter på andre insekter. Ser vi isoleret på insekter som lever inde i planter – altså i galler og miner, så kan vi ligesom for svampene forbedre forudsigelserne ud fra forekomsten af plantearter der byder på mange levesteder.

HVAD KAN SÅ FORKLARE ARTSRIGDOMMEN AF PLANTER?

Vores analyser af planternes artsrigdom viser at der er flest arter af planter i miljøer som har udviklet et stort artspulje af planter i evolutionær tid. Artspuljerne er generelt større i centrum af det økologisk rum end i periferien, dog med en forskydning mod lysåbne og kalkrige miljøer. Og artspuljerne er lidt større i det østlige Danmark på Sjælland, Lolland, Møn, Fyn og Østjylland end i Nord- og Vestjylland. Effekterne af artspuljerne afspejler sig også i vores Biowidedatasæt. Når man har taget højde for dette, er der stadigvæk signifikante positive effekt af stigende pH og en stærk negativ effekt af den kultivering som kendetegner landbrugsarealerne. Lidt overraskende kan vi ikke finde signifikante effekter

af tidlig og rumlig kontinuitet. Det er ligeledes en overraskelse at der ikke kan ses en signifikant negativ effekt af høj næringsstatus. Dette skyldes muligvis at der i modellen er indbygget en positiv effekt for lysåbenhed i artspuljen, at nogle af de artsrige ellesumpe netop har en høj næringsstatus og at der er en stor negativ effekt for landbrugspåvirkning i modellen.

HVAD KAN FORKLARE FOREKOMSTEN AF UNIKKE ARTER?

Vi er klar over at artsrigdom ikke er det samme som biodiversitet. På større skala vil der være en stigende betydning af sjældne arter, og ofte vil de være sjældne som følge af menneskeskabte miljøforandringer. Der er udviklet metoder til at prioritere netværk af beskyttede områder som til sammen beskytter flest mulige arter, men der er ikke så mange metoder til at vurdere en konkret lokalitets unikke bidrag til biodiversiteten. Den enkleste tilgang er naturligvis blot at tælle antallet af sjældne eller unikke arter som forekommer på lokaliteten, men for mange af de arter vi har kortlagt, kender vi ikke deres nationale udbredelse og for store dele af den kortlagte genetiske diversitet har vi ikke engang navne på arterne. Vi valgte i stedet at definere unikhed som en skalerbar parameter, som tildeler alle arterne på et sted en generel unikhedsværdi som udtrykker sandsynligheden for at arten ikke bliver fundet i en undersøgelse af en vis størrelse. Forudsætningen for at kunne gøre dette er at man har en *a priori* viden om hvor stor en del af landskabet en prøveflade repræsenterer. Eksempelvis repræsenterer vores dyrkede marker jo ca. 60% af landskabet, mens et ekstremrigkær som Vandplasken eller Uggerby Strand repræsenterer under en promille af landskabet. Vi har kaldt vores nye unikhedsmål for *unicitet* – på engelsk *uniquity* – og vi kan demonstrere at det også kan beregnes ud fra genetiske data. Samtidig viser vores data, at *unicitet* er nøje knyttet til levestedernes sjældenhed. Dette er måske banalt, men det giver altså mening at bevare sjældne levesteder, fordi de bidrager uforholdsmæssigt meget til biodiversiteten overordnet set i det omkringliggende landskab.

HVAD HAR FORSKNINGEN I ØKOLOGISK RUM LÆRT OS?

Fokus på økologisk rum har været en slags dogmeregulering i Biowide. Vi har tvunget os selv til at designe projektet og analysere data med økologisk rum som den bærende forskningsidé hele vejen igennem. Dette fokus har naturligvis begrænset os på nogle måder, men har samtidig gjort det muligt at undersøge interessante hypoteser om hvad der egentlig kan forklare variation i vores biodiversitet. Nogle af de resultater vi har fundet er trivielle, men når man som forsker leder efter dokumentation for banale sammenhænge som alle er enige om, viser det sig ofte, at der ikke findes empirisk evidens for disse. Eksempelvis kunne vi godt have gættet på at store, almindelige, længelevende og hjemmehørende plantearter byder på flere levesteder for dyr og svampe end andre planter, men nu kan vi faktisk også vise at det forholder sig sådan. Tilsvarende har vi kunnet vise, at planter helt generelt er gode indikatorer for den øvrige biodiversitet. Men vi har også kunnet vise, at det forudsætter at man udnytter hele den økologiske information som ligger i plantelisten og ikke nøjes med at tælle plantearterne. Mere overraskende har det været at den formodet positive effekt af tidlig og rumlig kontinuitet på artsrigdom er vanskelig at demonstrere i praksis, men måske gemmer der sig en endnu uopdaget effekt på de sjældnere arter af kortlivede insekter, som vi endnu mangler at finde? Vores datasæt egner sig også fremragende til at undersøge nogle af de helt nye metoder til naturkortlægning og vi har således kunnet evaluere svagheder og fordele ved eDNA og flybåren scanner. Når man kigger nye steder hen i sin forskning, finder man også nogle gange overraskende resultater – eksempelvis er det overraskende og endnu uforklarligt, at ektomykorrhizadannende vedplanter har flere tilknyttede insektarter end andre tilsvarende planter i den danske flora. Tilsvarende har det været en aha-oplevelse for de

fleste af Biowides forskere, at nogle af de mest artsrige prøveflader er gamle tilgroede og forsumpede krat. Sådanne krat med pil, birk, el, ask, bævreasp, gran, fyr og en række forskellige buske har ikke nogen særlig høj status i naturforvaltningen. Man kan derfor frygte at de vil blive ryddet for at fremme et landskab med mere åbne enge og moser. Her kan Biowide minde naturforvaltningen om værdien af de tilgroede krat.

FREMTIDEN

Biowide afsluttes nu, men datasættet, analyserne og arbejdet med at publicere de mange spændende resultater vil fortsætte i de kommende år. Biowides *afterlife* er allerede blevet til virkelighed inden projektets afslutning, idet DNAMark projektet under støtte af Aage V Jensens fonde har inddraget prøvefladerne i Biowide i udviklingen af en generelt metode til kortlægning af biodiversitet ved hjælp fra eDNA. Tilsvarende indgår de indsamlede jordprøver og DNA-data i Soil Tracker projektet med støtte fra Innovationsfonden, et projekt som undersøger muligheden for at bruge genetiske spor fra jordrester i retsgenetiske analyser i forbindelse med politimæssigt opklaringsarbejde. Vi byder alle forslag til at udnytte de indsamlede informationer i Biowide velkomne og stiller data til rådighed for den fremtidige forskning.

BioWide.dk

