

BIOINVASIONER – ET GLOBALT PROBLEM

Af Ole Hamann

Centrale budskaber

- Bioinvasioner, dvs. introduktion og spredning af invasive, ikke-hjemmehørende arter, udgør et globalt problem af væsentlig betydning for natur og biodiversitet
- Bioinvasioner resulterer, på langt sigt, i homogenisering af fauna og flora, naturændringer, tab af biodiversitet og forringelse af naturkvalitet
- Der er behov for øget opmærksomhed omkring bioinvasioner som en snigende trussel mod den danske natur
- Danmark bør fortsætte deltagelsen i det internationale arbejde omkring udvikling af de videnskabelige, tekniske, politiske og retslige redskaber, som er nødvendige for at imødegå aktuelle og fremtidige bioinvasioner
- Med Rio-konventionen som grundlag bør overordnede retningslinier for håndtering af bioinvasioner indbygges i den nationale handlingsplan for naturbeskyttelse og biologisk mangfoldighed, som er under udarbejdelse.
- Miljø- og Energiministeriet bør tage initiativ til udarbejdelse af en national handlingsplan for håndtering af invasive arter, inklusive genetisk modificerede organismer (GMO'er).

Indledning

Invasioner i naturlige eller semi-naturlige økosystemer og habitater af ikke-hjemmehørende arter er en proces, hvor de invasive arter indføres eller indslæbes, etableres og spredes, oftest med betydelige negative effekter for natur og biodiversitet til følge.

Sådanne bioinvasioner (eller biologiske invasioner) forløber som regel over en forholdsvis lang tidsskala og i nogle tilfælde endda i en evolutionær skala. Bioinvasioner er på én gang et aktuelt og væsentligt problem for bevaring af oprin-

delig natur og biodiversitet og et langsigtet problem af biologisk/evolutionær karakter, fordi bioinvasioner nedbryder klodens naturlige biogeografiske og økologiske barrierer. Bioinvasioner anses i dag af mange forskere for at være den største trussel, næst efter habitatødelæggelse, mod den globale biodiversitet (Sandlund *et al.*, 1999, UNEP, 1995, Williamson, 1999).

Bioinvasioner kan medføre betydelige ændringer i naturen, på såvel landskabs- og økosystemniveau som på arts- og genetisk niveau. Bioinvasioner kan forandre de naturlige økologiske processer, økosystemernes artsammensætning og den ge-

netiske sammensætning hos arter og populationer. Den kan i sidste ende resultere i uddøen af oprindeligt forekommende arter; uddøen på grund af bioinvasioner er veldokumenteret på oceaniske øer (Cronk & Fuller, 1995, MacDonald *et al.*, 1989, UNEP, 1995, Williamson, 1996).

Bioinvasioner er blevet kaldt for "biologisk forurening", men i modsætning til kemisk forurening kan de "biologiske forurenere" tilpasse sig, forme sig og sprede sig. Bioinvasioner medfører en langsom opblanding og forarmning af jordens flora og fauna, en homogenisering af biodiversiteten. Dette synes, lokalt set, at være et paradoks, fordi indførsel og indslæbning af arter umiddelbart øger den lokale biodiversitet, men i og med at det kan føre til at hjemmehørende arter uddør, bliver resultatet, at den samlede globale biodiversitet forringes. Desuden medfører det en homogenisering, fordi få vidtudbredte, invasive arter kommer til at dominere store områder på bekostning af de lokalt udbredte, hjemmehørende arter.

De invasive arter bliver indført og spredt af mennesker, tilsigtet eller ikke. Invasive arter er ikke-hjemmehørende organismer, som bringes til og spreder sig i naturlige eller semi-naturlige habitater udenfor deres naturlige geografiske udbredelsesområde (dvs. i habitater, hvor arterne ikke har en evolutionær historie) med betydelige negative effekter for den hjemmehørende natur og biodiversitet. Genetisk modificerede organismer (GMO'er) kan betragtes som "nye", ikke-hjemmehørende arter med potentiale for invasiv spredning, specielt på det genetiske niveau (gennem genspredning til beslægtede, hjemmehørende arter). Men det er vigtigt at bemærke, at mange af de vigtigste afgrøder og andre nytteplanter, husdyr og andre nyttige organismer hverken er hjemmehørende eller invasive.

Bioinvasioner har i høj grad en samfundsdimension, som ikke blot vedrører natur og biodiversitet. Der har mere været fokus på de invasive arters betydning for menneskers og husdyrs sundhed, og for land- og skovbrug og andre økonomiske interesser, end på deres virkninger på naturen. Men truslerne mod natur og biodiversitet lapper ofte over med truslerne mod andre samfundsinteresser, som når Elmesyge (*Ophiostoma novo-ulmi*) dræber så godt som alle Elmetræer i Danmark. Og som det f.eks. ses i de store søer i

USA, hvor den invasive Vandremusling (*Dreissena polymorpha*) udkonkurrerer de hjemmehørende arter og ændrer ferskvandsøkosystemerne. Samtidig koster denne bioinvasion enorme summer, fordi muslingerne både forårsager tilgroningsproblemer i vandledninger, på skibe og havneanlæg, og medfører faldende fiskeriudbytte, fordi muslingerne æder alt mikroplanktonet, så større organismer som zooplankton, larver og fiskeyngel sultes væk. Tilsvarende har den sydamerikanske Vand-hyacint (*Eichornia crassipes*) invaderet mange af verdens tropiske søer og vandløb og har med sin eksplosive vækst skabt store problemer for den lokale biodiversitet og for fiskeri og bådtrafik, ikke mindst i Afrika.

Bioinvasioner har en lang historie, men omfanget er stærkt stigende. Sandsynligheden for nye og hyppigere bioinvasioner stiger på grund af befolkningsvækst, øget international samhandel og transport, hurtigere og hyppigere rejseaktivitet og civilisationens indtrængen i fjernere og tidligere utilgængelige egne af jorden. Klimaændringer, samt ændringer i anvendelse og drift af jorden vil også øge sandsynligheden.

De enkelte landes håndtering af problemerne er i de fleste tilfælde utilstrækkelig til at forhindre yderligere skadevirkninger. Retlige, institutionelle og teknologiske forbedringer bliver ikke gennemført i samme takt som antallet af bioinvasioner øges verden over. Dertil kommer, at risikovurderinger i forbindelse med invasive arter oftest er særdeles usikre og sjældent langsigtede nok. Hvis jordens forskellige lande skal kunne sikre den naturlige, oprindelige biodiversitet indenfor deres grænser, er der behov for en koordineret, international indsats.

Et væsentligt grundlag for en sådan indsats er "Konventionen om Biologisk Mangfoldighed" (Rio-konventionen). Den indeholder bestemmelser om både GMO'er og invasive arter i forhold til natur og biodiversitet. Konventionen opfordrer medlemslandene til så vidt muligt "at udvikle eller bevare midler til at regulere, forvalte eller styre risikoen ved anvendelse og udledning af levende, bioteknologisk modificerede organismer, som kan formodes at have negative miljøpåvirkninger til skade for bevaring og bæredygtig udnyttelse af den biologiske mangfoldighed, idet der tages hensyn til mennesker" (min

fremhævning), og "at forhindre indførelse af, kontrollere eller udrydde fremmede arter, der truer økosystemer, levesteder eller arter" (artikel 8, afsnit g og h) (Miljø- og Energiministeriet, 1995).

Bioinvasioner er et globalt problem

Hvilke arter er invasive og hvorfor?

Invasive arter findes blandt alle organismegrupper, dyr, planter og mikroorganismer, og nogle grupper synes at være mere invasive end andre. Blandt de bedst undersøgte "funktionelle" plantegrupper er ukrudt i landbruget. Der er omkring 8000 arter, som anses for at være ukrudt, heraf er ca. 250 alvorlige skadevoldere, og halvdelen

af disse verdens værste ukrudtsarter er græsser. Ukrudtsplanter er gennemgående generalister, dvs. arter, der ikke har specielle krav til voksested, vokser hurtigt, har en stor formerings- og spredningsevne, kan klare sig i habitater som forstyrres af menneskelig aktivitet osv. Ligesom ukrudt er mange, måske de fleste, invasive plantearter generalister, men også planter, som er specialister (med specielle krav til voksested, langsom vækst, begrænset formeringsevne, osv.), kan optræde invasivt, hvilket især ses i mere uforstyrrede og komplekse habitater. Noget tilsvarende gør sig gældende for andre organismegrupper, der optræder invasivt, som f.eks. insekter.

Invasive arter kan indtage forskellige roller i økosystemerne, og den invasive art kan f.eks. være gene-

Definitioner

Ved **natur** forstås i rapporten de spontane geogene og biogene processer og strukturer i landskabet. Disse er ofte påvirket eller ledsaget af menneskeskabte strukturer og processer.

Ved **biodiversitet** forstås mangfoldigheden og variationen af alt liv på jorden, i alle dets former, niveauer og kombinationer, dvs. millioner af dyr, planter og mikroorganismer, de gener de indeholder og de økosystemer, de danner. Biodiversiteten omfatter således økosystem-diversitet, artsdiversitet og genetisk diversitet, eller med andre ord mangfoldigheden og variationen indenfor og mellem økosystemer, arter, populationer og gener.

Ved **bioinvasion** eller biologisk invasion forstås introducerede arter, underarter eller gener som er invasive, dvs. breder sig på bekostning af hjemmehørende organismer eller lokale genetiske varianter.

Dansk natur består af et antal **hjemmehørende arter**. Hjemmehørende arter er i sin tid indvandret og har etableret sig i selvreproducerende bestande. Begrebet hjemmehørende er ikke knyttet til tilfældige nationale grænser, men må ansues biologisk ud fra populationsmæssige (genetiske) og biogeografiske betragtninger og omfatte arter, som forekommer i deres naturlige biogeografiske udbredelsesområde, d.v.s. i det område som arterne findes i naturligt eller kunne findes i, uden indførsel eller indslæbning af mennesker.

Nye arter i dansk natur kan indvandre ved egen hjælp som en del af de naturlige kolonisations processer. På den måde er størstedelen af de arter vi træffer i dansk natur kommet hertil efter sidste istid. Denne proces afsluttes aldrig, fordi naturen er under stadig ændring, f.eks. af klimatiske årsager.

Nye arter kan også komme hertil ved menneskets hjælp. Der er så tale om **ikke hjemmehørende arter**. Sådanne **introducerede arter** kan enten være **indført** bevidst eller være **indslæbt**. Det siger sig selv, at det undertiden kan være vanskeligt afgøre, om en art for over hundrede år siden er blevet indslæbt ubevidst eller er kommet af sig selv.

ralist eller specialist, planteæder eller rovdyr, vedplante eller urt, parasit eller en patogen organisme. Men der findes ikke et fælles globalt mønster, der kan karakterisere *alle* potentielt invasive organismer.

Hvordan spredes de invasive arter og hvor kommer de fra?

Nedbrydningen af de naturlige biogeografiske barrierer, som tidligere begrænsede spredning og udveksling af organismer og gener mellem verdensdelene, skyldes menneskets aktivitet og transport. Invasive arter bliver især spredt som blinde passagerer i skibe (f.eks. i ballastvand), fly, lastbiler, containere og pakkemateriale, eller de bliver transporteret med planteprodukter, frugt, grøntsager, frø og andre importvarer. For eksempel blev 81% af alle ikke-hjemmehørende

arter (38 af 47), som kom ind i USA i perioden 1980-93, indført utilsigtet i forbindelse med international handel (McNeely, 1999).

I Nord- og Sydamerika kommer hovedparten af de invasive planter fra Middelhavsregionen og det vestlige Asien. Det kan der være flere grunde til. Arter fra en bestemt klimazone optræder hyppigere som invasive i den samme klimazone et andet sted på jorden, end de gør i andre klimazoner. Desuden har Middelhavsregionen og det vestlige Asien en lang historie med menneskelig aktivitet, og det var formentlig ét af de områder, hvor agerbruget opstod. Så det er ikke forbavsende, at arter, som har tilpasset sig agerbruget gennem tusinder af år, har udviklet træk, som gør dem invasive.

Nye introducerede arter kan blot være på gæstevist og forsvinde igen i løbet af kort tid. De bliver **ikke naturaliserede**, dvs. danner ikke selvreproducerende bestande i naturområder. Andre klarer sig kun i kortere eller længere tid i stærkt menneskepåvirkede habitater – haver, parker, havneområder, jernbaneterræner etc; de bliver **adventive**.

Nogle introducerede arter etablerer sig i dansk natur, de bliver **naturaliserede**. Størstedelen finder en stilfærdig placering i danske økosystemer og ændrer ikke disse væsentligt. De er **ikke-invasive**. Nogle arter vil imidlertid brede sig kraftigt og påvirke naturlige danske økosystemer afgørende. De bliver **invasive**. Det er ikke muligt på forhånd at skelne skarpt mellem invasive og ikke invasive arter. En art kan opføre sig stilfærdigt i lang tid og derefter brede sig invasivt i løbet af en kortere årrække.

Nye gener kan blive introduceret fra nye genetiske former af hjemmehørende arter og populationer. Det sker ved genspredning i forbindelse med naturlige forplantningsprocesser (**hybridisering**). Herved kan planter eller dyr overføre gener som ikke er tilpassede de økologiske forhold i Danmark. De samme processer kan også medføre at fuldstændigt artsfremmede gener fra **genetisk manipulerede organismer (GMO'er)** overføres til hjemmehørende arter.

En væsentlig bevidst ændring af biodiversiteten sker med **udsætning** af arter. Hvis en art er nationalt udryddet pga. menneskelige aktiviteter kan man forestille sig at **genindføre (reintroducere)** arten. Genindførsel af en art indebærer ikke nødvendigvis etablering af en bestand, der er genetisk identisk med den oprindelige bestand. Ved **støtteudsætninger** forekommer arterne stadig i landet, men forekommer i begrænset antal. **Translokationer (flytning)** af en allerede hjemmehørende art kan ske indenfor en arts udbredelsesområde. Hvis der er tale om genetiske forskelle indenfor udbredelsesområdet vil translokation kunne betragtes på linie med introduktion af arter. **Ophjælpning (støtteudsætning)** ved udsætning eller udplantning af opdrættede dyr eller planter kan ligeledes sidestilles med indførsel, med mindre der benyttes individer, der ikke genetisk afviger fra den population de tilføres.

Geder og andre invasive arter har lagt store dele af Galápagosøerne øde.

A) Alcedo-vulkanen på øen Isabela i 1972 før Geder invaderede denne del af øen. Kraterranden var dækket af tæt plantevækst, og der var masser af føde og drikkevand for de endemiske Kæmpeskildpadder, der er de eneste hjemmehørende planteædere på vulkanen.

Klimaets betydning ses selv i arktiske og subarktiske egne. I Island indførte man i 1945 Alaskalupin (*Lupinus nootkatensis*) fra Nordamerika for at bekæmpe jorderosion; men den har siden vist sig at være særdeles invasiv og er i stand til at bortskygge hjemmehørende plantearter (Søgaard, 1994).

Samtidig afspejler udbredelsen og spredningen af invasive arter i høj grad globale handelsveje, måske mere end de biologiske træk hos arterne; f.eks. kommer de invasive insekter i den nye verden overvejende fra Europa, men de udviser ikke andre fælles træk.

Hvor hurtigt sker bioinvasionerne?

Forløbet af bioinvasioner kan opdeles i faser, som kan have meget forskellig varighed. Arten bliver introduceret, bevidst eller ubevidst, og derefter etablerer den sig, den naturaliseres.

De fleste naturaliserede arter finder en placering i økosystemerne uden større ændringer af disse til følge, men nogle arter er invasive og ko-

loniserer efterfølgende området. Der er ofte en kortere eller længere tidsperiode mellem de forskellige faser i et invasionsforløb. Det betyder, at det kan være vanskeligt at erkende en art som invasiv på et tidligt tidspunkt. Men artens forplantnings- og spredningsevne og dens populations vækstrate er afgørende for, hvor hurtigt en invasion vil forløbe.

Som regel er arters naturlige spredning, indvandring og etablering en langsom proces. For planterne på Galápagosøerne er det f.eks. blevet beregnet, at blot én vellykket naturlig indvandring og kolonisering for hver 7.900 år er nok til at forklare forekomsten af alle øernes 600 hjemmehørende plantearter, når man tager øernes alder på nogle få millioner år og den evolution, som har fundet sted i øgruppen, i betragtning. Til sammenligning er der de sidste 30 år blevet indført omkring 500 ikke-hjemmehørende plantearter til Galápagos, hvoraf en håndfuld har vist sig at være invasive. Der finder altså en massiv indførsel af nye ikke-hjemmehørende arter sted i en langt

B) Samme område på kraterranden i 1995, tre år efter at udsatte Geder havde invaderet området. Vegetationen er ædt væk, og der er begyndende jorderosion. Uden plantevækst er der ingen føde til Kæmpeskildpadderne, og uden vegetation sker der ingen kondensering af vand fra de ofte lavthængende skyer. Dermed er Kæmpeskildpadderens vandforsyning også forsvundet. På ganske få år har invasive Geder totalt ødelagt de hjemmehørende Kæmpeskildpadder levested.

kortere tidsskala end den, der gør sig gældende for naturlige spredninger og koloniseringer.

Dette er en væsentlig generel faktor for bioinvasioner, og ses ikke kun på oceaniske øer. I dag sker spredning af ikke-hjemmehørende arter på tværs af alle naturlige biogeografiske og økologiske barrierer i et omfang og i en hast, som er mange størrelsesordner højere end den naturlige spredning af arter.

Erfaringer med økosystemers invasibilitet, bl.a. fra oceaniske øer

Oceaniske øer, lavvandede kystområder og store søer er de områder i verden, som har de største problemer med invasive arter, men overalt i verden findes der eksempler på bioinvasioner.

I Australien, Middelhavsområdet, Sydafrika og USA er der veldokumenterede eksempler på bioinvasioner, hvor skadevirkningerne betegnes som "massive ændringer på økosystemniveau".

Biodiversiteten på oceaniske øer er gennemgå-

ende bedre kendt end i kontinentale områder, fordi øer er afgrænsede systemer med langt færre arter. Det betyder også, at de invasive arters biologi og økologi oftest er bedre dokumenteret på oceaniske øer end i kontinentale områder. Antallet af invasive arter er relativt større på øer, og f.eks. er der på visse øer i dag flere invasive end oprindeligt hjemmehørende plantearter.

En vigtig faktor af generel betydning er konkurrence. Den lave eller manglende konkurrence er en væsentlig årsag til, at oceaniske øer er særligt invasive og sårbare over for bioinvasioner. Det er der flere grunde til. Antallet af hjemmehørende arter på oceaniske øer er lavere end i tilsvarende kontinentale områder, fordi øers flora og fauna kun består af de arter, hvis forfædre har formået at krydse havet og efterfølgende at etablere sig; evolutionen er foregået i isolation, og oftest uden tilpasninger til høj konkurrence om ressourcerne. Så introducerede, ikke-hjemmehørende arter udsættes ikke for en tilsvarende hård konkurrence som i tilsvarende kontinen-

tale områder (Cronk & Fuller, 1995). Det betyder f.eks., at indførsel af plantearter, som har en anden evolutionær historie, fordi de har udviklet sig i kontinentale områder under højt konkurrencestryk, kan være katastrofal for de hjemmehørende ø-arter (Macdonald *et al.*, 1989). Dertil kommer, at naturlige fjender som f.eks. parasitter, patogener og prædatorer almindeligvis er stærkt medvirkende til at holde en art i balance med de øvrige organismer i artens naturlige habitat. Men indføres en sådan art til områder, hvor der ikke findes parasitter, patogener eller prædatorer, kan resultatet blive en eksplosiv invasion.

I simple økosystemer, eller i økosystemer som er forstyrrede eller ændrede af menneskelig aktivitet, vil det ofte være generalister, der har succes som invasive arter. Desuden kan en art, som repræsenterer en ny funktion, eller kan rykke ind i en tom niche i økosystemet, forventes at være potentielt invasiv, sammenlignet med en art, som spredes til et økosystem, hvor funktionen allerede er optaget. F.eks. har en klatrende bregne (*Lygodium japonicum*), der stammer fra Japan, været i stand til at invadere naturskov i det sydøstlige USA, fordi der ikke forekommer hjemmehørende arter, der optager den specielle niche for klatrende underskovsplanter (Rejmánek, 1989).

Mængden og tilgængeligheden af ressourcer i et økosystem synes også at være en væsentlig faktor for et økosystems invasibilitet. Økosystemer med mange og tilgængelige ressourcer, og som derfor huser mange hjemmehørende arter, kan iflg. Stohlgren *et al.* (1999) også forventes at kunne huse relativt mange ikke-hjemmehørende arter, og heriblandt nogle som er invasive. Dvs. at høj biodiversitet og kompleksitet i et økosystem ikke i sig selv forhindrer en invasion af ikke-hjemmehørende arter, hvilket ellers har været en gængs opfattelse.

Bioinvasioner og klimaændringer

Meget tyder på, at bioinvasioner vil blive et større problem i forbindelse med de globale ændringer, som finder sted i vore dage. Den stigende internationale handel og transport vil, som nævnt, fortsætte nedbrydningen af de naturlige biologiske isolationsbarrierer og øge antallet af arter, som flyttes fra deres naturlige udbredelsesområder til helt andre dele af verden. Den globale opvarmning vil sandsynligvis øge invasibiliteten

i mange økosystemer. I Nordeuropa vil vi f.eks. i løbet af de næste 50 år kunne forvente at få et klima, som svarer til det, der i dag findes i Nordfrankrig og Sydøstengland (Vestergaard, 2000). Hastigheden hvormed denne ændring sker er mange gange større end arternes naturlige evne til at reagere på klimaændringer. I et fragmenteret landskab vil nogle hjemmehørende arter derfor hverken kunne nå at tilpasse sig de nye betingelser eller spredes til andre, mere passende levesteder længere mod nord. Det betyder, at den globale opvarmning kan medføre lokal ud døen af planter og dyr. Til gengæld åbnes nye muligheder for invasive arter, dels fordi de evolutionært er tilpasset et varmere klima, og dels fordi de kan blive indført/indslæbt, før nye sydligere udbredte arter af sig selv vil være i stand til at indvandre.

Hvad er effekterne ved invasionen?

Invasive arter, både mikroorganismer, dyr og planter, kan have indvirkning på stort set alle funktioner i et økosystem som f.eks. vand- og næringskredsløb, produktivitet og sårbarhed overfor brande og på dets struktur og successionsforløb.

Der er mange eksempler på, at processerne i naturlige økosystemer, som har udviklet sig gennem årtusinder, er blevet gennemgribende forandret i løbet af få årtier på grund af bioinvasioner. På øerne ud for Californiens kyst og på Galápagos er der konstateret øget jorderosion på grund af introduktion af invasive pattedyr som svin og geder, som æder vegetationen og roder i jorden. På den nordamerikanske vestkyst har indførslen og den senere invasive spredning af græsset Sand-Hjælme (*Ammophila arenaria*) fuldstændigt ændret de geomorfologiske processer i kystens klitlandskaber. På Hawaii har to invasive vedplanter (*Myrica faya* og *Leucaena leucophylla*) ændret kvælstofbalancen i de ellers kvælstoffattige, vulkanske jorder, fordi disse træer har symbiose med kvælstoffikserende bakterier - hvad de hjemmehørende træarter i områderne ikke har. Desuden blev Hawaiis unikke græslandsområder totalt ødelagt af invasive europæiske græsarter, som var tolerante over for brande. I Sydvestaustralien har en introduceret, invasiv svampesygdom (*Phytophthora cinnamomi*) siden 1970'erne dræbt *Eucalyptus*-træerne i mindst 300.000 ha skov, hvilket har ændret vandbalancen i jorden med øget afstrømning og saltudfældninger til følge (Drake *et al.*, 1989).

Ændringer i den oprindelige biodiversitet er oftest de mest umiddelbart synlige effekter af bioinvasioner. De invasive arter æder, udkonkurrerer, krydses med, inficerer og udrydder de hjemmehørende arter. Invasive arter kan fortrænge og udkonkurrere de oprindelige arter, enten fuldstændigt med udryddelse af den oprindelige art til følge, eller delvist, med habitatfragmentering og stærkt reducerede bestande til følge. Det sidste medfører øget risiko for indavl og sårbarhed hos den oprindelige art.

Eksemplerne på bioinvasioners effekt på den lokale biodiversitet er mange. Det nordamerikanske kastanjetræ blev så godt som udryddet i løbet af 50 år af en svampesygdom (*Cryphonectria parasitica*), der blev indført fra Asien i 1890'erne. Omkring 70% af den engang meget artsrige fiskebestand af endemiske cichlidearter i Victoriasøen blev næsten totalt ædt væk ved indførslen af Nil-Aborren (*Lates niloticus*). Galápagosøernes enestående flora og fauna er akut truet af indslæbte og indførte pattedyr, specielt geder, svin, hunde, katte og rotter. Øen Guams jordlevende fuglefauna er næsten totalt udryddet af en indført slangeart. I Sydafrika anses 900 hjemmehørende plantearter for truede, hovedsageligt af invasive australske vedplanter. I Irland skygger den invasive *Rhododendron ponticum* de hjemmehørende arter ihjel. I Danmark udgør Kæmpe-Bjørneklo (*Heracleum mantegazzianum*) et lignende problem, om end i mindre målestok, og i Island optræder Alaskalupinen (*Lupinus nootkatensis*) som tidligere nævnt på samme måde. I det sydvestlige USA er flere ørredarter forsvundet på grund af indførslen af ikke-hjemmehørende arter, som har hybridiseret med de oprindelige ørreder.

I de tilfælde, hvor de faktorer, som truer den oprindelige flora og fauna, kan identificeres, viser det sig, at invasive arter udgør en meget væsentlig del af truslen. Invasive arter udgør således en trussel for 13% af de 647 kontinentale hvirveldyrarter, og 31% for de 294 ø-arter, som er registrerede som værende i fare (Tab. 1).

I sammenhæng med ændringer i flora og fauna kan der ske ændringer i økosystemets modstanddygtighed eller sårbarhed overfor yderligere invasioner, og samspillet mellem arter spiller også en rolle for forløbet af bioinvasioner. Et eksempel er Jordbær-Guavatræet (*Psidium cattleyanum*), som er en af de værste invasive arter i regnskov på tropiske øer. Den har invaderet store områder på Hawaii og Mauritius. Den er skyggetålede og har stor forplantningsevne, bl.a. i form af vegetative rodkud. Takket være de mange rodkud og den tætte krone forhindres hjemmehørende plantearter i at spire. På Hawaii æder forvildede svin frugterne og spreder frøene vidt omkring. Det betyder, at to invasive arter, Jordbær-Guavatræet og svin, i samspil er i stand til at invadere stedse nye områder og fuldstændigt fortrænge de hjemmehørende arter (Tunison, 1991). På Galápagosøerne sker det samme, blot er det dér et andet Guavatræ (*Psidium guajava*), som i samspil med svin invaderer store områder.

Som tidligere anført kan genetisk modificerede organismer (GMO'er) betragtes som "nye" arter, der lige som alle andre introduktioner potentielt kan blive invasive; men derudover er der mere specifikke forhold, som knytter sig til spørgsmålet om GMO'er som invasive organismer. Ud

Gruppe	Kontinentale områder	Øer
Pattedyr	19,4% (283)	11,5% (61)
Fugle	5,2% (250)	38,2% (144)
Krybdyr	15,5% (84)	32,9% (76)
Padder	3,3% (30)	30,8% (13)
Total for alle grupper	12,7% (647)	31,0% (294)

Tab. 1. Procentdelen af truede terrestriske hvirveldyr, der er truet helt eller delvist af introducerede arter. Opdelt på henholdsvis øer og kontinentale områder. I parentes er anført det samlede antal truede arter. Kilde: Macdonald *et al.* (1989).

Vand-hyacinten (*Eichornia crassipes*), der stammer fra Sydamerika, invaderer mange af verdens tropiske søer og vandløb. Med sin eksplosive vækst dækker den vandoverfladen og udrydder lokale planter og dyr. Desuden skaber den store problemer for fiskeri og sejlads og tilstopper sluser, kraftværker mv. Kathmandu, Nepal.

Foto: Bioroto/Keld Olesen

fra almindelig økologisk og biologisk viden og erfaringer med introduktion af ikke-hjemmehørende arter af mikroorganismer, dyr og planter, kan der opstilles en række mulige effekter på natur og biodiversitet ved introduktion og brug af GMO'er. Dels vil selve GMO'en få potentiale for at optræde invasivt, hvis modificeringen af organismens genetiske sammensætning bidrager til, at den får specielle konkurrencefortrin som f.eks. en planteart med indbygget resistens overfor skadelige insekter. Dels er der muligheder for spredning på det genetiske niveau, dvs. der kan ske en uønsket spredning af det indbyggede genmateriale til andre organismer. Dette vil f.eks. betyde, at de gener, som giver plantearten resistens mod skadelige insekter, kan overføres til an-

dre, beslægtede arter, som er naturlige bestanddele af økosystemet. Dette kan resultere i ændringer i både økologiske forhold og biodiversitet (Søgaard, 1994).

Det er ikke usædvanligt, at nærtbeslægtede plantearter krydser sig med hinanden i naturen, og indenfor visse slægter er det endda hyppigt at støde på krydsninger. Det er derfor en naturlig proces, når der sker genspredning og genudveksling mellem dyrkede planter og vilde slægtninge. 12 af verdens 13 mest dyrkede landbrugsplanter vides at danne krydsninger med vilde slægtninge. Eksempelvis er krydsninger almindelige mellem den dyrkede Raps (*Brassica napus*) og de vilde slægtninge Agerkål (*Brassica*

campestris), Kiddike (*Raphanus raphanistrum*) og Agersennep (*Sinapis arvensis*). Det betyder, at egenskaber fra genetisk modificerede dyrkede planter (som f.eks. Raps) kan spredes til vilde slægtninge (Jørgensen, denne rapport).

Genspredningen i sådanne tilfælde er afhængig af, at pollen kan spredes fra de dyrkede til de vilde planter, så afstanden mellem dem og pollenspredningsmåden (om der er tale om vindbestøvede eller insektbestøvede planter) har betydning for, om en genspredning vil kunne finde sted. Dette må tages i betragtning ved vurdering af de mulige effekter på natur og biodiversitet som følge af anvendelse og evt. spredning af selve GMO'erne eller deres gener. Derudover er det væsentligt, at det ofte kræver lang tid at undersøge og vurdere økologiske ændringer og deres årsager, og at en bioinvasion, også af GMO'er, kan have forskellige faser af forskellig varighed. Eksempelvis har flere nytteplanter fået øget deres kuldetolerance ved indsætning af genmateriale fra Helleflynder. Hvis denne egenskab spredes til andre planter, som i dag er harmløse, kunne de potentielt blive plagsomme ukrudtsplanter eller få netop den konkurrencefordel, som kunne gøre dem invasive (Søgaard, 1994). Men der ville sandsynligvis gå en rum tid (svarende til f.eks. 25 plantegenerationer), før en sådan invasion blev erkendt som værende en følge af utilsigtet genspredning.

Økonomiske fordele og ulemper ved bioinvasioner

Mange ikke-hjemmehørende arter introduceres med et økonomisk formål, som f.eks. fisk til dambrug og lystfiskeri, planter til dyrkning af nye afgrøder, foder og energi, og insekter og andre invertebrater til biologisk bekæmpelse af skadedyr. F.eks. er et stort antal vedplanter, især fra Australien, blevet indført til Sydafrika, hvor mange er blevet invasive. Men træerne udnyttes til fremstilling af trækul og brænde, og alene i Cape Town området giver det en årlig millionomsætning. Det afrikanske træ *Prosopis juliflora* blev for 70 år siden indført til Thar ørkenområdet i Indien og er nu den helt dominerende plantearter ved menneskelige beboelser. *Prosopis*-træerne bremser jorderosionen, giver ly og føde til mange af ørkenens dyr, producerer spiselige frugter og dækker omkring 70% af lokalbefolkningens behov for brænde. Fladormen *Platydesmus ma-*

nokwari fra New Guinea er blevet indført til mange øer i Stillehavet, hvor den angriber og kontrollerer den Afrikanske Kæmpesnegl (*Achatina fulica*), som anrettede store skader i afgrøderne. Den sydamerikanske Vandhyacint (*Eichornia crassipes*) blev indført til Kina i 1930'erne og blev spredt bevidst, fordi den anvendes til foder for husdyr og kan medvirke til forureningskontrol, idet den i særlig høj grad optager og akkumulerer tungmetaller.

Men der er næsten altid omkostninger forbundet med bioinvasioner, selv de tilsyneladende økonomisk fordelagtige. De introducerede og invasive træer i Sydafrika truer den oprindelige, endemiske flora i Cap-regionen, og har desuden bevirket et fald i tilgængeligheden af vand, så vandpriserne er steget. *Prosopis*-træerne i Thar-regionen udkonkurrerer de lokale plantearter, så den lokale biodiversitet reduceres, hvilket medfører, at lokalbefolkningens udvalg af nyttige planter mindskes. Fladormen *Platydesmus*, som viste sig effektiv til biologisk bekæmpelse, nøjes ikke med at angribe skadedyrene, men er en stor trussel mod den oprindelige sneglefauna på Stillehavsoerne. Og i Kina er Vandhyacinten blevet en af de værste invasive planter i ferskvandsøkosystemer med tab af både fiske- og plantearter til følge (McNeely, 1999).

Der er gjort enkelte forsøg på at opregne, hvad bioinvasioner koster samfundet. F.eks. beregnede USA's Office of Technology Assessment (OTA) i 1993, at de direkte økonomiske tab forårsaget af USA's 79 værste invasive arter var omkring 97 milliarder dollars, beregnet for perioden 1906-1991. Men dette beløb omfattede ikke alle de indirekte omkostninger ved bioinvasionerne: f.eks. er 40 fiskearter uddøde i USA indenfor de sidste hundrede år, og invasive arter har været medvirkende årsag til at omkring 2/3 af disse arter forsvandt (Stein & Flack, 1996).

Den nyligt introducerede Vandremusling anses for at være den værste af alle invasive arter i USA. I 1996 blev det anslået, at ved år 2002 vil skadesomkostningerne være løbet op i ca. 5 milliarder dollars (Stein & Flack, 1996). Alene omkostningerne ved Vandremuslingernes skadevirkninger på elværker, vandledninger og filtreringsanlæg anslås at ligge på 100 millioner dollars om året (Pimentel *et al.*, 2000).

Status og udviklingstendenser

I forhold til klodens samlede biologiske mangfoldighed er det et forholdsvist lille antal arter, som gennem bioinvasion spreder sig og bliver mere og mere udbredte. Men de invasive arter kan medføre dybtgående ændringer i økosystemernes funktion og struktur, de mangler lokal tilpasning, de underminerer den lokale økologiske variation og nedbryder den biologiske og biogeografiske isolation, som er af afgørende betydning for evolutionen. Den stigende globalisering og de klimaændringer, som kan forventes, vil medvirke til flere og hyppigere bioinvasioner. På langt sigt vil bioinvasionerne betyde, at jordens fauna og flora dels bliver homogeniseret, dels bliver fattigere.

Det er vanskeligt at opstille generelle modeller for hvilke organismer, som vil optræde invasivt, og hvilke økosystemer, der vil blive ramt af bioinvasioner. Men invasive arter er oftere generalister end specialister, og sandsynligheden er stor for, at en art vil optræde invasivt og skabe alvorlige problemer, hvis introduktionen sker til habitater, hvor naturlige fjender (prædatorer, konkurrenter, parasitter, patogener) til den pågældende art ikke er til stede, specielt hvis der introduceres planteædende dyr med bredt fødevalg, og der mangler prædatorer. Endvidere viser erfaringerne, at en introduktion til relativt simple økosystemer med få hjemmehørende arter oftere resulterer i en invasion med negative effekter, end en introduktion til komplekse økosystemer med mange hjemmehørende arter.

I forbindelse med vurdering af GMO'ers potentiale som invasive organismer er det vigtigt at konstatere, at effekterne på natur og biodiversitet omhandler de samme økologiske og biologiske problemstillinger, hvad enten de invasive, eller potentielt invasive, organismer er almindelige arter eller GMO'er.

Ved første øjekast synes bioinvasioner ikke at være et stort problem i Danmark, men en stille homogenisering er allerede i gang. Af Danmarks godt 1800 plantearter er ca. halvdelen ikke oprindeligt hjemmehørende. De fleste af dem er indført eller indslæbt og har fundet en plads i den danske natur, de er blevet naturaliseret. Men enkelte af dem er invasive, og deres etablering og spredning har store omkostninger for den hjemme-

hørende flora, som f.eks. Kæmpe-Bjørneklo (*Heracleum mantegazzianum*) i enge og moser, Rynket Rose (*Rosa rugosa*) i kystområder og Glansbladet Hæg (*Prunus serotina*) i heder og klitplantager. Skov- og Naturstyrelsen betegner disse arter som "landskabsukrudt", fordi de mange steder i naturen er i stand til at udkonkurrere de oprindelige, hjemmehørende arter. Blandt de invasive dyr, som i dag er etableret i Danmark er Amerikansk Mink, som er undsluppet fra fangenskab. Bestanden af fritlevende Mink i Danmark er de seneste 15 år øget kraftigt. Mink har et potentiale for at gøre stor skade, idet den æder både fisk, fugle og mindre pattedyr (Baagøe, denne rapport). Svampen *Ophiostoma novo-ulmi*, som forårsager elmsyge, er en invasiv art, der på markant vis har ændret skovbilledet i Danmark ved at udrydde så godt som alle Elmetræer. Så også i Danmark er der meget synlige eksempler på, at invasive arter etablerer sig og breder sig på de hjemmehørende arters bekostning.

Behovet for langsigtede strategier

I Danmark vil bioinvasioner forstærke den ensrettende forarmningsproces, som i forvejen finder sted i naturen, bl.a. som følge af eutrofiering og fragmentering (Christensen, 2000), og vil derfor kunne bidrage til at forringe den naturkvalitet, som er forbundet med et varieret landskab og en mangfoldig biodiversitet.

Skov- og Naturstyrelsen bekæmper landskabsukrudt som Kæmpe-Bjørneklo og gennemfører økologisk risikovurdering for genetisk modificerede organismer (GMO'er). Men en egentlig handlingsplan for håndtering af bioinvasioner mangler. En sådan plan bør grundlæggende bygge på forsigtighedsprincippet, idet der er brug for en forsigtig og langsigtet tilgang, som vægter forebyggelse i stedet for helbredelse.

Med udgangspunkt i "Konventionen om Biologisk Mangfoldighed" (Rio-konventionen) og dens artikel om invasive arter og GMO'er har the World Conservation Union (IUCN) og the Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE) iværksat udarbejdelsen af et "Global Invasive Species Programme" (GISP, 2000). Sigtet er at skabe en global oversigt og et samlet vidensgrundlag om bioinvasioner for at kunne formulere en

global strategi til imødegåelse og kontrol af invasive arter i fremtiden. Generelle retningslinier for forhindring af tab af biodiversitet på grund af ikke-hjemmehørende invasive arter er udarbejdet af IUCN's Species Survival Commission (IUCN, 2000). Nordisk Ministerråd har publiceret en oversigt over introducerede arter i Norden (Weidema, 2000), hvori der gives anbefalinger for håndteringen af invasive arter. Et nordisk netværk (NNIS) bestående af en lang række universiteter, interesseorganisationer og offentlige institutioner er oprettet for at udveksle erfaringer og information. Naturvårdsverket i Sverige har

udarbejdet retningslinier for introduktion og spredning af ikke-hjemmehørende og genetisk modificerede organismer (Naturvårdsverket, 1997).

Med Rio-konventionen og de ovennævnte initiativer og erfaringer som grundlag kan og bør overordnede retningslinier for håndtering af bioinvasionser indbygges i den nationale handlingsplan for naturbeskyttelse og biologisk mangfoldighed, som er under udarbejdelse. Endvidere bør Miljø- og Energiministeriet tage initiativ til udarbejdelse af en national handlingsplan for imødegåelse af bioinvasionser.

Litteratur

- Christensen, H. Stensen 2000. Naturen - set på tværs. I: Holten-Andersen, J., Stensen Christensen, H., Pedersen, T.N. & Manninen, S. (eds.): Dansk Naturpolitik - viden og vurderinger. Temarapport nr. 1. 2000. Naturrådet: 316-328.
- Cronk, Q.C.B. & Fuller, J. 1995. Plant invaders, the threat to natural ecosystems. Chapman & Hall, London.
- Drake, J.A., Mooney, H.A., di Castri, F., Groves, R.H., Kruger, F.J., Rejmánek, M. & Williamson, M. (eds.) 1989. Biological Invasions. A Global Perspective. Scope 37. John Wiley & Sons, Chichester.
- GISP 2000. Global Invasive Species Programme. <http://jasper.Stanford.EDU/GISP/>
- IUCN 2000. IUCN guidelines for the prevention of biodiversity loss caused by alien invasive species. I: Aliens 11, Special Issue with 16 page lift-out. Invasive Species Specialist Group of the IUCN Species Survival Commission, Auckland, New Zealand.
- Macdonald, I.A.W., Loope, L.L., Usher, M.B. & Hamann, O. 1989. Wildlife conservation and the Invasion of Nature Reserves by Introduced Species: a Global Perspective. I: Drake, J.A., Mooney, H.A., di Castri, F., Groves, R.H., Kruger, F.J., Rejmánek, M. & Williamson, M. (eds.): Biological Invasions. A Global Perspective. Scope 37: 215-255. John Wiley & Sons, Chichester.
- McNeely, J.A. 1999. The great reshuffling: how alien species help feed the global economy. I: 1999 Sandlund, O.T., Schei, P.J. & Viken, Å. (eds.). Invasive Species and Biodiversity Management: 13-31. Kluwer Academic Publications, Dordrecht.
- Miljø- og Energiministeriet, Skov- og Naturstyrelsen 1995. Konventionen om den biologiske mangfoldighed, 5. juni 1992.
- Naturvårdsverket 1997. Naturvårdsverkets policy for Introduktion och spridning af främmande organismer. Naturvårdsverkets Förlag. Stockholm.
- Pimentel, D., Lach, L., Zuniga, R. & Morrison, D. 2000. Environmental and Economic Costs of Nonindigenous species in the United States. - Bioscience 50, 1: 53-63.
- Rejmánek, M. 1989. Invasibility of Plant Communities. I: Drake, J.A., Mooney, H.A., di Castri, F., Groves, R.H., Kruger, F.J., Rejmánek, M. & Williamson, M. (eds.): Biological Invasions. A Global Perspective. Scope 37: 369-388. John Wiley & Sons, Chichester.
- Sandlund, O.T., Schei, P.J. & Viken, Å. (eds.) 1999. Invasive Species and Biodiversity Management. Kluwer Academic Publications, Dordrecht.
- Stein, B.A. & Flack, S.R. 1996. America's least Wanted: Alien Species Invasions of U.S. Ecosystems. The Nature Conservancy, Arlington, Virginia, USA.
- Stohlgren, T.J., Binkley, D., Chong, G.W., Kalkhan, M.A., Schell, L.D., Bull, K.A., Otsuki, Y., Newman, G., Bashkin, M. & Son, Y. 1999. Exotic plant species invade hot spots of native plant diversity. - Ecological Monographs 69, 1: 25-46.
- Søgaard, S. 1994. Bevaring af genetisk diversitet i Norden. - TemaNord 1994:534. Nordisk Ministerråd, København.
- Tunison, T. 1991. Element Stewardship Abstract for Psidium cattleianum, Strawberry Guava. The Nature Conservancy, Arlington, Virginia. - <http://tncweeds.ucdavis.edu/esadocs/documents/psidcat.html>
- UNEP 1995. Global Biodiversity Assessment. Cambridge University Press.
- Vestergaard, P. 2000. Natur og klimaforandring. I: Holten-Andersen, J., Stensen Christensen, H., Pedersen, T.N. & Manninen, S. (eds.): Dansk Naturpolitik - viden og vurderinger. Temarapport nr. 1. 2000. Naturrådet: 300-315.
- Weidema, I.R. 2000 (ed.) Introduced species in the Nordic Countries. - Nord 2000:13. Nordisk Ministerråd, København.
- Williamson, M. 1996. Biological invasions. Chapman & Hall, London.
- Williamson, M. 1999. Invasions. - Ecography 22: 5-12