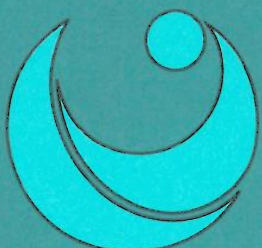


Biologisk kontroll av
skadeinsekter i skog
Muligheter og økologiske
konsekvenser

Bjørn Åge Tømmerås



NINA

NORSK INSTITUTT FOR NATURFORSKNING

Biologisk kontroll av
skadeinsekter i skog
Muligheter og økologiske
konsekvenser

Bjørn Åge Tømmerås

NINAs publikasjoner

NINA utgir fem ulike faste publikasjoner:

NINA Forskningsrapport

Her publiseres resultater av NINAs eget forskningsarbeid, i den hensikt å spre forskningsresultater fra institusjonen til et større publikum. Forskningsrapporter utgis som et alternativ til internasjonal publisering, der tidsaspekt, materialets art, målgruppe m.m. gjør dette nødvendig.

NINA Utredning

Serien omfatter problemoversikter, kartlegging av kunnskapsnivået innen et emne, litteraturstudier, sammenstilling av andres materiale og annet som ikke primært er et resultat av NINAs egen forskningsaktivitet.

NINA Oppdragsmelding

Dette er det minimum av rapportering som NINA gir til oppdragsgiver etter fullført forsknings- eller utredningsprosjekt. Opplaget er begrenset.

NINA Temahefter

Disse behandler spesielle tema og utarbeides etter behov for å informere om viktige problemstillinger i samfunnet. Målgruppen er "almenheten" eller særskilte grupper, f.eks. landbruket, fylkesmennenes miljøvern-avdelinger, turist- og friluftlivskretser o.l. De gis derfor en mer populærfaglig form og med mer bruk av illustrasjoner enn ovennevnte publikasjoner.

NINA Fakta-ark

Hensikten med disse er å gjøre de viktigste resultatene av NINAs faglige virksomhet, og som er publisert andre steder, tilgjengelig for et større publikum (presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivåer, politikere og interesserte enkeltpersoner).

I tillegg publiserer NINA-ansatte sine forskningsresultater i internasjonale vitenskapelige journaler, gjennom populærfaglige tidsskrifter og aviser.

Tømmerås, B.Å. 1993. Biologisk kontroll av skadeinsekter i skog. Muligheter og økologiske konsekvenser. - NINA Oppdragsmelding 247: 1-33.

Trondheim desember 1993

ISSN 0802-4103
ISBN 82-426-0421-5

Forvaltningsområde:

Norsk: Bevaring av genressurser
Engelsk: Conservation of genetic resources

Rettighetshaver ©:

NINA Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

Redaksjon:

Bjørn Åge Tømmerås
Odd Terje Sandlund

NINA, Trondheim

Design og layout:
Hilde Meland

Sats: NINA

Kopiering: Norservice
Opplag: 200

Kontaktadresse:
NINA

Tungasletta 2
7005 Trondheim
Tel: 73 58 05 00

Tilgjengelighet: Åpen

Prosjekt nr.: 6315

Oppdragsgiver: Direktoratet for naturforvaltning

Referat

Tømmerås, B.Å. 1993. Biologisk kontroll av skadeinsekter i skog. Muligheter og økologiske konsekvenser. - NINA Oppdragsmelding 247: 1-33.

Formålet med denne utredningen er å gi en oversikt over mulige kontrollstrategier mot skadeinsekter i norske skoger. Hovedvekten legges på biologisk kontroll. Framtidig bruk av genmodifiserte organismer blir også vurdert. Utredningen tar ikke mål av seg å vurdere effektene på målorganismen. Her vektlegges de økologiske konsekvensene metodene kan få for arter, variasjonen i og mellom populasjoner av en art og for økosystemer. Tankegangen følger Konvensjonen om biologisk mangfold som Norge ratifiserte sommeren 1993. Konvensjonen vil være rettskraftig fra årsskiftet 1993/94.

Skadepotensialet for skogsinsekter i Norge er lite sammenlignet med land som har et varmere klima. Skadene som kan påføres skogbruksnæringen er hovedsaklig forårsaket av granbarkbillen (*Ips typographus*) eller gransnutebillen (*Hylobius abietis*). Derfor tillegges disse to artene betydelig vekt i utredningen. I Norge finnes ingen insektarter som ut fra en økologisk synsvinkel er en trussel mot naturlige økosystemer eller biologisk mangfold.

Miljøvirkningene ved bruk av insekticider og økt verdsetting av naturens arter og biologisk mangfold, får betydning for hvilke metoder som kan benyttes i bekjempelse av skadeinsekter. Konvensjonen om biologisk mangfold stiller krav om økologisk sikkerhet ved bruk av både genmodifiserte organismer (GMO) og generelt ved introduksjoner av miljøfremmede organismer. Den bioteknologiske utvikling har gitt håp om andre og mer effektive metoder mot skadeinsekter. Samtidig finnes det svært lite erfaring i hva GMO-utsetninger vil kunne bety for naturens egne økosystemer. Alt dette medfører behov for et sikrere forvaltningsgrunnlag.

Potensialet for GMO-utsetninger mot skadeinsekter i norske skoger er trolig lite. Skadepotensialet er relativt lite og det er ennå ikke konkretisert hva genteknologiske metoder kan utrette. Dette gjelder både (i) effektivisering av virus og bakterier til bruk i biologisk kontroll og (ii) innføring av gener med insekticidvirkning i skogstrær. Det er stor tro på genmodifiserte planter, men generasjonstiden for trær er så lang at påvising av positive og negative effekter ut fra et bekjempingssynspunkt er tidkrevende. Fra et økologisk synspunkt med nåværende kunnskap anses introduksjon av

genmodifiserte trær som usikkert og dermed uakseptabelt. Trær er nøkkelarter i de fleste økosystemer i skogsområdene.

Den betydning skogene har både som næring og levested for en stor og helt sentral del av vår biologiske arv, tilsier at skogene bør forvaltes på en helhetlig økologisk forsvarlig måte. Når i tillegg skadeinsektenes oppblomstring påvirkes av driftsmetoder, vil det beste miljøtiltak være å legge mer vekt på endret skogsdrift. Forståelsen av å benytte seg av naturens egne økologiske metoder i naturlige økosystemer er voksende. Ved at skogbruket følger (etterligner) skogenes naturgitte dynamikk kan funksjonelle økosystemer som tåler skogsdrift oppnås samtidig som arealene fungerer som leveområder for sine dyre- og plantearter.

Emneord: Biologisk kontroll - Skadeinsekter i skog - Økologiske effekter - Introduksjoner - Genmodifiserte organismer

Bjørn Åge Tømmerås, Norsk institutt for naturforskning, Tungasletta 2, 7005 Trondheim

Abstract

Tømmerås, B.Å. 1993. Biological control of forest pest insects. Possibilities and ecological effects. - NINA Oppdragsmelding 247: 1-33.

The aim of this report is to provide an overview of possible control strategies against forest pest insects in Norway. The main issue is biological control. Potential use of genetically engineered organisms is considered. The report do not focus specifically on the effectivity of different control methods on the target organism, but rather on the ecological impacts the methods are going to have on species, the variation within and between populations, and for ecosystems. Scientifically the report follows the Convention on biological diversity, ratified by Norway in 1993. The Convention enters into force 29 December 1993.

The damage caused by pest insects is rather small in Norway compared to other countries with a warmer climate. There are mainly two pest insects of economic importances, the spruce bark beetle *Ips typographus* and the spruce weevil *Hyllobius abietis*. Therefore the report focus on these two species. In Norway there are no insect species which, from an ecological point of view, can disturb natural ecosystems seriously or threaten biological diversity.

Both the environmental effects of insecticides and the increased value of living species and biological diversity, do demand reconsideration of methods used for pest control. The Convention on biological diversity stresses the point of ecological security concerning use of genetically engineered organisms (GMO) and introduction of non-native organisms. The development of biotechnology has given hope for more effective methods against pest insects, but there is very little experience regarding the ecological consequences on ecosystems from introductions of GMO. The need for secure management is stressed.

In near future there is a small potential for introduction of GMO in pest control in forests in Norway. No bacteria or a vira are found as candidates, and development of GM-trees is a longterm process. From the present ecological knowledge about the ecosystems where the trees play a key role, introduction of GM-trees is regarded unacceptable.

Major parts of Norwegian forestry is in areas with almost natural ecosystems. The importance of these ecosystems in conservation of biological diversity, together with the fact that forest management can increase the number of pest insect to unnatural levels, should lead to change in forestry methods.

Key words: Biological control - Forest pest insects - Ecological effects - Introductions - Genetically engineered organisms - Norway

Bjørn Åge Tømmerås, Norwegian Institute for Nature Research, Tungasletta 2, N-7005 Trondheim, Norway

Forord

Denne utredningen er utført på oppdrag fra Direktoratet for naturforvaltning (DN). Målsettingen var å utvikle generell kompetanse omkring muligheten for å bruke biologisk kontroll i skog og utrede de økologiske konsekvensene av de ulike tiltak.

Utredningen er gjennomført av forsker Bjørn Åge Tømmerås. Mange fagmiljøer og enkeltpersoner har gitt svært nyttige bidrag til arbeidet. Spesielt ønsker vi å rette en takk til Lars Gustafsson, Jan Husby, Alf Bakke, Øystein Austarå, Kåre Hesjedal, Jan Weslien, Anders Lønneborg, Atle Wibe, Olle Anderbrandt og Atle Bones for verdifull hjelp under gjennomføringen av prosjektet.

June Breistein har utført språklig bearbeiding mens Hilde Meland har stått for teknisk redigering.

Trondheim, desember 1993

Bjørn Åge Tømmerås

Innhold

| | |
|---|----|
| Referat..... | 3 |
| Abstract | 4 |
| Forord..... | 5 |
| 1. Innledning..... | 6 |
| 2. Bakgrunn | 7 |
| 2.1 Nye forvaltningskrav | 7 |
| 2.2 Introduksjoner og påvirkning av økosystemene | 8 |
| 2.3 Kontroll av skadeorganismer i skog..... | 9 |
| 3. Introduksjoners plass i biologisk kontroll..... | 10 |
| 3.1 Introduksjoner, økologiske konsekvenser | 11 |
| 4. Muligheter for tiltak mot skadeinsekter i skog | 12 |
| 4.1 Predatorer..... | 12 |
| 4.2 Parasittoider | 14 |
| 4.3 Patogener | 16 |
| 4.3.1 Virus..... | 16 |
| 4.3.2 Bakterier..... | 16 |
| 4.3.3 Sopp, nematoder og protozoer | 17 |
| 4.4 Introduksjoner av genmodifiserte organismer..... | 20 |
| 5. Noen aktuelle skadeinsekter, metode for bekjempelse og økologiske effekter | 22 |
| 5.1 Granbarkbillen | 22 |
| 5.2 Gransnutebillen..... | 24 |
| 5.3 Stripet vedborer | 25 |
| 5.4 Andre barkbiller..... | 25 |
| 5.5 Lepidopteraarter..... | 26 |
| 5.6 Bladvæpsler..... | 27 |
| 6. Vurdering av økologiske effekter..... | 28 |
| 7. Konklusjoner..... | 28 |
| 8. Litteratur | 29 |

1. Innledning

I kampen mot skadeorganismer er landbruket verden over blitt avhengig av pesticider for å opprettholde et høyt produksjonsnivå, god kvalitet og muligheter for langtidslagring av produkter. Markedet for pesticider utgjør i dag 140 milliarder NOK pr år. Mange pesticider har ført til alvorlige helseeffekter og skader på naturmiljøet. Dette har tvunget fram en økt innsats for å finne mer effektive og mer helse- og miljøvennlige metoder mot skadeorganismer. Innen bioteknologi har utvikling av genmodifiserte organismer (GMO) skapt en ny situasjon med uante muligheter, som krever ny kunnskap. Analyser under kontrollerte betingelser kan gi oss den nødvendige erfaring og forhåndskunnskap om økologiske konsekvenser ved introduksjon av GMO i naturen.

På verdensbasis erkjennes introduksjon av miljøfremmede organismer i naturen som en av de mest alvorlige trusler mot bevaring av biologisk mangfold. Konvensjonen om biologisk mangfold, som Norge har ratifisert, behandler introduksjoner av miljøfremmede organismer og genmodifiserte organismer spesifikt. Konvensjonen stiller krav om at introduksjon av GMO ikke skal skade naturlige økosystemer. Det stilles derfor meget høye krav til forhåndskunnskap om GMO før introduksjon i naturen. Tilpasning til de nye kravene om ressursforvaltning og biologisk mangfold er en stor utfordring for alle forvaltnings- og næringssektorer i samfunnslivet.

Skog er grunnlag for viktig næringsvirksomhet i Norge, og det kalde klimaet fører til at det er få insekter som gjør skade på f. eks. trær. Innen skogbruket er det først og fremst granbarkbiller (*Ips typographus*) som periodevis gjør skade. På 70-tallet ble det potensielle tapet pga. dødt trevirke etter granbarkbilleangrep beregnet til flere hundre millioner kroner i BNP (NOU 1979). En annen bille, gransnutebiller (*Hylobius abietis*), kan forårsake store skader på nye planter utsatt etter hogst. For å hindre skadeangrep ble insekticidet DDT (ca 2 tonn pr år på planteskoler) brukt fram til 1989. DDT ble så erstattet med Permetrin, et preparat som viser seg å forårsake betydelige allergiske hudreaksjoner hos brukerne. Et annet klorert hydrokarbon, Lindan hadde et totalforbruk i Norge på 80-tallet på ca 10 tonn pr år. Lindan er benyttet i betydelig omfang som sprøytemiddel mot *Trypodendron lineatum* (stripete vedborer) på tømmeropplag for å unngå kvalitetforringelse på sagtømmer. Skogbruksnæringen ønsker effektive bekjempningsmidler mot skadeinsekter som de nevnte billene, samt mot sopp-

patogener i forbindelse med planteskoler. Næringen hevder å være helt avhengig av fungicider ved dyrking av nye planter.

Metoder for generell vurdering av økologiske effekter ved bekjempelse av skadeinsekter er ikke utviklet. Ofte har økologiske effekter blitt oppdaget i ettertid fordi tiltakene har påvirket nærings- eller andre særinteresser. For å oppdage økologiske effekter i naturen, bør alle bestanddeler i økosystemet belyses uavhengig av særinteresser. Alle arter i alle økosystemer er verdifulle. I Norge har vi store arealer som er mye mindre kulturpåvirket enn det som er vanlig i resten av Europa. Det er derfor særdeles viktig at vi forvalter våre naturlige økosystemer riktig.

Tiltak mot skadeinsekter vil gi konsekvenser på kort og lang sikt. Erfaring og kunnskap kan si noe om konsekvenser på kort sikt, men jo lengre perspektivene er, jo usikrere blir antagelsene. Dette fordi en rekke biotiske og abiotiske faktorer, som er avgjørende parametre i evolusjonen, ikke er mulig å forutsi.

Introduksjon av organismer til biologisk kontroll av skadeinsekter, eller av GMO til samme formål, vil kunne dra nytte av tidligere erfaringer med alle introduksjoner (tilsiktete og utilsiktete) av miljøfremmede organismer. Dataene er ofte ikke sammenlignbare fordi virkningene på hele økosystemet ikke er tatt med. Det finnes en rekke eksempler på særdeles uheldige introduksjoner av miljøfremmede organismer, men også flere der virkningene ikke har vært særlig alvorlige for stedege økosystemer. Det er verdt å merke seg at alle tiltak eller inngrep i naturen gir en økologisk virkning. Spørsmålet er om virkningene anses som akseptable eller ikke.

Denne utredningen er utført på oppdrag fra Direktoratet for naturforvaltning (DN). Utredningen er en del av en serie som tar for seg metoder for forutsigelse og vurdering av miljøeffekter ved utsetting eller utslipp av genmodifiserte organismer.

2. Bakgrunn

Historisk sett har bruk av insekticider for å bekjempe skadeinsekter pågått en kort periode. Omkring 1950 kom DDT og mange andre organiske midler på markedet, og bruken av insekticider økte betraktelig. Årsakene var mange. Landbruket ble kraftig mekanisert og spesialiseringen økte markert. Monokulturer over større arealer ble vanlig, og nye, ofte mer sårbare arter ble benyttet i produksjonen. Landbruksmetoder som bygget på mer økologiske prinsipper gikk kraftig tilbake. Dette førte til at natur- og miljøkunnskap fikk mindre innflytelse lokalt i landbruket. Kravet til avkastning økte, og avlingsskader fra skadeinsekter ble en større trussel. Mange insekticider som ble produsert for salg over hele verden, var effektive mot skadeinsekter, uten å koste for mye. Biologisk kunnskap var ikke et krav for å bruke de syntetiserte kjemikaliene. Preparatene ble effektivt markedsført over hele verden som den endelige løsning for landbruket.

Etter få år oppsto imidlertid et uventet problem. Skadeinsektene utviklet mer eller mindre omfattende resistens mot insekticidene (Stenseth 1991, Eggleston 1991). Dette førte til at effektiviteten generelt ble oppfattet som dårligere, og kostnadene med å stadig utvikle, produsere og selge nye kjemikalier gjorde midlene dyrere. Det ble tidlig kjent at også mange nyttedyr ble bekjempet med insekticider. Nødvendig pollinering av f eks bier ble skadelidende. Bestandene av flere rovfuglarter og andre dyr høyt i næringskjeden gikk sterkt tilbake, og forskning viste at insekticidene ble akkumulert i næringskjeden. Reaksjonene på disse utilsiktede virkninger ble heftigere fokusert på når det kom for en dag at giftene kunne skade helsetilstanden hos mennesker. Spørsmålene var mange, svarene få. Hvem kunne bli skadet? Var det farlig å arbeide med stoffene? Kunne en bli skadet ved å være/bo i nærheten av steder der pesticider ble brukt? Hva med maten som var sprøytet med insekticider?

Klokketroen på insekticider har avtatt kraftig, men de er fortsatt ansett som den "metoden" som virker. Innenfor skogbruksnæringen hevdes det med tyngde at bekjempelse av sopp-problemer ved dyrking av skogplanter ikke er mulig uten sprøyting. Videre blir det hevdet at gransnutebillen bare kan kontrolleres ved bruk av kjemiske midler før utplanting av gran (Lund-Høie & Ogner 1992).

Det er ulike syn på hvor store skadeproblemene er i Norge, og på hva utvikling av nye bekjempnings-

muligheter kan komme til å bety. Nye insekticider, integrert bekjempelse, biologisk kontroll, genmodifisering av planter og bakterier samt bioteknologisk produksjon av kjemikalier er blant de tiltak som kan endre mulighetene for bekjempelse. Ingen av metodene er slik at vi kan se bort fra negative økologiske effekter ved bruk. Håpet om å få innpass på det stramme markedet vil sannsynligvis føre til at også useriøse produkter, ofte med mål å redusere helt marginale problemer, vil bli tilgjengelig.

Nye krav stilles nå til bruk av kjemiske midler, og mange insekticider, f eks DDT er ikke lenger tillatt brukt i flere land. I Norge ble bruk av DDT forbudt i 1980. Likevel ble det årlig fram til 1989 brukt ca 2 tonn DDT på planteskoler til forbehandling av planter for å hindre angrep av gransnutebillen. Årsaken til dispensasjonen var mangel på alternative insekticider, mens mange andre tiltak som ikke innebar kjemisk bekjempelse, sto i kø (Snytbaggeutredningen 1978). Miljø- og helsekravene har kommet sterkere inn ved vurderingen av hvorvidt bruk av giftmidler er akseptable. Kravene til insekticider er endret og det vil de trolig fortsatt bli. Flere insekticider som er oppfattet som effektive vil trolig gå ut av bruk og erstattes av biologisk kontroll av skadeinsekter og/eller genmodifisering av planter, bakterier mm. Endret driftspraksis med f eks endrete foryngelsesmetoder i skog, har ikke fått samme forsknings- og utredningsmessige fokus. Dette er bekymringsfullt ut ifra ønsket om et mer naturnært og biologisk bærekraftig skogbruk.

2.1 Nye forvaltningskrav

Problemkomplekset omkring inngrep i og bruk av naturen må nå settes i sammenheng med nye naturforvaltningskrav. Konvensjonen om bevaring av biologisk mangfold som ble underskrevet i Rio de Janeiro i 1992 er her et viktig dokument. Norge ratifiserte denne konvensjonen sommeren 1993 (etter Stortingsprop. 56 (1992-93)) og ved årsskiftet 93/94 blir konvensjonen rettskraftig.

Følgende definisjon av biologisk mangfold er lagt til grunn i konvensjonen: "Variabiliteten hos levende organismer av alt opphav, herunder bl. a. terrestriske, marine eller andre akvatiske økosystemer og de økologiske komplekser som de er en del av; dette omfatter mangfold innenfor artene, på artsnivå og på økosystemnivå."

Konvensjonen om bevaring av biologisk mangfold omfatter altså bevaring på tre nivåer; (i) mangfold i økosystemer og miljø, (ii) mangfold av arter og (iii) genetisk variasjon innen og mellom bestander av samme art (DN-rapport 1992-5a).

Introduksjoner av miljøfremmede organismer regnes som en av de viktigste faktorene som truer biologisk mangfold på verdensbasis. I konvensjonens artikkel 8 (h) heter det: "...hindre innføring av, kontrollere eller utrydde fremmede arter som truer økosystemer, habitat eller arter". Videre blir det spesifikt påpekt viktigheten av å forvalte og kontrollere risikoen forbundet med bruk og utsetting av levende genmodifiserte organismer som kan antas å ha uheldige økologiske konsekvenser (Artikkel 8 g).

Alle typer bekjempelse av skadeinsekter vil i framtida måtte forholde seg til denne konvensjonen. Dette vil stille bruk av insekticider og alle typer bruk av biologisk bekjempelse og kontroll i et annet lys, det blir ikke lenger bare et spørsmål om å true truede og sårbare arter.

Føre-var-prinsippet er i følge konvensjonen etablert som et viktig fundament for naturforvaltning. Vi kommer aldri til å ha 100% kunnskap om alle de mulige økologiske konsekvensene av beslutninger. Dersom det er tvil om negative effekter av naturinngrep eller høstingsnivå, må tvilen komme naturen og de kommende generasjoner til gode. En skal dessuten aldri kunne bruke at man ikke vet som årsak til å foreta skadelige naturinngrep eller til ikke å stoppe slike inngrep. Det er verdt å merke seg at skadelig her defineres etter konvensjonens oppfatning av biologisk mangfold og ikke eventuelle nærings- eller særinteresser.

2.2 Introduksjoner og påvirkning av økosystemene

Naturlig flora og fauna er under konstant endring. Arter kan dø ut og andre komme til gjennom evolusjon eller innvandring. Særlig når miljømessige forhold skifter, kan en vente endring i artssammensetning. Miljøendringer skyldes i dag i stor grad menneskelige aktiviteter, og kan være særdeles omfattende.

Antropogen introduksjon er ikke utelukkende å ta med seg organismer reint fysisk, men kan også være å berede grunnen for spredning. Et eksempel i den sammenheng er flueparasitten "Gylleflue" som sprer seg på avfall. Slike arter blir kalt synantropiske arter.

Videre endrer antropogen påvirkning konkurranseforholdet mellom arter. Særlig kombinasjonen menneskeskapt habitat og enkelte introduserte organismer, som er godt egnet til å utnytte slike habitater, kan påføre økosystemer store endringer. Resultatet blir at variasjonen i naturens fysiske og biologiske innhold minker, - en "homogenisering" av naturen slik som f eks Lodge (1993) beskriver. Han påpeker dette som et av de store problemene for å kunne bevare biologisk mangfold.

Vurdering av økologiske effekter ved bekjempelse av skadeinsekter i skog er nødvendig å utrede etter samme referansemaal. Et felles grunnlag for dette har hittil ikke vært fulgt innen litteraturen. Det medfører at de konklusjoner som er trukket (f eks om at introduksjoner har vært vellykket) ikke nødvendigvis er entydige (Ebenhard 1988). Ofte har økologiske effekter ikke blitt undersøkt bredt nok. I tillegg er langsiktige effekter av endringer i flora og fauna ikke tatt med i betraktningen.

Ved å benytte genmodifiserte organismer (GMO) for å kontrollere definerte skadeorganismer i skog, vil faktorer forbundet med det fremmede genmaterialets egenskaper vurderes for å kunne utrede de økologiske effekter i tillegg til den tenkte nytteeffekt. Miljøeffekter ved utsetting av genmodifiserte organismer generelt og til bruk i biologisk kontroll spesielt er utredet av Hindar & Bakke (1991) og Hindar et al (1992). Utsetting av genmodifiserte mikroorganismer er vurdert av Goksøyr & Sørheim (1991). Goksøyr & Torsvik (1992) har vurdert genetisk spredning av mikroorganismer. Videre har risiko for genspredning fra kulturplanter (Nurminiemi & Rognli 1993) og genetiske risikoer for norske villplanter blitt utredet (Elven et al 1991). Mye arbeid er utført omkring effekter av GMO, men usikkerheten omkring konsekvensene ved utsetting er fortsatt dominerende. Et prinsipielt spørsmål som muligheter og eventuelle virkninger av horisontal genoverføring (f eks via virus), ligger fortsatt uavklart.

Utplanting av mellomeuropeisk gran på Sør-Østlandet, og den genspredning det medfører, kan anskueliggjøre problemene skogbruket vil stå ovenfor (Dietrichson 1991). De innførte proveniensene, som ble plantet på 60- og 70-tallet, viste seg å inneholde for mye kvist, ha utbredt stammesprekker, samt å være lite resistent mot frost. Økologiske effekter på plante- og dyreliv er ikke undersøkt. Omfanget av innført gran er så stort at 3-4% av granskogarealet i f eks Østfold er slike provenienser. Dette betyr at i den mest forplantningsdyktige alderen vil disse utgjøre opptil 20% i gjennomsnitt på store arealer. Blomstring hos

den mellomeuropeiske grana skjer omtrent samtidig som hos den stedegne grana. Det er derfor for seint og/eller praktisk umulig å fjerne dette materialet. Konsekvensene for skogenes økosystemer i framtida, når det f eks gjelder genetisk innhold eller habitat for hundrevis av arter, kan ikke forutsies nå. Det er ofte slike "økologiske eksperimenter" som etter hvert viser seg å utvikles helt galt.

Skadeinsekter vil kunne profittere på klimaendringer, og på type og omfang av naturinngrep. Norge, som vanligvis ikke har særlig store problemer med f eks skadeinsekter, kan dermed få økte skader på skog. Dette kan føre til at tiltak som nå sees på som helt unødvendig eller alt for kostnadskrevenende, vil presses fram. Eksempelvis kan storstilt vitaliserings-gjødsling av skogarealer føre til økt vekst og gjøre trærne til bedre og mer attraktivt materiale for skadeinsekter; jfr problemene innenfor fruktdyrking ved bruk av litt for mye gjødsel* (Hesjedal pers medd).

Bruk av bioteknologiske metoder (innbefattet GMO) i den hensikt å bedre kontrollen med skadeorganismer eller virkeskvalitet, er et betydelig forskningsfelt som fortsatt er i vekst. Innen bioteknologi vil det ikke nødvendigvis satses på de områder det trengs mest. Bedre egnede forskningsdyr, planter eller mikroorganismer vil være lettere å handtere. Bioteknologiske metoder og/eller GMO kan derfor bli utprøvd i naturen på mindre viktige satsingsområder fordi de metodiske mulighetene er tilstede; problem-løsningens egen drivkraft!

Ordet "skadeorganismer" brukes upresist i sammenheng med økologiske virkninger. Skade på trær er ikke det samme som skade på økosystemet, i enkelte tilfeller kan det være stikk motsatt. Litteratordata der konklusjoner er trukket på uklare premisser, eller nøyaktigheten varierer kan derfor forvirre (jfr. Ebenhard 1988). En kan ikke bruke samme definisjon på skade i økosystemer som brukes innen næring eller på mennesket. Begrepene skade/nytte gir ingen mening uten nye definisjonsrammer som er nærings- og særinteressenytrale. Konvensjonen om biologisk mangfold gir alle artene, variasjonene og økosystemene likeverdighet utfra naturgitte forhold.

2.3 Kontroll av skadeorganismer i skog

Kontroll av skadeinsekter og andre skadeorganismer i skog kan ikke betraktes på samme måte som

skadeinsekter f eks innenfor jordbruk eller frukt- dyrking. Det er spesielt to årsaker til dette. (i) Våre skoger (hovedsakelig det boreale barskogsbeltet) er store sammenhengende arealer. Skadelige organismer som får fotfeste kan ikke stoppes og kan spre skade i hele barskogsområdet. (ii) Omløpstida i skogene er særdeles lang, vanligvis hundre til flere hundre år. Fra frø til ferdig nedbrutt tre utgjør hvert enkelt tre habitat for, og er en del av økosystemet for hundrevis av arter; - dyr, planter og mikroorganismer. Endringer i økosystemer tidlig i suksesjonsfasen kan føre til store økologiske endringer på et mye seinere tidspunkt.

Hva som regnes som skade på skog er vanligvis vurdert utfra næringsinteresser eller annen utnyttelse av skogen f eks i form av jakt. Det viktigste blir å se på organismer som skader trevirkeproduksjonen i bartrær (gran og furu i særdeleshet), men også lauvtrær (som bjørk og enkelte edellauvtre) kommer inn her. Det er barkbiller og snutebiller som gjør mest skade i barskogen. Granbarkbiller og gransnutebiller kan opptre i store mengder og dreper trærne (se fra side 22 der potensielle skadearter blir behandlet en for en).

Det finnes et omfattende skadepotensiale på produksjon av trevirke og på frukttrær. Det kan være verdt å merke seg at andre grunntanker styrer diskusjonen omkring skader i fruktdyrking der frukten er hovedsak mens treet vanligvis er mindre problematisk. Unntak er f eks tredreper og lauvtrebarkbille som angriper trærne (Hesjedal pers medd; Edland 1979; Hesjedal 1988). Noen få skader i fruktproduksjonen kan i prinsippet sammenlignes med skader på virkesproduksjonstre når skadene går utover kvaliteten på trevirket og/eller veksthastigheten av trærne.

Kontroll av skadeinsekter i naturlig skog er ganske forskjellig fra kontroll innen jordbruket. Jordbruk og frukthager er begrensede arealer, ofte med miljøfremmede treslag/planter. Barskogene derimot er store og sammenhengende arealer med svært variert struktur og klimatiske forhold. Uten inngrep varierer skogene i tid og rom etter sin naturlige dynamikk som er fundamentet for det varierte dyre- og planteliv. Dette medfører større vansker med å oppnå ønsket effekt av biologisk kontroll, samt at det vil være særdeles vanskelig å forutsi effektene på ikkemål-organismer.

For tiden er det generelt stor tro på bioteknologi. Flere har framtidsvyer om at utsetting av genmodifiserte organismer (GMO) skal løse mange problemer med skadeorganismer. Enkelte fokuserer sterkest på GM-trær som skal være resistente mot potensielle skader, vokse raskt og ha beste virkeskvalitet.

En annen framtidsvy er å bringe skog-økosystemer nærmere en naturtilstand med naturgitte dynamiske prosesser. Skogene vil da inneholde både skadeinsekter og alle de andre organismene. Meningen er å sikre en mer balansert økologisk utvikling som ikke vil føre til omfattende skade på skogsvirke.

3. Introduksjoners plass i biologisk kontroll

Bekjempelse av skadeinsekter fører til åpne nisjer. Evolusjonstrykket medfører at nisjene etter hvert blir utnyttet. Dette betyr vanligvis at en viss biologisk resistens mot tiltak utvikler seg ganske raskt. Bruk av f.eks. GMO løser heller ikke dette problem, men som ytterligere mulighet i kombinasjon med andre tiltak kan bedring oppnås. Det gis åpning for flere varianter av integrerte løsninger som vil hindre tilpasning til et mer ensidig seleksjonstrykk som ett tiltak medfører.

Biologisk kontroll av skadeinsekter kan defineres som følgende punkter:

- utsetting eller oppformering av organismer som konkurrerer eller er predatorer eller parasitoider på insektet. Disse utsatte organismene kan være selekterte eller GMO. Organismer kan være patogene, som bakterier og virus, naturlig selekterte eller GMO.
- Bruk av insektenes egne feromoner til fangst eller forvirring blir vanligvis regnet som biologisk kontroll. Det samme er bruk av forvirrende vertsduffer eller andre duftkomponenter som ødelegger et atferdsmønster.
- Sterilisering, selekterte eller GM egenskaper som vil ødelegge den vanlige strukturen i populasjonen.
- Biologisk kontroll kan ofte bli benyttet i samband med klassiske insekticider for å benytte mindre toksinmengder.
- Det kan være GM-planter som produserer toksiner eller annet aversjonsvirkende selv.
- Andre integrerte opplegg som innebærer endring av produksjon eller måten produksjonen foregår på. Skjøtsel i skog etter for eksempel biologisk dyrking av jordbruksvarer.

Tanken har vært at biologisk kontroll kan være mer effektiv og gi en miljøgevinst i forhold til insekticider. Det er verdt å merke seg at det var mye fokusert på mer "naturtro kontroll" før insekticidene ble utviklet.

Mye av forskningen på biologisk kontroll er på begrensede områder slik som veksthus, og/eller på begrensede arealer slik som i jordbruk og frukthager. I Norge har ikke sprøyting med insekticider eller biologisk kontroll vært brukt i skogsområder, bare på begrensede arealer som tømmerlunner, planteskoler eller mot lauvtre og urter (sprøyting med glyfosat). Mange sprøytemidler er benyttet i fruktproduksjonen, men der har også interessen fram til nå vært størst for å finne alternative metoder. Dette er trolig først

og fremst fordi produksjon av mat ikke skal kontamineres.

Skal mulighetene for biologisk kontroll av definerte skadedyr i skog vurderes, må en ta i betraktning at næringsvirksomheten foregår på større og mindre arealer innenfor et stort sett sammenhengende skogområde (det boreale barskogsbelte). Prinsipielt er det to måter å angripe definerte skadeproblemer på. (i) Endre eller påvirke insektene direkte slik at den samlede effektivitet reduseres og den økonomiske skaden blir mindre. Dette kan skje på flere måter. Introduksjon av predatorer og parasitoider (evt også GMO som er bedre i effektivitet), ved fangst eller insekticider mot selve insektet. (ii) Gjøre treet bedre egnet til å motstå eller hindre angrep. Dette kan oppnås ved valg av treslag, seleksjon for mer motstandsdyktige provenienser eller GM-trær. Alle metodene medfører økologiske konsekvenser som kan føre til at tiltakene ikke virker som forventet i lengden. I den sammenheng kan nevnes utvikling av åpne nisjer som muliggjør tilpasninger for insekter bl a gjennom resistens.

Introduksjoner av organismer til bruk i biologisk kontroll kan gjøres på forskjellige måter. Metodene med fordeler og ulemper i effektivitet alt etter behov for biologisk kontroll er sammenfattet i f eks Hindar et al (1992).

3.1 Introduksjoner, økologiske konsekvenser

En helhetlig sammenfatning av økologiske virkninger av kjente introduksjoner lar seg vanskelig gjennomføre. Dette henger sammen med at data om økologiske virkninger vanligvis ikke er undersøkt på et bredt grunnlag. Videre er det ofte vanskelig å skille mellom rene introduksjoner og gitte muligheter for naturlig spredning, og utilsiktet spredning på grunn av menneskets reisevirksomhet, til egnede menneskeskapt habitat. Det siste gjelder spesielt små organismer som kryptogamer, insekter og mikroorganismer. Sett i økologisk sammenheng overvåkes slike organismer tilfeldig, og oppdages bare dersom effektene er dramatiske på f eks økosystemer eller helse (rabies eller munn og klovsyke).

I løpet av det siste hundreår har 88 nye fuglearter etablert seg i Skandinavia og Finland. 50 av disse

har trolig fått god hjelp av menneskelige aktiviteter for å lykkes (Järvinen & Ulfstrand 1980; Ulfstrand 1980). Prosessen for etablering og de økologiske virkninger det har på de opprinnelige økosystemer, kan beskrives som ved naturlig kolonisering. Det som utgjør det store skillet ved menneskeutførte introduksjoner, er at distansen er ubegrenset og at lite bevegelige arter kan bli tatt med. Geografiske barrierer som er fundamentet i evolusjonens gang, blir tilfeldig eller planmessig brutt.

En arts koloniseringsegenskaper øker ved stor reproduksjonsevne og lav mortalitet (MacArthur & Wilson 1967; Richter-Dyn & Goel 1972). Begge parametrene er påvirket av mange biologiske egenskaper hos den koloniserende art, og de miljøforhold arten blir møtt med. Når en skal vurdere omfanget av økologiske effekter på andre organismer og økosystemer er koloniseringsegenskapene til en introdusert art av sentral betydning. Populasjonsutvikling og hvor vanlig arten er er også viktig i denne sammenheng (Ebenhard 1988). Det vil alltid være økologiske forskjeller, f eks i form av matvalg, habitatpreferanse, demografiske kvaliteter, spredningsevne og spesialiseringsgrad, mellom introduserte arter. Til og med nært beslektete arter kan ikke betraktes som økologisk like. Dette vil være et betydelig, uforutsigbart usikkerhetsmoment når det gjelder vurdering av økologiske effekter av introduserte GMO. Det er videre påvist flere eksempler av at plastisiteten til introduserte arter kan medføre særdeles uforutsette resultater. Ett av mange eksempler (Ebenhard 1988) er vaskebjørn (*Nyctereutes procyonoides*) som lever på fisk og krabber i sitt naturlige habitat i Øst-Asia. I Kaukasus der den er introdusert lever den av fugler, hare og høns.

Kan de økologiske konsekvensene minskes ved å lage nye miljøfremmede økosystemer som drives adskilt fra skogene og der rene "jordbruksmetoder" blir benyttet i trevirkeproduksjonen? Å forutsi effektene på biologisk mangfold ved en slik politikk avhenger av flere ting, bl a det aktuelle arealet og totalomfang, hvor beskyttet (fredet) de andre skogarealene er, og følgene av jord- og vassdragsforurensinger. Etter svenske forhold er det vurdert at minst 15% av en representativ del av det produktive barskogarealet måtte avsettes som reservater, for at biologisk mangfold skal kunne opprettholdes (Zackrisson et al 1992).

4. Muligheter for tiltak mot skadeinsekter i skog

Biologisk kontroll i naturen ved å benytte seg av naturens egne metoder har to klare perspektiver. (i) Det som bør ha størst interesse, er om bruk av og/eller inngrep i naturen (metode og/eller omfang) påvirker økosystemene slik at enkelte arter påfører næringsinteresser skade som de ellers ikke ville ha fått i samme grad. (ii) Hva som kan gjøres når skjevhetene først oppstår, er oftest i fokus når mulige tiltak diskuteres. Førre var-prinsippet bør få skogforvaltningen til å endre prioritering her.

Mengden av predatorer, parasittoider og patogener er utviklet i sammenheng med de andre levende organismene i økosystemene. Disse gruppene er derfor av vesentlig betydning for hvordan populasjonene av fytofage insekter varierer.

4.1 Predatorer

Predatorer er generelt ikke i stand til å reagere så raskt på populasjonsendringer at de kan være effektive i akuttkontroll av definerte skadeinsekter. Omfanget av de forskjellige predatorene er stort og den langsiktige balanserende virkningen og rollen i økosystemene er udiskutabel. De viktigste insekt-predatorene er rovinsekter som maur (*Formicidae*), marihøner (*Coccinellidae*), maurbiller (*Cleridae*), løpebiller (*Carabidae*) og biller av familien *Rhizophagidae*. Edderkopper (*Aranea*), fugl og små pattedyr, særlig spissmus (*Soricidae*) er også viktige predatorer (jfr. Tverrmyr 1967; m fl).

Det finnes en god del undersøkelser som vurderer predatorers innvirkning på skadeinsekt-populasjonene. Ettersom motivasjonen oftest har vært å kontrollere definerte skadeinsekter, kan konklusjoner omkring betydning i økosystemene være vanskelig å trekke.

Spissmusarter er i hovedsak insektspisende og utgjør trolig et betydelig predasjonstrykk på spesielt overvintrende insekter på bakken (Dahlsten 1982). Effekten av dette er ikke klarlagt og er åpenbar variabel. I Canada (Newfoundland) ble flere arter spissmus introdusert for å begrense skadene på lerketre forårsaket av lerkedarveps (*Pristiphora erichsonii*). Musene formerte seg raskt og betraktes å være en viktig begrensingsfaktor overfor lerkedarvepsen i området (Turnock et al 1976).

Insektspisende fugler sin rolle for å bekjempe masseangrep av insekter har vært omstridt (Tverrmyr 1967), men som predator i mange økosystemer må fugler tas på alvor. Mange insektspisende fugler påvirkes i negativ retning av skogbruksaktiviteter, samt at populasjonene ofte kan manipuleres ved enkle tiltak. I et skogsområde i Tyskland (600da) økte småfuglbestanden fra ca 25 til over 200 par ved storstilt utsetting av rugekasser. Populasjonene av eikevikler som jevnlig påførte trærne skade, ble redusert slik at skadene ble minimale i motsetning til omgivende arealer (Henze 1964). De fleste hakke-spettartene lever hovedsaklig av insekter, og er avhengig av gamle trær for reirhull. Fordeling og mengde insekter som blir fortært er ikke klarlagt, men data finnes som viser at f eks tretåspett i et skogsområde i Sverige igjennom vinterhalvåret kunne fortære 80-90% av barkbillepopulasjonen *Polygraphus poligraphus* (Lekander 1959).

Maur har flere sentrale funksjoner i skogøkosystemer. Som predator på insekter som potensielt kan gjøre skade i skogproduksjon, er noen få arter rød skogsmaur funnet interessante (Gösswald & Schmidt 1959). Det er bred enighet om at maur er et bilde på sunnhetstilstand i skog, og omfanget av predasjon på skadeinsekter har vært diskutert lenge. Det er antatt at predasjonen i perioder betyr svært mye for f eks bestanden av viklere, målere og spinnere. Adlund (1966) konkluderer i en samle-rapport, der det fokuseres på bruk av maur i biologisk kontroll av skadeinsekter, med at maur kun kan virke som kontrollagens i forhold til furufly (*Panolis flammea*). I granskog vil maur som kontrollagens derfor ikke være fordelaktig, og i lauvskog vil økt maurmengde trolig føre til økte bladlusplager.

Også blant biller (*Coleoptera*) finnes det en mengde insektpredatorer, både generalister og spesialister, mange med en betydelig effektivitet. Maurbiller (*Thanasimus formicarius*) spiser som voksen mange barkbillearter mens de svermer etter passende vertsmateriale. Videre legger maurbiller sine egg i barkbillenes galleri slik at klekte maurbillelarver kan forsyne seg av barkbillelarver. Maurbillens velutviklede luktesystem kan lukte barkbillenes feromoner like godt som barkbillene selv (Tømmerås 1985; 1988). Det har vært anslått at maurbiller kan redusere en barkbille-populasjon med omlag 5% (Dyer et al 1975). Maurbiller har lenge vært kjent som en viktig predator på barkbiller og har vært forsøkt introdusert til nye områder ved flere

Tabell 1. De mest vanlige insekter (biller og tovinger) som predaterer 3 barkbillearter i Europa (Data fra Mills 1983)

| | <i>Hylastes cunicularius</i> | <i>Tomicus piniperda</i> | <i>Ips typographus</i> |
|---|----------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| COLEOPTERA | | | |
| Staphilinidae | | | |
| <i>Nudobius lentus</i> (Grav.) | | x | x |
| <i>Phloenomus lapponicus</i> Zett., <i>pusillus</i> (Grav.), <i>sjobergi</i> Sahlb. | | x | x |
| <i>Phloeopora testacea</i> Mannh. | | x | x |
| <i>Placusa depressa</i> Maeklin, <i>complanata</i> Erichs. | | x | x |
| <i>Quedius laevigatus</i> (Gylh.) | | x | x |
| Histeridae | | | |
| <i>Paromalus parallelepipedus</i> (Hbst.) | | x | x |
| <i>Platysoma angustatum</i> (Hffm.), <i>lineare</i> Erichs., <i>oblongum</i> (F.) | | x | x |
| <i>Plegaderus vulneratus</i> (Panz.) | | x | x |
| Trogositidae | | | |
| <i>Nemozoma elongatum</i> (L.) | | | x |
| Nitidulidae | | | |
| <i>Eपुरaea pusilla</i> Ill., <i>pygmaea</i> (Gylh.), <i>thoracica</i> Tournier | | x | x |
| <i>Glischrochilus quadripunctatus</i> (L.) | | x | x |
| <i>Pityophagus ferrugineus</i> (L.) | x | x | x |
| Rhizophagidae | | | |
| <i>Rhizophagus depressus</i> (F.), <i>dispar</i> (Payk.), <i>ferrugineus</i> (Payk.) | x | x | x |
| Cucujidae | | | |
| <i>Laemophloeus abietis</i> Wankowicz, <i>alternans</i> Erichs. | | x | x |
| <i>Silvanus bidentatus</i> (F.) | | x | |
| Cleridae | | | |
| <i>Thanasimus formicarius</i> (L.) | x | x | x |
| Tenebrionidae | | | |
| <i>Hypophloeus fraxini</i> Kug., <i>linearis</i> F. | | x | x |
| DIPTERA | | | |
| Dolichopodidae | | | |
| <i>Medetera breviseta</i> Parent | | | x |
| <i>M. dichrocera</i> Kowarz | | x | |
| <i>M. infumata</i> Lw. | | x | x |
| <i>M. pinicola</i> Kowarz | | x | |
| <i>M. signaticornis</i> Lw. | | | x |
| <i>M. stackelbergi</i> Parent | | x | x |
| Lonchaeidae | | | |
| <i>Lonchaea chorea</i> F. | | | x |
| <i>L. collini</i> Hackman | | x | x |
| <i>L. laticornis</i> Mg. | | x | x |
| <i>L. scutellaris</i> Rond. | | | x |
| <i>L. seitneri</i> Hend. | | | x |
| Xylophagidae | | | |
| <i>Xylophagus cinctus</i> (Deg.) | | x | x |
| Asilidae | | | |
| <i>Laphria flava</i> (L.) | | | x |
| <i>L. gilva</i> (L.) | x | | x |
| Palloppteridae | | | |
| <i>Palloptera usta</i> (Mg.) | | x | x |

anledninger. I 1882 og 1883 ble den introdusert fra Tyskland til USA som første forsøk i biologisk kontroll av skogsinsekter (Moeck & Safranyik 1984). Maurbillen klarte ikke å etablere seg uten at årsaken til dette er funnet (Turnock et al 1976). I 1909 ble den forsøkt importert fra England til Sri Lanka mot en borebille (*Xyleborus formicatus*) i te-treet, men uten hell (Clausen 1978). I 1976 ble maurbiller sendt fra Østerrike til New Zealand for å kontrollere de introduserte barkbillene *Hylastes ater* og *Hylurgus ligniperda*. Det ble foretatt avl på maurbillen, men introduksjonen ser ikke ut til å lykkes. Det er reist tvil om de store populasjonene av *H. ater* vil la seg kontrollere ettersom populasjonsveksten er særdeles stor på nye hogstflater (Milligan 1978; Zondag 1979).

Mange har foreslått å benytte masseutsetting av maurbiller under masseangrep av barkbiller (jfr Berryman 1967), men ingen har gjort dette. En viktig årsak til dette er problemer med å avle maurbiller. Voksne maurbiller spiser hverandre dersom populasjonen blir tett, mens larvene har ren kanibalistisk adferd (Moeck & Safranyik 1984).

Enkelte har hatt mer tro på predatorer fra slekta *Rhizophagus*. *R. grandis* er en mer spesifikk predator på kjempebarkbilleren *Dendroctonus micans* i Europa. Predatoren er enklere å avle på kolonier av byttedyret og det er rapportert at utsettinger i Georgia har redusert skadene av *D. micans* (Kobakhidse et al 1973). I Norge er dette uaktuelt da ingen regner kjempebarkbilleren som et skadeinsekt.

Det finnes lite data, særlig på europeiske forhold, når det gjelder edderkopper og midd som predatorer på spesifikke insekter. Noen middarter kan være predatorer på voksne individer, larver og egg, mens andre arter er å betrakte som parasittiske. En Pyemotidae har granbarkbilleren *Ips typographus* som vert (Mills 1983).

4.2 Parasittoider

Parasitter har en sentral populasjonsdempende virkning i naturen. I entomologisk sammenheng dreier det seg først og fremst om snylteveps (*Hymenoptera*) og snyltefluer (*Diptera*). Generelt anses effekten som populasjonsdemper å være spesielt merkbar ved store tettheter av vertsinsekter. Tverrmyr (1967) påpeker klare observasjoner med stor økning av parasiterte insekter ved slutten av en masseoppblomstring. Etter litt tid vil parasittoider (ofte i sammenheng med sykdommer) bevirke en drastisk nedgang i vertspopulasjonene. Variasjon i

levevis og populasjonsdynamikk er stor hos parasittoidene og mye er ennå ukjent.

Rent monofage arter som kun angriper ett bestemt insekt, er å foretrekke dersom en tenker biologisk kontroll. Dyrking av disse har vist seg å være vanskelig, i alle fall på syntetisk substrat (Tverrmyr 1967). Parasittoider kan også tenkes benyttet til insektkontroll på andre måter. For snyltevepsarter som er polyfage kan det være mulig å holde en jevnt høy populasjon ved å "dyrke" insektarter som ikke har potensiale til å gjøre noen definert skade på f eks trevirke. Den bleke barkbilleren *Hylurgops palliatus* trives svært godt på hogstavfall, helst i skygge. På den lever snyltevepsen som også angriper andre barkbiller f eks margborere og granbarkbiller, arter som kan gjøre skade for skogbruket (Nourteva 1956). Ved å la hogstavfall som sikrer *H. palliatus* skygge ligge igjen, kan snyltevepspopulasjonene øke og medføre reduksjon av skadeinsektene.

Mange arter innenfor 13 Hymenopterafamilier er parasittoider på barkbiller (Bushing 1965; Mills 1983). Dette gir en indikasjon på hvor viktige snyltevepsen er i funksjon og utvikling av skog-økosystemene. Det finnes særdeles lite data på hvordan snyltevepsartene påvirkes av f eks hogstinngrep, - både metode og omfang. Likevel, mange har tro på introduksjoner av snylteveps som en metode i biologisk kontroll (jfr Mills 1983; Moeck & Safranyik 1984). De fleste kjente parasittoider er innenfor familiene *Braconidae* og *Pteromalidae*. Noen arter kan være knyttet utelukkende til barkbiller, mens andre i tillegg kan være parasittoider på andre billefamilier.

Flere *Hymenoptera* parasittoider har blitt introdusert som forsøk på å kontrollere barkbiller som er spredningsvektorer (bærere av sopp sporer) for almesyke. Snyltevepsene *Dendrosoter protuberans* og *Ecphyllus sileseacus* ble brakt til Nord-Amerika mot den lille barkbilleren *Scolytus multistriatus*. Den førstnevnte så ut til å bety lite for barkbillebestanden, mens den andre trolig ikke klarte å etablere seg (Moeck & Safranyik 1984). Hovedvektorer for almesyke i Canada er barkbilleren *Hylorgopinus rufipes*. *D. protuberans* er parasittoider på denne arten også, men etablering lyktes ikke i Ontario i Canada. Parasittoider mot vektorer for almesyke er også forsøkt utsatt i Østerrike. Selv om predatorer ble benyttet i tillegg lyktes det ikke å redusere bestanden av *S. multistriatus* og *S. scolytus* til under spredningsnivå for almesyke.

Tabell 2. Parasittoider (Hymenoptera) på 3 barkbillearter (Data fra Mills 1983 og L. Gustafsson pers medd.)

| | <i>Tomicus piniperda</i> | <i>Dendroctonus micans</i> | <i>Ips typographus</i> |
|--|------------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| BRACONIDAE | | | |
| <i>Bracon palpebrator</i> Ratz. | x | | x |
| <i>Coeloides abdominalis</i> (Zett.) | x | | x |
| <i>C. bostrychorum</i> Giraud | x | | x |
| <i>C. melanostigma</i> Strand | x | | x |
| <i>C. scolyticida</i> Wesm. | | | x |
| <i>Cosmophorus klugi</i> Ratz. | | | x |
| <i>Dendrosoter middendorffii</i> (Ratz.) | x | x | x |
| <i>D. protuberans</i> (Nees) | x | | |
| <i>Doryctes pomarius</i> Reinh. | | | x |
| <i>Ecphylyus hylensini</i> (Ratz.) | | | x |
| <i>Eubazus (=Calyptus)atricornis</i> (Ratz.) | x | x | |
| <i>Rhopalophorus clavicornis</i> (Wesm.) | | | x |
| <i>Spathius brevicaudis</i> Ratz. | x | | x |
| <i>S. exarator</i> (L.) | | | x |
| PTEROMALIDEA | | | |
| <i>Cheiopachus quadrum</i> (F.) | x | | x |
| <i>Dinotiscus aponius</i> (Wik.) (= <i>bidentulus</i> (Thoms.)) | x | x | x |
| <i>D. conol</i> (L.) (= <i>calcaratus</i> (Thoms.)) | x | | |
| <i>D. eupterus</i> (Wik.) (= <i>capitatus</i> (Forst.)) | x | | x |
| <i>Mesopolobus typographi</i> (Ruschka) | x | | x |
| <i>Metacolus unifasciatus</i> Forst. | x | | |
| <i>Rhopalicus brevicornis</i> Thoms. | x | | |
| <i>R. tutela</i> (Wik.) | x | x | x |
| <i>Roptrocerus xylophagorum</i> (Ratz.) | x | | x |
| <i>R. brevicornis</i> Thoms. | x | | x |
| <i>R. mirus</i> (Wik.) | | | x |
| <i>Tomicobia seitneri</i> (Ruschka) | | | x |
| EURYTOMIDAE | | | |
| <i>Eurytoma arctica</i> Thoms. (= <i>blastrophagi</i> Hedquist) | x | | x |
| <i>E. morio</i> Dalm. | | | x |
| <i>E. rufipes</i> Wik. | x | | |
| <i>Ipideurytoma spessivtsevi</i> Boucek & Novicky | | | x |
| EUPELMIDAE | | | |
| <i>Calosota vernalis</i> Curt. | x | | x |
| <i>Eupelmus urozonus</i> Dalm. | | | x |
| CLEONYMIDAE | | | |
| <i>Heydenia pretiosa</i> Forst. | | | x |

Rhopalicus tutela (tilhører familien *Pteromalidae*) er blitt introdusert fra Europa til New Zealand mot den introduserte barkbillen *Hylastes ater*. Arten etablerte seg ikke (Moeck & Safranyik 1984).

Mange snyltevepsarter er knyttet til vår mest potente barkbille, granbarkbilleren, *Ips typographus*. *R. tutela* er rapportert å parasittere granbarkbilleren, men nivået er under 20-25% (Lovaszy 1941), omtrent det samme som for en annen art, *Rhopalophorus clavicornis*. Snyltevepsen *Coeloides bostrychorum* forekommer vanligvis på barkbiller som lever på bartrær og medfører et parasitnivå opp mot 50-95% (Bomosch 1954). Det foreligger ingen opplysninger om benyttelse av disse arter i forbindelse med biologisk kontroll av granbarkbilleren.

Den store økologiske betydningen parasittoider har i insektenes økosystemer, understreker viktigheten av forskning på dette felt.

4.3 Patogener

Patogener er organismer som framkaller sykdom, enten direkte eller som bærere. Når det gjelder insekter er virus, bakterier, sopp, protozoer og nematoder de aktuelle grupper. Sykdom antas generelt å være en betydelig økologisk faktor, mens detaljkunnskap omkring betydningen oftest mangler. Blant alle disse patogene gruppene finnes det arter som er forsøkt benyttet i bekjempelse av skadeinsekter. Svært ofte kan masseangrep bli slått tilbake av sykdommer som en del av en naturlig utvikling. Eksperimentelt er de beste bekjempningsresultater oppnådd ved bruk av bakterier og virus, men også de tre andre patogengruppene kan under bestemte forhold forårsake massedød av insekter. I en del gunstige tilfeller er resultater ved bruk av patogener like effektive som f.eks bruk av de mest effektive kjemiske insekticider. Det ser ut til at patogen-virkningen øker ved økende populasjonsstørrelse (Tverrmyr 1967).

4.3.1 Virus

Virus er de mest artsspesifikke av insektpatogenene. Enkelte typer er helt monofage, dvs de angriper bare en art. Oftest er det imidlertid slik at en art er mest mottakelig, mens beslektede arter også kan bli syke av viruset, men i mindre grad (Neilson 1964). Virulensen til virus ser ut til å variere. Hvor mye av denne variasjonen som skyldes variasjon i viruset eller i mottakelighet, eventuelt resistens hos enkelt-individer og/eller populasjoner av mottakerinsekter,

er ikke klarlagt. Virussykdom er funnet og påvist hos flere hundre insektarter. Det er særlig innenfor insektordnene *Lepidoptera* og *Hymenoptera* at virus-sykdom er utbredt.

Virus har i lang tid vært benyttet i biologisk kontroll av enkelte insektarter. Helt siden først på 40-tallet ble virus dyrket på levende vev og benyttet mot granbarveps, *Diprion hercyniae*, i Canada. Seinere har utviklingen med bruk av virus mot andre barvepsarter gått fort. Virus mot den røde furubarvepsen behandles i denne rapport og er for Norge beskrevet og oppsummert i Hindar et al (1992). Effektiviteten av tiltaket (dersom utført i tide) er uomtvistelig, men den økonomiske skade som barvepsene påfører skog er ofte for liten i forhold til kostnadene ved bruk av virus (Austarå et al 1987). Selv om benyttelse av virus mot barveps har foregått i lang tid, har få økologiske konsekvenser vært anført. Dette skyldes både manglende undersøkelser, og at de benyttede virus har hatt smal-spektrert virkning.

4.3.2 Bakterier

Bakterier er sammenlignet med virus ansett å være mindre artsspesifikk i sin entomofage virkning; dvs de angriper et videre spekter av vertsinsekter. For bakterier kan det av og til være vanskelig å skille mellom en patogen virkning og en virkning som er saprofyttisk på døde insekter.

Bruk av patogene bakterier på insekter har i all hovedsak vært knyttet til bakterien *Bacillus thuringiensis*. Bakterien forefinnes som en heller vanlig jordbakterie og opptrer i en mengde varianter og/eller nærtbeslektete arter.

Bakterien ble oppdaget først på 1900-tallet fra møllen *Anagasta kühniella*. Bakterien er spore-dannende og har både en vegetativ fase og en mer inaktiv fase med stabile sporer. Den patogene virkning mot en del insekter ligger i toksin-produksjonen. Bakteriene produserer både endotoksin (produkt av nedbryting) og eksotoksin (skilt ut fra levende celler). Det mest effektive som patogenvirkende ligger i endotoksin som er knyttet til endotoksinkrystallen. Virkningen av endotoksin er begrenset til larver av *Lepidoptera*-arter, med en betydelig variasjon i effekt. Virkningen oppstår ved at toksinet løser seg i tarmen slik at tarmepitelet ødelegges og tarmmuskulaturen lammes. Nærings-opptaket stopper raskt og larvene vil dø etter et par dager.

Bacillus thuringiensis (*B.t.*) har videre toksisk virkning på andre insektgrupper. I slike tilfeller er det eksotoksin som er årsaken. Denne virkningen synes å utvikle seg noe saktere da larvene ikke drepes før etter 6-14 dager. Dette fordi eksotoksin ikke virker på tarmmuskulaturen. Det er stor forskjell på toksinproduksjonen hos et stort og voksende antall varianter av bakterien. Dette gir stadig muligheter til å finne varianter som er toksisk mot nye grupper av insekter (Taksdal 1968; Stahly et al 1991).

Ettersom det bare unntaksvis skjer en utvikling av bakterien i vertsdyret, vil toksinene være produsert på forhånd. Dette har medført at toksinene i hovedsak kan betraktes som et insekticid som virker via tarmen. Derigjennom har vi kommet i grenseland mellom kjemiske midler og biologisk kontroll (Jutsum 1988). *B.t.*-toksiner benyttes i stor målestokk til kontroll av Lepidoptera-skadeinsekter. Som andel av kjemiske insekticider utgjør *B.t.*-toksiner omlag 1% av verdensmarkedet (van Rie 1991).

Det er ikke funnet effekter av bakterietoksinene på andre dyr (mennesker inkludert) enn insekter. Dette er en av de store fordelene ved bruk av toksiner fra denne bakterien. Imidlertid diskuteres virkningen i enkelte økosystemer i jord. Spørsmålet kan f.eks. være hva som skjer med en *B.t.*-variant som finnes naturlig i jord et sted, mens en annen blir benyttet til skadeinsektbekjempelse på samme sted. Denne og lignende problemstillinger er ikke viet særlig forskningsmessig oppmerksomhet, mens svært store ressurser verden over benyttes for å vise effektene av preparater på definerte skadeinsekter.

Virkningen mot skadeinsekter vil være avhengig av at larvene får i seg toksiner ved foring. Regn kan vaske toksin av planten. Ettersom aktiviteten hos larvene generelt er avhengig av temperaturen, vil effekten være best ved optimal aktivitetstemperatur. For aktuelle insektmål vil dette vanligvis være oppimot 30° C. Effekten vil falle til 20-40% ved hver 10° C lavere temperatur (Taksdal 1968).

Ett av problemene ved bruk av insekticider er resistens som raskt har utviklet seg i populasjoner eller deler av disse. Indikasjoner på resistens ved bruk av *B.t.* var lenge få (Taksdal 1968), men eksemplene har blitt mange etter hvert. Resistens mot *B.t.*-endotoksin er rapportert hos mange viktige skadeinsekter verden over, f.eks. *Plodia interpunctella*, *Cadra cautella*, *Heliiothis virescens*, *Plutella xylostella*, *Leptinotarsa decemlineata*, *Lymantria dispar* og myggartene *Aedes aegypti* og *Culex quinquefasciatus* (McGaughey 1991). Dette har ført til at strategier mot utvikling av resistens har

blitt foreslått (van Rie 1991; Brunke & Meeusen 1991). Hovedmetoden er beskrevet som variasjon i bruken av varierende *B.t.*:

- Bruk av høy dose for å drepe insekter med marginal resistens.
- Bruk av lav dose for svekkelse av insekter slik at de blir lett bytte for predasjon.
- Vekselbruk ved å kombinere med bruk av insekticider.
- Variasjon i insekticid-gener dersom det benyttes.
- Skifte *B.t.*-variant eller kombinere med andre insekticider før resistens oppstår.
- Holde refugier av arealer der ingen bekjempelse av insekter foregår for å prøve og sikre villtypens dominans i området.

Det aller meste av insektkontroll ved bruk av *B.t.* i en eller annen form, er knyttet til jordbruk og fruktdyrking. Skadeinsekter knyttet til lauvtre kan ofte være Lepidoptera-arter som kan kontrolleres ved bruk av *B.t.* I USA blir lauvskogsnonnen *Lymantria dispar* bekjempet med bakterietoksin. I Norge finnes knapt andre aktuelle Lepidoptera-insekter som kan gjøre skade i skog, enn enkelte målere som spiser av lauvverket på lauvtre (f.eks. fjellbjørkemåler). *B.t.*-toksin (fra variant kurstaki, BioBit) er forsøkt i Norge flere ganger innenfor fruktdyrking (mot diverse målerlarver) og jordbruk (kålsommerfugl) (Taksdal 1968; Meadow 1990; a/s Plantevern-Kjemi 1992). Det er en utbredt oppfatning at den lave gjennomsnittstemperaturen i Norge, sammen med hyppig og mye nedbør, gjør effektiviteten av bakterietoksinene usikker mot Lepidoptera-insekter her i landet. Det trekkes ingen konklusjoner dersom toksinene benyttes på andre måter enn via sprøyting.

4.3.3 Sopp, nematoder og protozoer

Sopp, nematoder og protozoer kan frambringe sykdom hos insekter som kan tenkes benyttet i biologisk kontroll. Et masseangrep av furuflyet (*Panolis flammea*) i Mellom-Europa i 20-årene endte med stans etter få dager forårsaket av et soppangrep (Butovitsch 1959). Mot gransnutebillen (*Hylobius abietis*) har soppen *Beauveria bassiana* vist seg å være effektiv som patogen sammen med et kjemisk middel i lav konsentrasjon (Samsinakova & Novak 1967). Nematoder er funnet på en rekke barkbiller (Chararas 1962). På gransnutebillen, i likhet med mange andre insekter, er nematoder også funnet å ha en betydelig populasjonsdempende effekt i larvestadiet (Anon 1987). Mye er åpent når det gjelder muligheter for benyttelse fra disse gruppene i biologisk kontroll i skog. Virkningen på målorganismen er ofte uklar, de økologiske effektene

Tabell 3. Patogener på et utvalg av skogsinsekter i Norden (Data fra Tverrmyr 1967)

| Insekt | Patogen/sykdom | Kilde |
|--|--|--|
| Tredreperen (<i>Cossus cossus</i>) | Sopp: <i>Spicaria cossus</i> | Chararas 1962 |
| Bjørkfrostmåleren (<i>Operopthera fagata</i>) | Virus: <i>Cytoplasmampolyedrose</i> | Steinhaus 1963 |
| Den lille frostmåleren (<i>Operopthera brumata</i>) | Virus: <i>Cytoplasmampolyedrose</i> <i>Kjernepolyedrose</i> Bakterier: <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>thuringiensis</i> <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>alesti</i> <i>Bacillus</i> sps. | Krieg 1961, Steinhaus 1963 Steinhaus 1963 Krieg 1961, Steinhaus 1963 Krieg 1961 Krieg 1961 |
| Fjellbjørkemåleren (<i>Oporinia autumnata</i>) | Virus: <i>Kjernepolyedrose</i> <i>Cytoplasmampolyedrose</i> | Krieg 1961, Steinhaus 1963 Tverrmyr 1967 |
| Den store frostmåleren (<i>Erannis defoliaria</i>), Den store bjørkemåleren (<i>Biston betularia</i>) | Virus: <i>Cytoplasmampolyedrose</i> | Krieg 1961, Steinhaus 1963 |
| Furumåleren (<i>Bupalus piniarius</i>) | Virus: <i>Cytoplasmampolyedrose</i> <i>Smithiavirus</i> Bakterier: <i>Pseudomonas reptilivora</i> <i>Pseudomonas fluorescens</i> var. <i>septicus</i> <i>Cloaca cloacae</i> var. <i>cloacae</i> <i>Streptococcus faecalis</i> var. <i>faecalis</i> <i>Brevibacterium tegumenticola</i> Sopp: <i>Spicaria farinosa</i> <i>Beauveria tenella</i> <i>Beauveria bassiana</i> | Krieg 1961, Steinhaus 1963 Krieg 1961 Steinhaus 1963 Krieg 1961 Krieg 1961 Krieg 1961 Krieg 1961 Krieg 1961 Steinhaus 1963 Urban 1966 Urban 1966 |
| Furuflyet (<i>Panolis flammea</i>) | Sopp: <i>Empusa aulecae</i> <i>Beauveria bassiana</i> <i>Isaria farinosa</i> | Butovitsch 1959 Urban 1966 Urban 1966 |
| Løvsognonnen (<i>Lymantria dispar</i>) | Virus: <i>Borrelinavirus</i> (4 typer) <i>Smithiavirus</i> (2 typer) | Krieg 1961, Steinhaus 1963 Krieg 1961, Steinhaus 1963 |

Tabell 3 forts.

| Insekt | Patogen/sykdom | Kilde |
|---|--|--|
| | Bakterier: | |
| | <i>Serratia marcescens</i> | Krieg 1961 |
| | <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>thuringiensis</i> | Krieg 1961 |
| | <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>sotto</i> | Krieg 1961 |
| | <i>Bacillus</i> sps. | Krieg 1961 |
| | <i>Cloaca cloacae</i> var. <i>cloaca</i> | Krieg 1961 |
| | <i>Streptococcus disparis</i> | Tverrmyr 1967 |
| Eikespinneren (<i>Lasiocampa quercus</i>) | Virus: <i>Cytoplasmapolyedrose</i> | Steinhaus 1963 |
| Furuspinneren (<i>Dendrolimus pini</i>) | Virus: <i>Borrelinavirus pernyi</i> | Krieg 1961, Steinhaus 1963 |
| | Sopp: | |
| | <i>Sporotrichum globuliferum</i> | Johan-Olsen 1903 |
| | <i>Beauveria tenella</i> | " |
| | <i>Beauveria bassiana</i> | " |
| | <i>Cordyceps militaris</i> | " |
| | <i>Isaria</i> sps. | " |
| | <i>Penicillium</i> sps. | " |
| Den vanlige furubarvepsen (<i>Diprion pini</i>) | Virus: <i>Kjernepolyedrose</i> | Krieg 1961, Steinhaus 1963 |
| | Bakterier: <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>thuringiensis</i> | Heimpel 1967 |
| Den røde furubarvepsen (<i>Neodiprion sertifer</i>) | Virus: <i>Borrelinavirus diprionis</i> <i>Borrelinavirus</i> sps. | Krieg 1961, Steinhaus 1963 Krieg 1961 |
| | Bakterier: <i>Bacillus subtilis</i> ¹ | Krieg 1961 |
| Den store granbarvepsen (<i>Gilpina hercyniae</i>) | Virus: <i>Borrelinavirus gilpiniae</i> <i>Borrelinavirus</i> sps. | Krieg 1961, Steinhaus 1963 Krieg 1961 |
| Gransnutebillen (<i>Hylobius abietis</i>) | Sopp: <i>Beauveria bassiana</i> | Samsinakova et al 1967 |
| Den store margboreren (<i>Tomicus piniperda</i>) | Nematoder | Chararas 1962 |
| Den bleke barkbillen (<i>Hylurgops palliatus</i>) | Nematoder | Chararas 1962 |
| Granbarkbillen (<i>Ips typographus</i>) | Nematoder | Chararas 1962 |
| Den stripete vedboreren (<i>Trypodendron lineatum</i>) | Protozoer | Steinhaus 1963 |
| | Bakterier: <i>Pseudomonas fluorescens</i> var. <i>septicus</i> | Krieg 1961, Steinhaus 1963 |
| | <i>Pseudomonas caviae</i> | Krieg 1961 |
| | <i>Cloaca cloacae</i> var. <i>cloacae</i> | Krieg 1961 |

¹Fremkaller sykdom bare ved injeksjon.

ved bruk er så godt som ukjent. Erfaring på dette området kommer ettersom flere er i bruk til insektbekjempelse i drivhus. Mehl (1991) har presentert en oversikt over hvilke organismer som er i bruk i Norden til biologisk bekjempelse.

4.4 Introduksjoner av genmodifiserte organismer

I dag er det tre prinsipielt forskjellige måter å benytte genmodifisering for å oppnå bedre kontroll med skadeorganismer. (A) Genmodifisering av planten slik at den ikke egner seg eller velges som vertsorganisme for skadeorganismer. (B) Genmodifisering av de organismene som utøver skade slik at de ikke lenger blir i stand til det, og (C) genmodifisering som forbedrer eller omdanner organismer slik at de kan benyttes i biologisk kontroll ved introduksjon. Det er sjeldent at GMO sees på som eneste løsning for å hindre skade på en enkel og lettvinnt måte. Dermed oppnår en mulighet for flere strategier, og skadeproblemene og de økologiske effektene ved de forskjellige bekjempingstiltak reduseres.

(A) I mange forskningsmiljøer, landbruksnæring og -industri er det idag stor tro på betydningen av genmodifiserte planter både med hensyn til produksjonsvolum og kvalitet av varer, men også for å sikre en bedre motstand mot sykdommer og insektskader (jfr van Rie 1991; Brunke & Meeusen 1991). Den store interessen og de betydelige industrielle muligheter som finnes, kan føre til en sammenblanding av markedsføring og forskning som tidvis vil oppfattes som reklame for ikkefaktabaserte framskritt.

Genmodifisering av to-frøbladete planter og produksjon av transgene planter er lite problematisk i dag. Inkorporering av et toksingen fra bakterien *Bacillus thuringiensis* er utført på oppimot 50 planter (Pedersen pers medd) deriblant potet, mais, soya, ris, bomull, tomat, tobakk og poppel. Disse plantene har et insekticid i seg som skal ta knekken på insekter som spiser av planten. Resistensproblemet har vist seg å være avgjørende også her. Både i laboratorier og feltforsøk har resistens mot *B.t.*-toksiner blitt utviklet (Gould 1991; van Rie 1991). Videre har det hele tiden vært et problem at mengden produsert toksin ser ut til å ha vært for liten til å få ønsket effekt f eks mot *Heliothis virescens* på bomull. Det foregår mye forskning for å overkomme disse problemene, bl a ved kombinasjon av flere gener som produserer f eks proteinaseinhibitorer. En

advarsel mot at generell benyttelse av genmodifiserte planter som produserer insekticider lager åpne nisjer i naturen som etter hvert vil kunne føre til resistente skadeinsekter er på sin plass. Dersom plantene benyttes i vekselbruk og sammen med en variasjon av en rekke andre tiltak, kan det være muligheter for en vedvarende ønsket verneeffekt. Unntak fra denne generelle betraktning kan sikkert forekomme. Dette er her vurdert ut fra et rent produksjonssynspunkt.

Erfaring fra feltforsøk på økologiske effekter av genmodifiserte planter er få, og for trær helt fraværende. Kunnskapen omkring introduksjoner av miljøfremmede organismer vil også gjelde for genmodifiserte planter. I tillegg må faren for genspredning av de inkorporerte gener vies egen oppmerksomhet. Når det gjelder genmodifiserte trær i det boreale barskogsbelte er ytterligere tilleggs-vurderinger helt sentrale. (i) Spredningsmulighetene ved utilsiktet genspredning er særdeles alvorlige på grunn av skogutbredelsen fra Stillehavet til Vest-Europa. Spredningen til andre trær av samme art vil være borte dersom trærne og er gjort sterile. (ii) Omløpstida for trærne eller deler av dem er ofte hundrevis av år. Uventede utslag kan komme i hele perioden. Trær er habitat og/eller basis for økosystemer som innbefatter tusenvis av plante- og dyrearter samt mikroorganismer. Manglende kunnskap omkring faren for horisontal genoverføring, muligheter for betydelig skadelig påvirkning av enkelte arter i økosystemene eller omfattende endring i jordsmonn, mikroklima eller andre sentrale bestanddeler av skog, må tas hensyn til.

Konklusjonen blir at det vil være helt uakseptabelt at noen nå eller i nærmeste framtid planter ut (introduserer) genmodifiserte fertile eller sterile trær i naturen for produksjon av trevirke. Til det er erfaringsgrunnlaget som finnes pr idag altfor tynt.

Transgen poppel med inkorporert *B.t.*-toksingen er utviklet i Seattle (Davis og Lønneborg pers medd). Målsetningen er å få et tre som er resistent mot lauvskogsnønnen *Lymantria dispar*. Sprøyting med *B.t.*-toksin har gitt brukbar effekt som kontroll. De håper derfor at samme kontroll kan oppnås når treet kan produsere toksinene selv, men dette er ennå for tidlig å si.

Flere andre tresorter finnes nå også som transgene planter med inkorporerte fremmede gener, bl a bjørk og osp (Bones pers medd). Eventuell resistens mot insekter er ikke undersøkt, og har ikke vært det primære mål å oppnå. Ved Universitetet i Joensuu i

Finnland har Weissenberg startet forsøk for å se på insekter og sopp i forhold til genmodifisert bjørk.

En annen innfallsvinkel er å lete opp planter med spesielle egenskaper (f eks insektresistens) og avle på disse. Innenfor landbruket er dette brukt som en generelt metode i avlsarbeid. Bioteknologiske metoder muliggjør kloning av planter med særegne egenskaper, og muligheter for bedre insektresistens kan oppstå. Flere muligheter for bruk av genteknologiske metoder i forskningsarbeid finnes også for å undersøke ønskede eller uønskede egenskaper hos selekterte planter eller trær.

Ved Bioteknologiprogrammet (NLH, Ås) benyttes genteknologiske metoder for å finne grantrær som har et godt forsvar mot sopp-skader fra *Pythium* sp. Plasmider fra rotbakterier har vist seg å gi bla. økt rothårproduksjon, som er et forsvar mot sopp-patogener, et stort problem i planteproduksjon. Ved å benytte disse genene til uttesting av planteindivider (røttene), kan en avdekke hvilke individer det bør selekteres fra (Cairney & Campbell 1993; Lønneborg pers medd).

(B) Genmodifisering av skadeorgansimer på trevirkeproduksjon slik at de mister evnen til å påføre skade, vil trolig få minimalt omfang de nærmeste tiår. Innenfor barskogproblematikken foregår så vidt vi vet ingen slike forsøk i dag. Tanken bak har i all hovedsak vært å produsere sterile hanner som ved masseutsetting hindrer reproduksjon. Feltforsøk er gjort i stor målestokk, spesielt med spyfluer (Ewing 1990; Krafur at al 1987), men noen endelige konklusjoner på suksess etter målsetninger foreligger ikke. Genteknologiske metoder åpner for flere genetiske manipulasjonsmuligheter enn vi kan forestille oss i dag, selv om mange ideer og pilotforsøk allerede finnes (Eggleston 1991).

(C) Genmodifiserte organismer i biologisk kontroll er et betydelig satsingsfelt. Innenfor de organismer som nå benyttes til biologisk kontroll, fokuseres det spesielt på virus og bakterier, mens sopp, protozoer, invertebratpredatorer og -parasitoider foreløpig er lite aktuelle (Payne 1988; Eggleston 1991).

Når det gjelder virus, er det innenfor skog i Norge ett eksempel på bruk av baculovirus mot den røde furubarvepsen. I verdenssammenheng er flere insekter interessante, spesielt barvepsarter. Ved hjelp av genmodifisering prøver man å øke virulensen av virus samt redusere persistensen ved utsettelse i naturen. En sammenstilling av tidligere

og mulig framtidig bruk av genmodifiserte vira og økologiske virkninger ved bruk, er laget i Tromsø i rapporten Vetmest (1992). Selv om potensialet synes stort, har vi ingen indikasjoner på at bruk av genmodifiserte virus vil øke i omfang i Norges skoger i nær framtid. Forsøk med genmodifiserte virus mot større utbrudd av den røde furubarvepsen er derimot tenkelig.

Med hensyn til bakterier benyttes toksiner og gener fra *Bacillus thuringiensis* i betydelig omfang både i naturen og i forskning. Brukspotensialet i framtiden anses å være stort. *B.t.s* virkninger er i all hovedsak utprøvd på Lepidoptera-arter, og innenfor skogbruk i Norge vil bare regelmessige utbrudd av fjellbjørke-måler være aktuelt mål. Pr idag synes ingen å finne økonomisk interesse av det, men endret verdi av bjørk som trevirke kan forandre dette. Nye varianter av *B.t.* isoleres stadig og mulighetene for genmodifisering er store. Det er derfor ikke utenkelig at genmodifiserte *B.t.*-varianter kan vise seg å bli potente midler mot barkbillearter og snutebiller, som er de insektgruppene som påfører problemer og tap for skogbruksnæringen. Genmodifisering av bakterier kan også tenkes benyttet som rotbakterier i samband med f eks bartrær. Disse vil øke resistensen hos trærne enten mot f eks larvene til gransnutebiller eller rotråte. GMO kan også fungere som antagonist til f eks patogene sopparter. I England og Finland benyttes *Peniphora gigantia* i dag kommersielt mot rotråtesopp både på gran og furu (Anon 1987).

5. Noen aktuelle skadeinsekter, metode for bekjempelse og økologiske effekter.

5.1 Granbarkbillen

Granbarkbillen (*Ips typographus*) er den vanligste barkbillearten i Norge. Den er ettårig og lever hovedsakelig av barken på trær som har dødd for mindre enn et år siden. Billene benytter feromoner i sin adferd for å kolonisere en egnet vertsstokk. Pionerbilleens feromoner lokker både hanner og hunner til stokken. I Norge foregår vanligvis svermingen i slutten av mai, men det er først og fremst avhengig av at temperaturen er over 18° C. Hannene lokker til seg en eller flere hunner til sitt utborede parringskammer. Hunner borer seg utover inni barken hvor de suksessivt legger egg. Klekking og larveutvikling foregår utover sommeren. De voksne overvintrer stort sett på skogbunnen. Ved særdeles gunstig vær, og gode habitatforhold, kan voksne klare å produsere to kull (søsterkull), men i Norge er det sjelden at søsterkullet overlever. Dersom populasjonene blir for store i forhold til tilgangen på habitater, kan billene angripe levende trær og kolonisere disse slik at trærne dør. Gunstige klimaforhold kan føre til tallrike populasjoner noen påfølgende år, med døde trær i stort omfang som resultat (f eks Østlandet på slutten av 70-tallet), før populasjonsstørrelsene igjen normaliseres.

Granbarkbillen er trolig det insektet som har forårsaket størst skade på trevirkeproduksjon av gran i Norge. Barkbille-skader er kjent fra 1700-tallet, og hele siste halvdel av 1800-tallet var preget av større og mindre skader av denne billearten (Christiansen & Bakke 1989).

En av de kraftigste "epidemiene" av granbarkbillen i Skandinavia hadde vi fra 1971-1981. I Norge ble 5 mill. m³ grantrær drept (Bakke 1989) og det medførte en reduksjon av Norges brutto nasjonalprodukt på flere hundre mill. kroner (NOU:22 1979).

Barkbilleangrepene har i stor grad vært knyttet til intensivt skogbruk, og grantrær på rikere mark har vært mest utsatt (Christiansen & Bakke 1989; Bakke 1989). Dette kan tyde på at rask vekst er gunstig for populasjonsutvikling og derved kan medføre angrep på levende trær.

Flere undersøkelser viser at skogbrukets aktivitet med hogstflater og planting (kulturskog) fører til en endret balanse mellom fytofage insekter og predatorer, videre at artsantallet i regelen går ned samtidig som antallet av enkelte arter går kraftig opp. I en finsk undersøkelse (Väisänen et al. in press) er forekomsten av biller under bark på gran og furu sammenlignet i naturskog og kulturskog. Antallet biller var større i kulturskog, men det var en større andel sjeldne arter i naturskog. Selv om de fleste arter fantes både i naturskog og kulturskog, var det stor forskjell i forholdet mellom artene. Andelen barkbiller var 50% i kulturskog, men mindre enn 5% i naturskog. I Oregon, USA, har studier på skogsinsekter vist at biomassen av predatorer i urskog var dobbelt så stor som i kulturskog, mens biomassen av herbivorer, potensielle skadeutøvere på trær, var fem ganger større i kulturskog (Schowalter & Means 1988; Schowalter 1989; Norse 1990). I en norsk undersøkelse fra Lierne vises også overrepresentasjon av herbivorer i kulturskog (Hanssen in prep). Grunnen til at moderne skogsdrift forskyver balansen mellom fytofage insekter og predatorer ligger trolig i omfattende flatehogst som gir stor innstråling, dvs bedre klimatiske forhold enn de ellers ville hatt. Videre blir tømmer liggende lenge i skogen, kanter utsettes for vindeksponering og mye hogstavfall kan lett utnyttes (Weslien 1991). Det ser ut til at barkbillenes fiender ikke høster de samme fordeler ved skogsdriftmetodene slik at de ikke blir så effektive (Weslien 1992) og den balanserte utviklinga forstyrres.

Fremmede provenienser (bl a fra Sør-Tyskland og Østerrike) har særlig på 60 og 70-tallet vært plantet ut på Sør-Østlandet. Disse viser ofte dårligere resistens mot klimatiske påkjenninger, og får videre dårlig trekvalitet særlig på rikere vegetasjonstyper (Dietrichson et al 1985; Skrøppa & Dietrichson 1986; Dietrichson 1991). Disse faktorer øker deres potensiale som vert for granbarkbillen.

Alle disse data peker mot at intensiv skogsdrift i dagens arealomfang sammen med etterkrigstidens metoder (flatehogst, planting, rydding, tynning mm.) trolig er den viktigste årsak til at stormfelling, tørke og god sommervarme fører til så omfattende skade på levende trær forårsaket av granbarkbiller. Muligheter for vekst av granbarkbille-populasjoner øker proposjonalt med forstyrrelse av økosystemenes egen dynamikk.

Det er ikke undersøkt om denne ubalanse forårsaket av moderne skogbruk i sin tur kan være en trussel mot reservater med gammelskog.

Tabell 4. Vertsstadium for parasittoider (Hymenoptera) på *Ips typographus* (Data fra Mills 1983 og L. Gustafsson pers medd.)

| Familie | Parasittoid-art | Vertsstadium |
|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| BRACONIDAE | <i>Bracon palpebrator</i> | ? |
| | <i>Coeloides abdominalis</i> | Ektoparasittoid på larver |
| | <i>C. bostrychorum</i> | Ektoparasittoid på larver |
| | <i>C. melanostigma</i> | Ektoparasittoid på larver |
| | <i>C. scolyticida</i> | Ektoparasittoid på larver |
| | <i>Cosmophorus klugi</i> | Endoparasittoid på adulte |
| | <i>Dendrosoter middendorffii</i> | Ektoparasittoid på larver |
| | <i>Doryctes pomarius</i> | ? |
| | <i>Ecphylus hylensini</i> | Ektoparasittoid på larver |
| | <i>Rhopalophorus clavicornis</i> | Endoparasittoid på adulte |
| | <i>Spathius brevicaudis</i> | Ektoparasittoid på larver |
| | <i>S. exarator</i> | Ektoparasittoid på larver |
| | PTEROMALIDAE | <i>Cheiopachus quadrum</i> |
| <i>Dinotiscus aponius</i> | | Ektoparasittoid på larver |
| <i>D. eupterus</i> | | Ektoparasittoid på larver |
| <i>Mesopolobus typographi</i> | | Ektoparasittoid på larver |
| <i>Rhopalicus tutela</i> | | Ektoparasittoid på larver |
| <i>Roptrocercus xylophagorum</i> | | Ektoparasittoid på larver |
| <i>R. brevicornis</i> | | Ektoparasittoid på larver |
| <i>R. mirus</i> | | Ektoparasittoid på larver |
| <i>Tomicobia seitneri</i> | | Endoparasittoid på adulte |
| EURYTOMIDAE | <i>Eurytoma arctica</i> | ? |
| | <i>E. morio</i> | ? |
| | <i>Ipideurytoma spessivtsevi</i> | ? |
| EUELMIDAE | <i>Calosota vernalis</i> | ? |
| | <i>Eupelmus urozonus</i> | ? |
| CLEONYMIDAE | <i>Heydenia pretiosa</i> | ? |

Metoder som tidligere er skissert for kontroll og bekjempelse

- Ta ut tømmer fra skogene
- Hogge og fjerne angrepne trær
- Sprøyte angrepne trær eller stokker
- Fjerne vindfelte trær fra skogene
- Fangstfeller med feromoner som lokkemiddel
- Skogskjøtsel, fjerne gammelskog, tynne yngre skog.

Framtidige muligheter

- "Mer effektiv" skogskjøtsel i den forstand at skogen skal være ung, uten død ved og vindfall, ser ut til å være skogbrukets svar. I tillegg til å være biologisk uakseptabelt, skaper dette gode betingelser for billene slik at skadefrekvensen faktisk kan øke. Videre går den faktiske utviklingen i skogbruket klart i retning av mer

intensiv drift på rikere vegetasjonstyper. Dette kan resultere i rask vekst og dårlig resistens mot skadeinsekter. Varmere klima med kraftige stormer fører til mer vindfall med økte habitater og større reproduktiv suksess for skadeinsekter.

- Benyttelse av provenienser og/eller kloner o l som er mer resistente mot granbarkbillen (evt også rotråte og gransnutebillen). Det vil kreve betydelige undersøkelser for å finne ut om slike introduksjoner kan være økologisk akseptable.
- Benyttelse av mulige parasittoider eller predatorer (Mills 1983). Mer enn hundre arter lever i granbarkbillenes gangsystem og de fleste av dem lever av granbarkbillen. Maurbillen (*Thanasimus formicarius*) er en effektiv predator både som larve og som voksen. Jord- eller bakkelevende insekter eller andre organismer kan vise seg å være aktuelle i denne sammenheng.

Utnyttelse av barkbillens fiender ligger på to plan. En skogsdrift som i metode og omfang legger forholdene til rette for andre insekter enn barkbillene, er det ene. Det andre er å dyrke opp predatorer og parasitoider for utsetting. Det siste er neppe biologisk mulig eller økonomisk interessant for skogbruket i dag, på tross av periodevis betydelige angrep. Når det gjelder fiender til barkbiller er flere forsøk gjort som viser den grunnleggende betydning av intakte og balanserte insekssystemer i skogene. Ved å holde predatorer og parasitoider borte fra granbarkbiller økte produktiviteten med 83% (Weslien 1992). Det samme er funnet (82%) for en Amerikansk barkbilleart, *Dendroctonus frontalis* (Linit & Stephen 1983). Dette betyr at potensialet for barkbillene ved tilstrekkelig med habitater (f eks vindfall, liggende tømmer og avfall etter skogsdrift) og godt med varme, er formidabelt. Behovet for å tenke helhetlig økologisk innenfor skogbruk og skogsdrift er fundamentalt, både for forvaltning av skogressursene og naturen.

- Det vil være relativt lett å finne kjemiske preparater som er effektive mot granbarkbiller. Det praktiske arbeidet og kostnadene for næringen vil imidlertid bli uforsvarlig store.
- GMO (bakterier eller virus) kan tenkes utviklet for bruk mot granbarkbiller, men det pågår så vidt vites ingen konkrete prosjekter nå. Videre ligger muligheter i å genmodifisere trærne slik at resistens oppnås enten ved toksinproduksjon eller annen aversjonsmekanisme. Utsetting av genmodifiserte trær i skogsområdene anses ikke for økologisk akseptabelt med nåværende kunnskap.
- Utsetting eller annen dyrking av flere typer predatorer, f eks tretåspett eller spissmus kan være gunstig i naturen, men som bekjempelse av populasjonstopper er det neppe nok.

5.2 Gransnutebiller

Gransnutebiller (*Hylobius abietis*) kan gjøre stor skade på gran og furuplanter. I Europa ble den fram til 70-årene regnet som den billeart som gjorde størst økonomisk skade på skog (Eidmann 1971; 1974; Wibe 1991). Voksne hunner legger egg i den underjordiske delen av ferske stubber der larvene utvikler seg til adulte i løpet av 2-3 år. De voksne foretar næringsgnag på små planter som ofte dør av angrepet (Nordlander et al 1986). Skogsdrift med flatehogst og påfølgende planting er derfor en viktig årsak til snutebillens suksess. De økonomiske skadene konsentrerer seg om plantefelt, naturlig foryngede arealer blir ikke skadde. Problemene er

størst på Østlandsområdet der ethvert plantefelt uten tiltak, trolig ville miste i størrelsesorden 30-70% av plantene.

Planter fra planteskoler har i Norge fram til 1989 blitt behandlet med DDT for å kontrollere skadene av gransnutebiller. DDT hadde effekt på flere andre insekter også (Snytbaggeutredningen 1978). Nå benyttes hovedsaklig insekticidene Permetrin og Fenvalerat (i vekselbruk for å hindre resistens) i Norge. Disse preparatene fører til betydelige allergiplager hos mange av brukerne, samt at virkningen på snutebiller andre vekstær er diskutabel.

Metoder som kan vurderes til benyttelse.

På grunn av påviste helseskader vil insekticidet Permetrin gå ut av bruk både i planteskoler og i felt. Alt tyder på at insekticider fortsatt vil bli benyttet for å prøve å hindre snutebiller i å spise av småplanter i plantefelt, og en må derfor anta at Permetrin vil bli erstattet av andre insekticider.

Feromonfeller for å fange snutebiller, forvirre adferden eller virke frastøtende, har ennå ikke lyktes fullt ut. Det finnes noen data på stoffer som har repellerende virkning. Limonen (et monoterpen fra både gran og furu) og XPQ 32-4 (framstilt fra råterpentin i sulfatmasseprosessoren) har vist seg å ha en kortvarig virkning (Lindström et al 1993). Den korte levetiden (dvs at stoffene fordampes for fort til praktisk bruk) bør kunne løses med bedre utvikling av dispensere slik at stoffene frigis jevnt over en lang periode.

Det er utviklet mange gode opplegg for mekaniske tiltak som beskytter planter mot næringsgnag fra voksne snutebiller (jfr Lindström et al 1993). Prinsippet er å trekke en nettingstrømpe over nedre deler av plantene. Dette er førsøkt og virkningen er udiskutabel, men bestemmelse om bruk vil trolig være kostnadsbetinget.

Dersom en hogstflate får stå noen år før planting, er problemet med snutebiller minimalt. 3 år ser ut til å være nok, likevel nøler skogbruksnæringen. De frykter et potensielt produksjonstap og på rikere vegetasjonstyper problemer med at andre vekster får et forsprang (f eks lauvtre som er naturlig).

Markberedning (bl a et vegetasjonsfritt område på ca 40 x 40 cm) fører til kraftig reduksjon i skader på planter forårsaket av snutebiller. Om det er en akseptabel metode i skogsdriften kan diskuteres f eks ut fra et avrenningssynspunkt.

Introduksjoner som kan være aktuelle i kontroll:

- Bruk av nematoder (*Heterorabditis heliothidis*) for å knekke larvene rundt rotsystemet har vært benyttet mot veksthusnutebiller (*Otiorthynchus sulcatus*). Nematodene overfører en bakterie-sykdom som snutebillelarvene ikke tåler (jfr Hindar et al 1992).

5.3 Stripet vedborer

Stripet vedborer (*Trypodendron lineatum*) er en barkbille som reduserer kvaliteten på sagtømmer (i Norge nesten utelukkende gran), og påfører skogindustrien økonomiske tap. Dette er blitt et økende problem etter at barking av tømmeret i skogen opphørte (jfr. Annila et al 1972). Arten er utbredt over hele den nordlige hemisfære, og bare i Canada er det årlige tap på grunn av redusert kvalitet på virke, beregnet til 65 mill C\$ (McLean 1985).

Stripet vedborer har en ettårig syklus og overvintrer stort sett på bakken som voksen. Den kan sverme tidlig om våren, april/mai, og prefererer i Norge gran som er hogd eller blåst overende i løpet av vinteren. Den koloniserer stokker ved hjelp av feromoner som tiltrekker begge kjønn. Billene (her en hunnene pionerer) borer seg gjennom barken og inn i veden der de "dyrker" en ambrosiasopp som blir mat til larvene. Disse blir ferdig utviklet, forpupper seg og klekkes i løpet av sommeren. Arten er ikke istand til å yngle på levende trær.

Metoder for kontroll og bekjempelse:

Aktiviteten som anses økonomisk interessant er i stor grad lokalisert til tømmeroppsamlingsplasser og sagbruk. Dette avgrenser arealene og muliggjør flere tiltak for å redusere økonomiske tap.

- Ikke la ubarket angrepet tømmer ligge så lenge før saging at trelasten blir skadd.
- Ikke la ubenyttet tømmer bli liggende som "feltoppformeringskulturer".
- Massefangst ved hjelp av feromonfeller (lineatin + α -pinen + etanol som dispenserinnhold)
- Sprøyting med Lindan på tømmerlunner har vært effektivt mot stripete vedborer. Lindan vil nå gå ut av bruk og Permetrin tar over, men også dette preparatet kan gå ut (jfr gransnutebiller).
- Integreert opplegg med overvåking, massefangst, fast sagetidspunkt etter at tømmeret er hogd og variasjon i lagringssted er anerkjent i British Columbia, Canada (Lindgren & Borden 1983). Opplegget er beskrevet og utføres av Pherotech Inc., som har data fra 1982. Resultatene viser at

populasjonene og dermed skadene holdes på et akseptabelt nivå.

- Bruk av GM-rotbakterier som introduseres med f eks toksiner mot snutebiller kan utvikles, men ikke i nærmeste framtid. GM-trær betraktes foreløpig som uaktuelt.
- Predatorer, parasittoider, bakterier og virus er ikke særlig godt kjent og ingen kandidater er foreslått benyttet.

Framtidige metoder som kan virke:

- Utsetting av maurbiller kan virke pga av at skadene ofte er begrenset (tømmerlunner) og knyttet til sagbruk.
- Barking av sagtømmer er den beste og sikreste metode, men neppe akseptabel for næringen.
- Utvikling av en GMO-bakterie eller virus for bruk i sagbruk, er en framtidstanke. Lokalt kan det bli praktisk og økonomisk mulig å bruke slike metoder.
- Videreføring av integrert opplegg har vist seg å fungere i områder der skadepotensialet er mye større enn hos oss, men i Norge har slik tankegang bare delvis fått konsekvenser ved enkelte sagbruk.

5.4 Andre barkbiller

Soppsykdommen forårsaket av *Ceratocystis ulmi* (almesyke) spres av noen barkbillearter (*Scolytus* spp) som lever på alm. I Norge spres sykdommen vanligvis med almesplintboreren *Scolytus laevis*. Sykdommen finnes over hele den nordlige halvkule, og er lenge forsøkt bekjempet med forskjellige midler, uten særlig suksess. I Norge ble almesyken første gang påvist i Oslo-området på 1960-tallet, trolig spredd fra Sør-Sverige. Et nytt utbrudd startet i Vestfold i 1988, og mange mener at den kom til Horten sjøveien. Det er uklart om det er soppen som sprer seg eller om den er avhengig av biller for spredning. I England er nesten all alm (antagelig en ømtåelig underart) død av almesyke. Almen i Norge er trolig mer resistent mot den patogene soppen. Utsatte bakterier og alt fra kjemiske midler til feromonfangst, samt utsetting av konkurrerende barkbiller er tatt i bruk mot soppsykdommen (Strobel & Lanier 1982). En foreslått mulighet er å genmodifisere soppen. Den aggressive, ikke-patogene varianten benyttes så til å bekjempe den patogene, "tammere" soppen (Anon 1987). I de fleste tilfeller har almesyken spredd seg til bynære områder med parker o l. Likevel har det ikke latt seg gjøre å finne gode metoder for bekjempelse. Dette sier noe om vanskelighetene med å håndtere skadeinsekter i

store skogsområder når skaden først har kommet igang.

Andre barkbiller som den store margboreren (*Tomicus piniperda*) kan påføre furu skade som påvirker kvalitet og veksthastighet. Lauvtrebarkbillen *Xyleborus dispar* påfører enkelte fruktrær skade. Den angriper også andre lauvtrær, særlig osp. Arten er i ferd med å spre seg oppover Vestlandet, men som skadeinsekt i skog er den foreløpig ikke aktuell. Artene *Hylastes brunneus* (furu) og *H. cunicularis* (gran) kan også gjøre en del skade via angrep på røttene til planter.

Dersom postulerte klimaendringer slår til, vil nevnte barkbiller utgjøre et større skadepotensiale. Denne type problemstillinger betraktes ikke som tema i denne rapporten. Flere andre barkbillearter kan av enkelte bli betegnet som skadeinsekter i en del skoglige sammenhenger. Økonomisk betyr disse svært lite og de har trolig ikke potensiale for å øke vesentlig.

5.5 Lepidopteraarter

Sammenlignet med skadene som barkbillene kan påføre skogbruksnæringen, er alle Lepidopteraarter av mindre og helt marginal betydning i Norge. Dette kommer delvis av at skadeomfanget ikke er så stort, men også at mange arter lever på lauvtrær som anses mindre økonomisk viktig. I andre land der situasjonen er en annen, forårsaker Lepidopteraarter betydelige skader på jordbruks- og fruktdyrkningsproduksjonen. Det er ofte samme Lepidopteraart, eller beslektede arter som påfører skadene, og ressurser brukt på forskning og utvikling av bekjempelsesmidler har derfor vært fokusert på disse.

Furuspinner

I Norge er furuspinneren (*Dendrolimus pini*) utbredt på Øst-, Sør- og Vestlandet, men er ikke vanlig. En sjelden gang kan populasjonene vokse dramatisk og larvene, som spiser furunåler, kan snau store arealer og ødelegge flere tusen mål skog. I Norge er de største skadene registrert i periodene 1812-16 og 1902-03. Det har vært flere begrensede lokale masseopptredener av arten. Furuspinneren opptrer ofte sammen med flere andre Lepidopteraarter, for eksempel flere målerarter.

Metoder til bekjempelse:

- Sprøyting: arten opptrer relativt konsentrert under utbrudd.

- *Bacillus thuringiensis*-toksin har effekt på de fleste Lepidopteraarter, men om det kan brukes på denne arten under de klima-forhold vi har i Norge er uavklart.
- Larvene overvinter i bakken. En ring med lim, maling eller deksel rundt treet er effektivt som kontroll av arten (Økland 1943).

Pilespinneren (*Stilpnotia salicis*) som lever på selje og andre Salixarter samt osp har også store svingninger i populasjonsstørrelsen. Skadeomfanget på vertstrærne synes ikke å være problematisk.

Målere: furumåler, fjellbjørkemåler, frost-målere

Fjellbjørkemåleren (*Oporinia (=Epirrata) autumnata*) kan angripe store skogområder i høyereliggende strøk og Nord-Norge, dvs i fjellbjørkeskogen. Arten kan etter 2-3 års aktivitet på et felt drepe betydelige mengder trær.

Målerne opptrer ofte samlet og er et økonomisk problem i fruktdyrking, der særlig frostmålerne periodevis utøver skade. Kontrollmetoder benyttet i Norge er insekticider og toksiner fra *Bacillus thuringiensis*. Bruk av *B.t.*-toksiner har ikke gitt entydig forventet virkning (Meadow 1990).

Viklere

Noen viklerarter forårsaker skader (om enn ikke så omfattende) på skogstrær som furu og gran, mens andre kan gjøre skade i frukthager. Grå furuskuddvikler kan opptre sammen med rød furubarveps og margborer og drepe noen trær. Eikevikler har på Sørlandet en sjelden gang drept en del trær.

Tredreper

Tredreperen (*Cossus cossus*) er en tresommerfugl der larvene lever i veden (egg legges på barken og første larveperiode er i barken) på forskjellige lauvtre. Arten er vanlig over det meste av landet. Trær som angripes er vanligvis enkeltstående. Trærne kan svekkes av larvene og dø. Som økonomisk problem er arten knyttet til frukttrær og ikke skogbruk.

Furufly

Furufly (*Panolis flammea*) er antatt å være en av de alvorligste skadeinsekter på furu i sentrale deler av Europa. I Norge ser den ut til å være uten interesse (Austarå 1982). I Skottland har den benyttet Contortafuru (*Pinus contorta*) som vert og påført utplantede trær betydelig skade (Stoakley 1977; 1979). Furufly er ganske vanlig i Norge helt opp til Nord-Trøndelag, men med nåværende klimaforhold, er den økonomiske skaderisikoen minimal.

5.6 Bladvepser

Den røde furubarveps (*Neodiprion sertifer*) er meget utbredt i Sør-Norge og kan periodevis utrette mye skade gjennom å spise barnåler, spesielt på yngre plantefelt. De økonomiske skadene som artene påfører skogbruket, ligger i veksttap gjennom et masseangrep. Austarå et al (1987) har beregnet tapene i et område med effektivt masseangrep. Tapene kan komme opp i 3 års tilvekst og gi et verditap på opp til kr 1300 pr ha.

Arten er en av de få som finnes både i Nord-Europa, Nord-Amerika og Nord-Asia. Den antas å ha opprinnelse i Amerika. Derfra ha den spredd seg over Beringstredet til Asia og Europa. Så forsvant den fra Nord-Amerika, men ved et uhell ble den introdusert til Amerika fra Europa i begynnelsen av dette århundre (Lyons 1964; Knerer & Atwood 1973; Pschorn-Walcher 1982).

Arten svermer om høsten og legger eggene i furuskuddene. Eggene overvintrer og klekkes om våren. Larvene spiser furunåler utover sommeren, men ikke årets skudd som er i ferd med å vokse ut. I juli slipper de seg ned på bakken og forpupper seg i en kokong på marken.

Metoder som er benyttet:

Den røde furubarvepsen kan bekjempes med et baculovirus, *nucleopolyhedrosis-viruset* (*Borrelina-virus diprionis*). Viruset sprøytes ut over området med stor tetthet, gjerne med helikopter. Larvene smittes enten direkte, gjennom barnåler, vind eller via fugler eller artsfrender (Tverrmyr 1968). Patogeneffekten ligger enten i at larvene slutter å spise eller blir slappe og dermed ikke klarer å ta til seg næring. Symptomer på sykdom synes etter omlag en uke, og en til to uker seinere er de fleste larvene døde. I Norge, Finland og Sverige har dette viruset vært i bruk siden 1965 (Austarå 1965; 1978; Tverrmyr 1967; 1968; Mehl 1991). Viruset brukes ved påvist skade på trærne, og effekten regnes som god i den forstand at flesteparten av larvene dør i behandlings-området. Ett eksempel er et 300 ha stort

furuskogområde på Nordmøre som i 1973 ble angrepet av furubarveps. Dette resulterte i kraftig nåletap i 1973 og 1974. I 1974 ble det sprøytet med virus fra helikopter. Etter tre uker var larveangrepet stoppet (Austarå 1978), men nåletapet på trærne var så godt som totalt (Austarå et al 1987). Behandlingen i 1974 ble kostnadsberegnet til omlag 140 kr pr ha. Idag vil utgiftene trolig ligge på 4-600 kr pr ha (Austarå pers medd; Anderbrant pers medd). Utsiktene til å hindre stort nåletap og vekstreduksjon er små ved denne behandlingsmetoden (sprøyting med polyhedrosisvirus), og gjør den økonomisk uakseptabel her i landet.

Det finnes ingen oppfølgingsstudier som ser på effektene av dette viruset på de andre levende organismene i området. *Nucleopolyhedrosis-viruset* er betegnet som spesifikt på barveps, men undersøkelser som dokumenterer dette er ikke kjent.

Fokus har også vært rettet mot bruk av feromoner til kontroll av rød furubarveps (review i Anderbrant 1993). Feromon-komponenten (2S,3S,7S)-diprionylacetat er en potent attraktant (Anderbrant et al 1992) og kan benyttes i feller for massefangst. Om metoden er god nok til å hindre angrep er tvilsomt, men den kan trolig redusere omfanget. Metoden vil neppe påvirke andre arter i økosystemet (f eks insektpredatorer eller fugler) i særlig grad da fangsten er strengt lokal. Klimatiske forhold ser ikke ut til å virke inn på effekten ved bruk av virus eller feromonfeller (Tverrmyr 1969; Jönsson & Anderbrant 1993).

I Sverige og Norge forskes det på muligheten for å kombinere disse to metodene: feromonfeller tiltrekker den røde furubarvepsen til en gjennomgangsfelle. I fellen blir den utsatt for polyhedrosisvirus slik at den kan bære smitten videre til avkom via eggene og til barnålene (Austarå pers medd; Anderbrant pers medd).

Det er påvist at blandingsskog er mindre utsatt for angrep enn tilnærmete monokulturer. Rent mekanisk har fjerning av larver ved å knuse dem mellom fingrene og dra over barnålene vært benyttet (Økland 1943).

Mange andre insekter kan regnes som skadeinsekter (også flere barkbillearter), men disse er økonomisk uviktige her i landet. Imidlertid vil det kunne bli presentert metoder for bekjempelse av marginale skadeproblemer. Slike "tilfeldige framskritt" som ikke er utviklet etter våre lokale behov, kan ha betydelige og lite forutsigbare økologiske virkninger.

6. Vurdering av økologiske effekter

Et økosystem defineres som "et dynamisk kompleks av planter, dyr og mikroorganismer og det ikke-levende miljø rundt dem, som gjennom et samspill utgjør en funksjonell enhet" (fra Konvensjonen om biologisk mangfold). Ut fra definisjonen er det klart at enhvert inngrep i økosystemet, vil påvirke den videre utvikling av dette systemet. Et avgjørende spørsmål i denne sammenheng er om påførte endringer er akseptable eller ikke.

Behovet for standardiserte metoder som klargjør økologiske effekter ved bekjempelse av skadeinsekter i skog er stort. Det finnes imidlertid lite data på prosesser eller innhold i de forskjellige skog-økosystemene. Habitatkrav er kun kjent for et fåtall arter. I det borerale barskogsbelte vil suksesjonsprosessene være den beste garanti for opprettholdelse av alle økosystemene og dermed levevilkår for artene. Det sikreste vil derfor være å ikke ødelegge de naturgitte prosesser foregår i en skog.

I områder der skog angripes av definerte skadeinsekter er ofte økosystemene allerede i ubalanse. Effektene ved videre påvirkning av slike variable systemer er særdeles usikre.

Biotiske og abiotiske forhold er avgjørende for hvilke effekter introduksjoner, som kontroll av skadeinsekter i skog, får på arter og økosystemer. Dette betyr at steg-for-steg testing og enkelttilfelle-vurdering ved introduksjoner er nødvendig.

Forskning for å utvikle mer effektive kontrollmetoder av skadeinsekter har pågått i lang tid. Innrettes tiltakene mot mer effektiv bekjempelse av insektpopulasjoner i felt, vil også de økologiske effektene øke. Suksess (dvs. den definerte skadeinsektpopulasjonen reduseres raskt og kraftig) krever gode konkurransefortrinn hos den introduserte organismen. Effektiviteten mot målorganismene er vanligvis et stort ankepunkt mot biologisk kontroll. Det er derfor ikke tilstrekkelig å vurdere de økologiske virkningene ved bruk av mindre effektive midler.

I enkelte områder med spesielle habitater det finnes lite av, kan bekjempelse av skadeinsekter være problematisk fordi tiltakene kan føre til irreversible endringer i økosystemene. Å utrydde en art lokalt er ikke lenger konfliktfritt etter konvensjonen om biologisk mangfold.

7. Konklusjoner

I Norge er skadeomfanget på skog forårsaket av insekter lite sammenlignet med land med varmere klima. Det er bare to skadeinsekter, granbarkbillen og gransnutebillen, som kan betegnes som alvorlige for skogbruksnæringen. Det er ingen insekter som er en trussel mot naturlige økosystemer og biologisk mangfold.

Farene ved bruk av insekticider og den generelle økning i oppmerksomheten omkring bevaring av biologisk mangfold, vil medføre klarere og ofte strengere retningslinjer i bekjempelsen av skadeinsekter. Den bioteknologiske utvikling med muligheter for å genmodifisere organismer, har gitt håp om andre og mer effektive metoder mot skadeinsekter. Samtidig finnes det lite eller ingen erfaring i hva GMO-utsetninger vil bety for naturens egne økosystemer. Alt dette medfører at nye forvaltningkrav er påkrevet. Konsekvensene bør bli at introduksjoner generelt og GMO-utsetninger spesielt vurderes grundig i hvert enkelt tilfelle.

Potensialet av GMO-utsetninger mot skadeinsekter i skog er trolig mindre enn enkelte synes å tro. Dette begrunnes med at det ikke er påpekt hva genteknologiske metoder konkret skal utrette. Det er størst tro på genmodifiserte planter, men generasjonstiden for trær er så lang at effekter ut fra et bekjempingssynspunkt er en tidkrevende prosess. Videre er det ut fra et økologisk synspunkt uakseptabelt å introdusere genmodifiserte trær med nåværende kunnskap. Trær er nøkkelart i de fleste økosystemer i skogsområdene.

Langtidsvirkninger ved all bruk av GMO er særdeles vanskelig å skissere. Genspedning ved uhell eller via horisontal genoverføring er ikke klarlagt. Langsiktige effekter av vellykkede utsetninger (dvs de lykkes å fylle en definert funksjon) er dessuten avhengig av biotiske og abiotiske faktorer som ikke lar seg forutsi. Vanligvis vil suksess være på bekostning av andre arter og/eller økosystemer. Uforutsette tilpasninger i miljøet er neppe forutsigbare selv om steg-for-steg prosedyrer blir benyttet.

Bioteknologisk forskning kan komme til å utvikle metoder som både tjener nærings- og særinteresser og som samtidig ikke skader arter eller økosystemer. Slike miljøfremmende tiltak vil trolig være grunnet i artsspesifikk virkningsmåte. Metoden vil påvirke f eks bare den insektarten det har blitt unaturlig mye av og derved ikke forstyrre eller ødelegge en balansert naturlig utvikling.

Den betydning skogene har som næring og som en helt sentral del av vår biologiske arv, tilsier at de bør forvaltes på en helhetlig økologisk forsvarlig måte. Når vi i tillegg vet at de viktige skadeinsektenes oppblomstring påvirkes av driftsmetoder vil det beste miljøtiltak være å legge mer vekt på endret skogskjøtsel. Forståelsen er voksende for å benytte seg av naturens egne metoder ved å følge skogenes naturgitte dynamikk. Dette vil kunne resultere i økosystemer som kan tåle skogdrift og som samtidig fungerer som leveområder for alle våre dyre- og plantearter.

8. Litteratur

- Adlund K G (1966) A critical evaluation of the European research on use of red wood ants (*Formica rufa* group) for the protection of forests against harmful insects. - *Z Angew Entomol* 57: 168-190
- Anderbrant O (1993) Pheromone biology of sawflies. - In: Sawfly life history adaptations to woody plants. Wagner & Raffa (red.) Academic press s 119-154
- Annala E, Bakke A, Beier-Pedersen B & Lekanger B (1972) Flight period and brood emergence in *Trypodendron lineatum* (Oliv.) (Col., Scolytidae) in the Nordic countries. - *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 76,4: 1-28
- Anon. (1987) Utredning om biologiska bekämpningsmetoder mot växtskadegörare i Sverige. - Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala 40 s
- Austarå Ø (1965) Virusbekjempelse av den røde furubarvepsen. - *Norsk Skogbruk* 20: 654-656
- Austarå Ø (1978) Bekjempelse av rød furubarveps med virus under et masseangrep ved Tingvoll i Vest-Norge i 1974. - *Norw J Entomol* 25: 91-92
- Austarå Ø (1982) Survey of the Pine beauty moth *Panolis flammea* in Norway in 1980 and 1981 using traps with synthetic pheromone analogues. - *Fauna norv Ser B* 19: 105-109
- Austarå Ø, Orlund A, Svensrud A & Veidahl A (1987) Growth loss and economic consequences following two years defoliation of *Pinus sylvestris* by the pine sawfly *Neodiprion sertifer* in West-Norway. - *Scand J For Res* 2: 111-119
- Bakke A (1989) The recent *Ips typographus* outbreak in Norway - experiences from a control program. - *Holarc Ecol* (12)4: 515-519
- Berryman A A (1967) Preservation and augmentation of insect predators of the western pine beetle. - *J For* 65: 260-262

- Bomosch S (1954) Zur Epidemiologie des Buchdruckers (*Ips typographus* L.). - I: G Wellenstein (red) Die grosse Borkenkäferkalamität in Sudwestdeutschland 1944-1951. Ringingen: Forstschutzstelle Sudwest. s 239-283
- Brunke K J & Meeusen R L (1991) Insect control with genetically engineered crops. - Trends in Biotech 9: 197-200
- Bushing R W (1965) A synoptic list of the parasites of Scolytidae (Coleoptera) in North America north of Mexico. - Can Ent 97(5): 449-492
- Butovitsch V (1959) Nyare rön inom den biologiske bekämpningen av skadeinsekter i skogen. - Svenska SkogsvFör Tidkr 3: 357-366
- Cairney J & Campbell M (1993) Seeing the wood and the trees. - V IUFRO Workshop on Molecular Genetics. 7 s
- Chararas C (1962) Scolytides des conifers. - I: P Lechevalier (red) Encyclopedie Entomologique - XXXVIII, Paris
- Christiansen E & Bakke A (1989) Granbarkbiller: Hva nyere forskning har lært oss. - Norsk Inst Skogforsk. Rapport 4/89
- Clausen C P (1978) Scolytidae. - I: C P Clausen (red) Introduced Parasites and Predators of Arthropod Pests and Weeds: a World Review. USDA Handbook 480 s 292-294
- Dahlsten D L (1982) Relationships between bark beetles and their natural enemies. - I: J B Mitton and K B Sturgeon (red) Bark Beetles in North American Conifers - A System for the Study of Evolutionary Biology. Univ of Texas Press, Austin, s 140-182
- Diétrichson J, Rognerud P A, Haveraaen O & Skrøppa T (1985) Stem cracks in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). - Medd Norsk Inst Skogforsk 38(21): 1-32
- Dietrichson J (1991) Genspredning fra plantet mellomeuropeisk gran (*Pices abies* (L.) Karst.) på Syd-Østlandet. - Rapport Skogforsk 11/91: 1-11
- DN-rapport 1992-5a. Biologisk mangfold i Norge. En landstudie. - Direktoratet for naturforvaltning Rapport 1992-5a 103 s.
- Dyer E D A, Hall P M & Safranyik L (1975) Numbers of *Dendroctonus rufipennis* (Kirkby) and *Thanasimus undulatus* Say at pheromone-baited poisoned and unpoisoned trees. - J Ent Soc B C 72: 20-22
- Ebenhard T (1988) Introduced birds and mammals and their ecological effects. - Swedish Wildlife Research Viltrevy 13(4): 1-107
- Edland T (1979) Barkbiller på frukttré. - Gartneryrket 69 (9): 233-235
- Eggleston P (1991) The control of insect-borne disease through recombinant DNA technology. - Heredity 66: 161-172
- Eidmann H H (1971) Selected literature on *Hylobius abietis* L. and related species. - Dept For Zool, R College For, Stockholm, Res Notes 9: 1-22
- Eidmann HH (1974) *Hylobius* Schönh. - I: Die Forstchälinge Europa 2. W Schwenke (red) Paul Parey, Hamburg. pp 175-293
- Elven R, Fremstad E & Sandved M (1991) Gentiske risikoer for norske villplanter. - NINA Oppdragsmelding 73: 1-39
- Ewing T (1990) Double blow for bowflies in Australia. - Nature 343: 496
- Goksøyr J & Sørheim R (1991) Utsetting av genmodifiserte mikroorganismer. - Forprosjekt for Direktoratet for naturforvaltning
- Goksøyr J & Torsvik V (1992) Genetisk spredning av mikroorganismer. Universitetet i Bergen. - Rapport for Direktoratet for naturforvaltning
- Gould F (1991) The evolutionary potential of crop pests. - Am Scient 79: 496-507
- Gösswald W & Schmidt G (1959) Zur morphologischen und biochemischen Differenzierung der Waldameisen (*Hym. Form. Gen. Formica*) und ihrer waldhygienischen Bedeutung. - Waldhygiene 3: 37-47
- Hanssen O Billefaunen i naturskog og kulturskog i Lierne, Nord-Trøndelag (in prep)
- Heimpel A M (1967) A critical review of *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* Berliner and other crystalliferous bacteria. - Ann Rev Ent 12: 287-322

- Henze O (1964) Der Eichenwickler und 30 Jahre Vogelansiedlung. - Allg Forstz 19: 114-116
- Hesjedal K (1988) Angrep av lauvtrebarkbille i frukthagen. - Gartneryrket (4): 1-8
- Hindar K & Bakke Ø (1991) Miljøeffekter av utsetting av genmodifiserte organismer. - NINA oppdragsmelding 072
- Hindar K, Jonsson N & Aagaard K (1992) Genmodifiserte organismer i biologisk kontroll av insekter og andre virvelløse dyr. - NINA utredning 037
- Järvinen O & Ulfstrand S (1980) Species turnover of a continental bird fauna: Northern Europe, 1850-1970. - Oecologia 46: 186-195
- Johan-Olsen O (1903) Mykologiske undersøkelser over sop paa furuspinderens larve (*Gastropacha pini*). - Videnskaps-Selskapets Skrifter. Math. - naturv. Klasse 1903 No 11
- Jutsum A R (1988) Commercial application of biological control: status and prospects. - Phil Trans R Soc London b 318: 356-370
- Knerer G & Atwood C E (1973) Diprionid sawflies: Polymorphism and speciation. - Science 179: 1090-1099
- Kobakhidze D N, Kharazishvili K V, Tvaradze M S & Kraveyshvili I K (1973) On the natural enemies of the European spruce beetle *Dendroctonus micans* Kugel. (Coleoptera, Scolytidae), in Georgia. - Ent Rev 52(1): 30-32
- Krafsur E S, Whitten C J & Novy J E (1987) Screwworm eradication in North and Central America. - Parasitol Today 3: 131-137
- Krieg A (1961) Grundlagen der Insektenpathologie. - Wissenschaftliche Forschungsberichte. Bd. 69. Steinkopff Verlag, Darmstadt. 304s
- Lekander B (1959) Der doppeläugige Fichtenbastkäfer *Polygraphus poligraphus* L. Ein betrag zur Kenntnis seiner Morphologie, Anatomie, Biologie und Bekämpfung. - Medd St Skogsförs Anst 48: 1-120
- Lindgren S & Borden J H (1983) Survey and masstrapping of ambrosia beetles (Coleoptera: Scolytidae) in timber processing areas on Vancouver Island. - Can J For Res 13(3): 481-493
- Lindström A, von Sydow F & Thorsén Å (1993) Krav på mekaniska plantskydd - för skydd mot insektsangrepp i skogplanteringar. - Skogforsk Redogørelse nr 2 37s
- Linit M J & Stephen F M (1983) Parasite and predator component of within-tree southern pine beetle (Coleoptera: Scolytidae) mortality. - Can Ent 115: 679-688
- Lodge D M (1993) Biological invasions: Lessons for ecology. - TREE 8(no.4): 133-137
- Lovaszky P (1941) Zur Kenntnis der Schlupfwespen einiger schadlicher Rindenkäfer. - Ann Entomol Fenn 7: 194-204
- Lund-Høie K & Ognér G (1992) Kjemiske plantevernmidler og deres anvendelse i skogbruket. - Rapport fra Skogforsk 12/92
- Lyons L A (1964) The European pine sawfly, *Neodiprion sertifer* (Geoff.) (Hymenoptera: Diprionidae). A review with emphasis on studies in Ontario. - Proc Entomol Soc Ontario 94: 5-37
- MacArthur R H & Wilson E O (1972) Island biogeography. - Princeton Univ. Press, Princeton, New Jersey
- McGaughey J A (1991) Insect resistance to *Bacillus thuringiensis*. - Resistant Pest Management 3: 20-21
- McLean JA (1985) Ambrosia beetles: a multimillion dollar degrade problem of sawlogs in coastal British Columbia. - For Chron 61: 295-298
- Meadow R (1990) Nattfly (Lepidoptera: Noctuidae) og målere (Lepidoptera: Geometridae) i norske eplehager - skade, økonomiske skadeterskler og muligheter for bekjempelse. - Norges Landbrukshøgskole Dr. scient avh. 1990:13
- Mehl R (1991) Biologisk bekjempelse av skadedyr i Norge. - I: Traavik T, Rognli OA & Mehl R (red) Økologisk risiko ved utsetting av genmodifiserte organismer i naturen, del II, appendix. DN-notat 10: 48 s.

- Mills N J (1983) The natural enemies of scolytids infesting conifer bark in Europe in relation to the biological control of *Dendroctonus* spp. in Canada. - *Biocon News and Inf* 4: 305-328
- Milligan R H (1978) *Hylastes ater* (Paykull) (Coleoptera: Scolytidae) - black pine bark beetle. - *N Z For Serv For Res Inst. Forest and timber insects in New Zealand* No 29: 1-9
- Moeck H A & Safranyik L (1984) Assessment of predator and parasitoid control of bark beetles. - Information report BC-X-248. Pacific Forest Research Centre, Canada
- Neilson M M (1964) A cytoplasmic polyhedrosis pathogenic for a number of Lepidopterous hosts. - *J Insect Path* 6: 41-52
- Nordlander G, Eidmann HH, Jacobsson U, Nordenhem H & Sjødin K (1986) Orientation of the pine weevil *Hylobius abietis* to underground sources of host volatiles. - *Entomol Exp Appl* 41: 91-100
- Norse E (1990) Ancient forests of the Pacific Northwest. - Island Press, Washington D C
- Nourteva M (1956) Über die Fichtenstamm-Bastkäfer, *Hylurgops palliatus* Gyll., und seine insektenfeinde. - *Acta Ent Fenn* 13. Helsinki 1956
- NOU 1979 Granbarkbillen. - Norges offentlige utredninger 1979(22): 1-71. Universitetsforlaget, Oslo
- Nurminiemi M & Rognli O A (1993) Kulturplanter og risiko for genspredning. - Norges Landbrukshøgskole
- Payne C C (1988) Pathogens for the control of insects: where next? - *Phil Trans R Soc London B* 318: 225-248
- Pschorn-Walcher H (1982) Unterordnung Symphyta, Pflanzenwespen. - I: Schwenke W (red) Die Forstschädlinge Europas, 4. Band. Verlag Paul Parey, Hamburg
- van Rie J (1991) Insect control with transgenic plants: resistance proofs? - *Trends Biotech* 9: 177-179
- Richter-Dyn N & Goel N S (1972) On the extinction of a colonizing species. - *Theor Pop Biol* 3: 406-433
- Samsinakova A & Novak V (1967) Eine Methode zur integrierten Bekämpfung des Russelkäfers (*Hylobius abietis* L.). - *Anz Schädlingk* 40: 22-27
- Schowalter T D (1989) Canopy arthropod community structure and herbivory in old-growth and regenerating forest in western Oregon. - *Can J For Res* 19: 318-322
- Schowalter T D & Means J E (1988) Pest response to simplification of forest landscapes. - *N-West Environm J* 4(2): 342-343
- Skrøppa T & Dietrichson J (1986) Winterdamage in the IUFRO 1964/68 provenance experiment with Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). - *Medd Norsk Inst Skogforsk* 39(10): 162-183
- Stahly D P, Andrews R E & Yousten A A (1991) The genus *Bacillus* - Insect Pathogens. I Balows, Trüper, Dworkin, Harder & Schleifer (red) *The Prokaryotes*. Springer Verlag, Germany
- Steinhaus E A (1963) *Insect Pathology. An advanced treatise*. - Academic Press, New York Vol.1 667s, Vol.2 689s
- Stenseth C (1991) Biologisk bekjempelse av skadedyr i veksthus. - *SFFL Norsk landbruksforskning suppl* 10: 33-35
- Stoakley J T (1977) A severe outbreak of the pine beauty moth on lodgepole pine in Sutherland. - *Scot Forestry* 31: 113-125
- Stoakley J T (1979) Pine beauty moth. Forestry Commission. - *Forest Record* 120, 11s
- Stortingsproposisjon nr 56 (1992-93) Om samtykke til ratifikasjon av en konvensjon om biologisk mangfold av 22.mai 1992. - Utenriksdepartementet.
- Strobel G A & Lanier G N (1982) Dutch Elm Disease. - *Scientific America*
- Taksdal G (1968) *Bacillus thuringiensis* Berliner. Egenskaper og verknader mot skadedyr på grønsaker og frukttrær. - *Norsk Jordbr.forskning* 50: 346-355
- Turnock W J, Taylor K L, Schröder D & Dahlsten D L (1976) Biological control of pests of coniferous forests. - I: C B Huffaker & P S Messenger (red)

- Theory and Practice of Biological Control. Academic Press s 289-311
- Tverrmyr S (1967) Biologiske midler mot skadeinsektene i skogen. - Medd Norske Skogforsøksvesen 23: 481-502
- Tverrmyr S (1968) Et eksempel på effektiv biologisk insektbekjempelse: Virus mot den røde furubarvepsen (*Neodiprion sertifer* (Geoffr.)). - Naturen 1: 26-36
- Tverrmyr S (1969) Effect of nuclear polyhedrosis virus in *Neodiprion sertifer* (Geoffr.) (Hymenoptera: Diprionidae) at different temperatures. - Entomophaga 14: 245-250
- Tømmerås B Å (1985) Specialization of the receptor cells in the bark beetle *Ips typographus* and its predator *Thanasimus formicarius* to bark beetle pheromones and host tree volatiles. - J Comp Physiol A (157): 335-341
- Tømmerås B Å (1988) The clerid beetle, *Thanasimus formicarius*, is attracted to the pheromone of the ambrosia beetle, *Trypodendron lineatum*. - Experientia (44): 536-537
- Ulfstrand S (1980) Avifaunistic enrichment and bird community saturation. - Proc. XVII Intern. Ornith. Congr. Berlin 1978, s 1078-1081
- Urban S (1966) Zum Auftreten von Parasiten und Microorganismen bei Kieferinsekten. - Beitr Ent 16: 707-712
- Väisänen R, Biström O & Heliövaara K (in press) Sub-cortical Coleoptera in dead pines and spruces: is primeval species maintained in managed forests? - Biodiv and Conserv
- Vetmest (1992) Økologisk risiko ved utsetting/utslipp av genmodifiserte virus i naturen. Veterinærmedisinsk senter i Tromsø. - VETMEST-Skrifter nr 1-1992 72s
- Weslien J (1991) Granbarkborrens fiender under bark. Hur påverkas de av skogsbruk? - Skogfakta 12
- Weslien J (1992) The arthropod complex associated with *Ips typographus* (L.) (Coleoptera, Scolytidae): species composition, phenology, and impact on bark beetle productivity. - Entomol Fennica 3.XII: 205-213
- Wibe A (1991) Vertsdufter hos gransnutebillen (*Hylobius abietis*). - Hovedfagsoppgave. Zool inst, Universitetet i Trondheim
- Zackrisson O, Liljelund L-E & Peterson B (1992) Spesialanalys till 1990 års skogpolitiska kommitté av behovet av nya reservat för att vidmakthålla den biologisk mangfolden. - "Nya reservat". 20s
- Zondag R (1979) Breeding of the clerid *Thanasimus formicarius* for the control of the bark beetles *Hylastes ater* and *Hylurgus ligniperda* in New Zealand. - N Z J For Sci 9(2): 125-132
- Økland F (1943) Skadeinsekter på skog og trevirke. - Grøndahl & Søns Forlag, Oslo. 130 s.

247

nina
oppdrags-
melding

ISSN 0802-4103
ISBN 82-426-0421-5

Norsk institutt for
naturforskning
Tungasletta 2
7005 Trondheim
Tel. 73 58 05 00