



Skov & Landskab

Pyntegrøntserien  
nr. 18 • 2002

# ***Traditionel ukrudtssprøjtning og alternative behandlingsstrategier***

***– Effekt på vækst, kvalitet, miljø og naturindhold i juletræskulturer på skovjord***

***Lars Bo Pedersen, Torben Riis-Nielsen, Hans Peter Ravn og Claus Jerram Christensen***



**Rapportens titel**

Traditionel ukrudtssprøjtning og alternative behandlingsstrategier.  
Effekt på vækst, kvalitet, miljø og naturindhold i juletræskulturer på skovjord.

**Forfattere**

Lars Bo Pedersen, Torben Riis-Nielsen, Hans Peter Ravn og Claus Jerram Christensen

**Udgiver**

*Skov & Landskab* (FSL)

**Serietitel, nr.**

Pyntegrøntserien nr. 18-2002

**Ansvarshavende redaktør**

Niels Elers Koch

**Dtp**

Karin Kristensen

**Bedes citeret**

Lars Bo Pedersen, Torben Riis-Nielsen, Hans Peter Ravn og Claus Jerram Christensen (2002): Traditionel ukrudtssprøjtning og alternative behandlingsstrategier. Effekt på vækst, kvalitet, miljø og naturindhold i juletræskulturer på skovjord.. Pyntegrøntserien nr. 18, *Skov & Landskab*, Hørsholm, 2002. 66 s. ill.

**ISBN**

87-7903-147-1

**ISSN**

0907-0354

**Tryk**

Kandrup's Bogtrykkeri, 2100 København Ø

**Oplag**

500 eks.

**Pris**

150 kr. inkl. moms

**Forsidefoto**

Lars Bo Pedersen

**Gengivelse er tilladt med tydelig kildeangivelse**

I salgs- eller reklameøjemed er eftertryk og citering af rapporten samt anvendelse af *Skov & Landskab's* navn kun tilladt efter skriftlig tilladelse.

**Rapporten kan bestilles på**

[www.skovoglandskab.dk/publikationer](http://www.skovoglandskab.dk/publikationer)

**eller ved henvendelse til**

Samfundslitteratur KVL-bogladen

Thorvaldsensvej 40

DK-1871 Frederiksberg C

Tlf. 3535 7622

Fax 3535 2790

E-mail [kvl-bogladen@sl.cbs.dk](mailto:kvl-bogladen@sl.cbs.dk)

# Forord

Denne rapport er skrevet til praktikere såvel som skovdyrkere og pyntegrøntdyrkere, samt til aktører indenfor lovgivning og forvaltning, der er knyttet til det natur- og miljøpolitiske område. Det er også håbet, at grønne interesseorganisationer og andre med interesse for samspelet mellem natur, miljø og juletræsproduktion vil kunne finde inspiration i rapporten.

Den foreliggende rapport udspringer af projektet »Naturindhold og udvaskning i juletræs- og løvtræskulturer ved traditionel pesticidbehandling og alternative metoder« finansieret i fællesskab af Skov- og Naturstyrelsen, Miljøstyrelsen og *Skov & Landskab* (FSL). Selve undersøgelsen er udført af *Skov & Landskab* (FSL) med konsulentbistand fra Danmarks JordbrugsForskning til hydrologisk modellering. Projektet startede i 1998 og afsluttedes i 2001. Rapporten opsummerer kun resultaterne fra den del af projektet, der vedrører juletræer, idet undersøgelserne af skovrejsning endnu ikke er afsluttet.

Det har været et vigtigt mål i den danske miljøpolitik at beskytte flora og fauna i det terrestriske miljø. Derfor har det været et politisk ønske, at pesticider skal udfases i statsskovbruget samt begrænses i det private skovbrug gennem motivation og oplysning for at sikre grundvandsressourcerne og beskytte økosystemerne og den naturlige mangfoldighed i skovene. Blandt andet derfor indførte Skov- og Naturstyrelsen i 1997, i lyset af pesticidhandlingsplanen, begrænsninger i pesticidanvendelsen gennem iværksættelse af en pesticidstrategi for statens skovarealer. Det er i dette lys projektets oprindelige mål, - at forbedre beslutningsgrundlaget for valg af pesticidstrategi, skal ses.

Det har været kendt længe, at der mangler viden om pesticiders virkning i skoven. Dette har udvalget til vurdering af de samlede konsekvenser af en afvikling af pesticidanvendelsen (Bichel-udvalget) dokumenteret. De sammenstillede natur- og miljøkonsekvensvurderinger er i høj grad baseret på undersøgelser, der er foretaget uden for skoven (Miljøstyrelsen, 1999a). Især mangler der viden om de processer og forhold, der er særegne for skov og pyntegrønt, herunder forhold, der fokuserer på langtidseffekter frem for fokusering på forhold, der »nulstilles« hvert år, som i landbruget.

Heller ikke denne undersøgelse kan påberåbe sig at være langsigtet. Det havde naturligvis været ønskeligt, hvis undersøgelserne havde omfattet mindst en juletræsrotation, men de økonomiske midler rakte ikke hertil. For i videst mulig omfang at kompensere herfor er undersøgelsesresultater fra andre igangværende og afsluttede projekter inddraget. Det drejer sig især om resultater fra projektet »Optimeret gødsning med kvælstof, kalium og magnesium af nordmannsgranjuletræer« finansieret af Produktionsafgiftsfonden for Juletræer og Pyntegrønt samt *Skov & Landskab* (FSL), samt projektet »Optimal gødsning af nordmannsgran- og nobiljuletræer« finansieret af det daværende Landbrugsministerium og *Skov & Landskab* (FSL).

Flere personer har bidraget til undersøgelsens gennemførelse. Vi vil gerne takke skovfogederne Hans Jessen og Stefan Skov fra Odsherred Statsskovdistrikt for omhyggelig medhjælp og pleje af forsøgene, samt fuldmægtig Flemming Nielsen fra Skov- og Naturstyrelsen for altid at være parat med god og konstruktiv kritik. Vi vil også gerne takke skovrider Lars Toksvig (Frederiksborg Statsskovdistrikt) og skovfoged Leif Kogsgård Lyngsø (Buderupholm Statsskovdistrikt) for deres råd og engagement i følgegruppen. Endelig skylder vi en stor tak til *Skov & Landskabs* forskningslaboratorium for en uvurderlig stor felt- og laboratorieindsats. Vi vil især gerne takke teknikerne Mads Krag, Allan Overgaard Nielsen og Andreas Harder. Uden deres store hjælp og ekspertise havde det ikke været muligt at gennemføre forsøget. Desuden skylder vi også en tak til Pernille Sunde for gennemførelse af dele af floraundersøgelserne og til Jan Pedersen og Palle Jørum, EntoConsult, samt Paul Henning Krogh for assistance med insektoptælling og -artsbestemmelse.

# Indhold

<b>Forord</b>	<b>3</b>
<b>Indhold</b>	<b>5</b>
<b>Sammendrag</b>	<b>7</b>
<b>Summary</b>	<b>10</b>
<b>Indledning</b>	<b>13</b>
Forsøgslokaliteter og -behandlinger	14
<b>Felt- og laboratoriemålinger</b>	<b>17</b>
Flora	17
Fauna	17
Indeksværdier	18
Trævækst og trækvalitet	18
Stofkredsløb	19
<b>Jordbund</b>	<b>22</b>
<b>Vejr og klima</b>	<b>24</b>
<b>Juletræernes sundhed, vækst og kvalitet</b>	<b>25</b>
Vækst og kvalitet	25
Næringsstofstatus	28
Konklusion: Sundhed og juletræskvalitet	28
<b>Vandhusholdning</b>	<b>29</b>
Jordens vandindhold	29
Konklusion: Vandbalance	30
<b>Næringsstofkredsløb</b>	<b>32</b>
Tilførsel af næringsstoffer	33
Ukrudtsvegetationens optag af næringsstoffer	33
Juletræernes optagelse af næringsstoffer	35
Udvaskning af herbicider	36
Ukrudtsbehandlingernes effekt på mobilisering af næringsstoffer i jordvæsken	37
Ukrudtsbehandlingens effekt på udvaskning	40
Forvitring og næringsstofbalance	42
Konklusion: Ukrudtsbekæmpelse og næringsstofkredsløb	43
<b>Flora</b>	<b>46</b>
Floristisk beskrivelse	46
Habitattilknytning	47
Floristisk diversitet	48
Kvælstoftilpasning	49
Andre økologiske tilpasninger	50
Konklusion: Floraeffekter	51

<b>Fauna</b>	<b>52</b>
Løbebiller	52
Jordlevende mikrolededyr	56
Skadedyr	59
Konklusion: Fauna	59
<b>Konklusion og anbefalinger</b>	<b>60</b>
<b>Litteratur</b>	<b>63</b>
<b>Bilag 1. Beskrivelse af forsøgsareal på Kirke Hvalsø og tidligere arealanvendelse</b>	<b>66</b>

# Sammendrag

Virksomheden af kemiske og udvalgte alternative ukrudtsbehandlinger blev undersøgt i kulturer med nordmannsgranjuletræer på tidligere skovjord i perioden 1998 - 2001. Undersøgelserne foregik ved Kirke Hvalsø i et særligt intensivt forsøg, som blev suppleret med ekstensive forsøg rundt omkring i landet. Undersøgelserne omfattede detaljerede økosystemundersøgelser i mellemaldrende 4-6-årige kulturer, hvor både tilførsler og tab af næringsstoffer og herbicider blev målt. Samtidig blev virkningen på juletræernes kvalitet og sundhed belyst gennem intensive registreringer og måling af nålernes indhold af næringsstoffer. For at give et helhedsbillede af renholdelsesmetodernes virkning gennemførtes også detailundersøgelser af påvirkningen af den biologiske mangfoldighed gennem registreringer af flora og udvalgte insektgrupper.

Renholdelsesmetoderne blev valgt så den gennemgående ukrudtsbekæmpelse var en herbicidbehandling (glyphosat) tilpasset skovdistrikternes normale sprøjtestrategi. Denne behandling sammenlignedes med ubehandlede forsøgsled og mekanisk renholdelse ved fræsning eller harvning i række eller på kryds. På Kirke Hvalsø-lokaliteten indgik slåning med le, som en distrikt-specifik behandling.

Resultaterne peger på, at renholdelsesmetoderne påvirker skovkulturers vækst og nålefarve, men også at behandlingshyppighed har stor betydning for påvirkningens styrke. I det første forsøgsår med høj behandlingshyppighed fremmede både mekanisk- og herbicidbehandling en øget mobilisering af kvælstof, som på sin side medførte en grønnere nålefarve på træerne end i kontrol- og le-behandlingen. Mens herbicidspøjtningen førte til en større vækst, bevirkede fræsningens rodovertskæringer en uventet, men tydelig vækstreduktion, ikke mindst på topskudslængden. Der ligger et potentiale i at udvikle denne ukrudtsbekæmpelsesmetode til også at omfatte regulering af vækst, herunder topskudslængde og farve. Ingen af ukrudtsbekæmpelsesmetoderne ændrede i den korte forsøgsperiode træernes sundhed og næringsstofstatus.

Plantebekæmpelsesmidlet glyphosat vurderes som relativt ugiftigt og kun meget lidt mobilt. Kun i ét tilfælde i herbicidbehandlingen blev der fundet glyphosat under rodzonen, men i betydeligt lavere koncentration end grænseværdien på 0,1 µg/l. Derimod antydede fund af glyphosat og nedbrydningsproduktet AMPA i 30 cm's dybde i de ubehandlede forsøgsled to år efter den sidste pletvise behandling inden forsøgsstart, at nedbrydningen af glyphosat måske er anderledes og langsommere i sure skovjorde end i markjord.

De forskellige renholdelsesmetoder ændrede markant næringsstoffernes kredsløb. Ukrudtets optag af næringsstoffer reduceres mest ved mekanisk renholdelse, men også ved herbicidspøjtningen. Derimod afveg slåning med le ikke fra den ubehandlede kontrolbehandling. Generelt forsinkedes

udvaskningsprocesserne af ukrudtets optag af næringsstoffer. Forskelle i træernes optag af næringsstoffer lod sig ikke dokumentere på grund af undersøgelsens korte varighed.

Af alle behandlingstyper gav den mekaniske renholdelse langt den største kvælstofudvaskning. I forsøgsperioden reduceredes udvaskningen af kvælstof i den mekaniske behandling til næsten ingenting som følge af et faldende gødningstilskud og delvis udtømning af jordens let omsættelige næringsstofreserver gennem en stærkt forøget mineralisering af overjordens organiske materiale. Fra herbicidbehandlingen var udvaskningen af kvælstof samlet set mindre end ved den mekaniske behandling. Dette skyldtes ikke bare selve behandlingen, men også behandlingernes effektivitet overfor ukrudtet. I sammenligning med andre arealanvendelser, hvor træer, bevoksninger og skove indgår, var udvaskningen af N fra alle behandlingerne på juletræslokaliteten dog relativt beskedne. I den mekaniske behandling førte den forøgede mineralisering/forvitring til at udvaskningen af kalcium og magnesium, der langt oversteg tilførslen med både gødning og deposition. I mindre omfang, gjorde dette sig også gældende for herbicidsprøjtningen. Forvitringen af jordens mineraler har formodentlig i alle behandlingerne på Kirke Hvalsø-lokaliteten kompenseret for tabet af næringsstoffer, men på mere næringsfattige lokaliteter er det ikke usandsynligt, at en ligeså intensiv mekanisk renholdelse kan føre til forarmning af dyrkningsgrundlaget, fordi der for stedse mistes plantenæringsstoffer.

Juletræsarealer i skoven kan have stor positiv betydning for den regionale biologiske mangfoldighed ved at give rum for flerårige plantearter tilknyttet lysåbne forhold. Selv en årlig efterårsprøjtning med glyphosat på de undersøgte juletræsarealer har givet baggrund for en mere specialiseret flora med større naturkvalitet og større skovtilknytning end f.eks. ager- og brakmarker. Floraen udviklede sig dog selv i den korte forsøgsperiode mod planter med overlevelsesstrategier tilpasset forstyrrelser, men udviklingen har især på arealer langt inde i skoven været langt mindre end forventeligt. På kort sigt har behandlingerne kun haft en ringe indflydelse på floraens kvalitative sammensætning. Floraen afspejlede generelt jordvandets kvælstofniveau gennem en stigning i andelen af kvælstofkrævende planter ved mekanisk renholdelse og herbicidsprøjtning.

Mekanisk ukrudtsbehandling førte til en dramatisk reduktion af de jordlevende mikrolededyr, springhaler og mider, mens at billefaunaens sammensætning ændredes i takt med intensiteten af de »forstyrrelser« som ukrudtsbehandlingerne medfører uanset typen. Billefaunaen reagerede hurtigere på behandlingerne end floraen og kan med fordel tillægges større indikatorværdi, når forstyrrende indgreb som plantebekæmpelse skal belyses ved kortvarige forsøg. Uforstyrret gammel skov er en relativt sjælden biotopstype og rummer derfor relativt flere insektarter, der er interessante i naturforvaltningsmæssig sammenhæng. Forstyrrende indgreb som sprøjtning med glyphosat og mekanisk jordbearbejdning påvirker derfor typisk faunaen negativt på f.eks. juletræsarealer i gammel skov. Forekomsten af skadedyr var i undersøgelsesperioden ubetydelig, hvorfor egentlige behandlingseffekter ikke er blevet belyst.



Kun le-behandlingen virker decideret skånsom overfor miljøet, men effekterne er i al væsentlighed ikke forskellig fra de ubehandlede kontrolled. Den mere intensive mekaniske behandling har som følgeeffekt en klar negativ miljøpåvirkning gennem en tydelig forøget udvaskning af kvælstof. Udvasningen er betragtelig sammenlignet med andre arealanvendelser indenfor jordbruget. Hverken den tidligere herbicidsprøjtning af forsøgsarealerne eller forsøgets herbicidsprøjtning har ført til nævneværdig udvaskning af sprøjtemidlet glyphosat eller nedbrydningsproduktet AMPA, men en vis udvaskningsrisiko kan forsøgsresultaterne ikke afvise. Sprøjtning med herbicider fører også til en forøget udvaskning af kvælstof, men i klart mere begrænsede mængder end den mekaniske behandling. Naturkvaliteten i juletræsarealer i skov er især tilknyttet til områdernes skov- og overdrevsarter. Hvorvidt denne funktion ødelægges af en for intensiv mekanisk eller kemisk ukrudtsbekæmpelse, kan denne kortsigtede undersøgelse ikke belyse.

Samlet set har undersøgelsen belyst mange af de konsekvenser, der kan være ved at udskifte kemisk ukrudtsbekæmpelse med mekanisk behandling på juletræslokaliteter på skovjord. Det er vanskeligt at give en opskrift på en optimal ukrudtsbekæmpelse i juletræsbevoksninger på skovjord ikke mindst på grund af manglende forsøgsgentagelser. Den mest optimale renholdelsesmetode afhænger givetvis af den enkelte lokalitet. En kombination af de testede metoder kan være vejen frem eventuelt integreret med fåregræsning. Skal der stadig være plads til den natur- og miljøvenlige samt økonomisk rentable juletræsproduktion, der også er med til at skabe et varieret skovbillede, er der akut behov for videreudvikling af optimale renholdelsesmetoder således at der skabes det tilstrækkelige fundament for en politisk/administrativ vurdering af de samlede konsekvenser.

# Summery

During the period 1998-2001, the impacts from herbicide treatment and selected, alternative weed control treatments in Nordmann fir cultures on former forest soil were examined. The experiments were carried out in Kirke Hvalsø in a particularly intensive experiment, which were supplemented by extensive experiments on other sites in Denmark. The experiments included detailed ecosystem investigations in medium-aged 4-6 year-old cultures in which both the application and loss of nutrients and herbicides were measured. At the same time the impact on Christmas tree quality and vigour was examined on the basis of intensive registrations and measurements of nutrient concentration in fine needles. To obtain a complete overview of the impacts from the different methods for weed control, detailed investigations of the impacts on the biological diversity were carried out as well. The latter was conducted on the basis of registrations of flora and selected insect groups.

The methods for weed control were selected to ensure that the predominant weed control method consisted of a herbicide treatment (glyphosate) that was adjusted to the forest district's usual herbicide treatment strategy. This treatment was compared to controls and to mechanical weed control via milling or harrowing in rows or crosswise. On the Kirke Hvalsø site, mowing by scythe formed part of the treatments as a district-specific treatment.

The results suggest that the weed control methods have an impact on the growth and needle colour of Christmas tree cultures in forests. Furthermore, the frequency of treatments is very important in relation to the extent of the impacts. In the first experiment year characterised by a high frequency of treatments, both mechanical and herbicide treatments increased the mobilisation of nitrogen. This in turn contributed to a greener needle colour than those of the controls and the scythe treatment. While the application of herbicides resulted in higher growth, the root cutting made during the milling process resulted in an unexpected, but clear growth reduction especially on the leader shoots. There might be a potential for developing this weed control method as a means of regulating growth, hereunder leader length and colour. During the short experiment period, none of the weed control methods caused any changes in tree vigour or needle nutrient status.

Glyphosate is deemed to be relatively non-toxic and only slightly mobile. In one instance, only, glyphosate was identified below the root zone, however, in a considerably lower concentration than the allowed amount of 0,1 µg/l. Identifications of glyphosate and the breakdown product AMPA were made at the depth of 30 cm in the controls two years after the last selective treatment prior to the start-up of the experiment. This suggest, that the decomposition of glyphosat may be different and slower in acid forest soils than in agricultural soils.

The different methods of weed control changed the nutrient cycle significantly. Uptake of nutrients by weed was most reduced by mechanical methods, but herbicide application reduces the uptake too. On the other hand, the mowing by scythe did not deviate from the control treatment. In general, the leaching processes were postponed by the weeds' nutrient uptake. Due to the short duration of the experiment it was not possible to differentiate the nutrient uptake by the trees.

Mechanical weed control resulted by far in the largest leaching of nutrients. During the experiment period the leaching of nitrogen in the mechanical treatment almost ceased. This was a consequence of a decreased fertilisation and a partial depletion of the soil mobile nutrient reserves by means of strongly increased mineralization of the organic matter in the top soil. The herbicide treatment resulted in an overall lower leaching of nitrogen than the mechanical treatment. This was due not only to the treatment process but also to the efficiency of the treatment in reducing the weeds. When comparing with other sites where trees, cultures and forest stands are involved, the leaching of nitrogen from all treatments on the Christmas tree site was relatively modest. In connection with the mechanical treatment, the increased mineralization resulted in a high leaching of calcium and magnesium that by far exceeded the applied amounts of both fertilisation and deposition. To a lower extent, this also applied to the herbicide treatment. The soil weathering has most likely compensated for the loss of nutrients in all treatments on the Kirke Hvalsø site. However, on more nutrient-poor sites it is highly possible that a similarly intensive mechanical treatment may lead to a soil impoverishment, as a lasting loss of nutrients may be unavoidable.

Christmas tree cultures on forest sites may have a positive impact on the local biological variation by allowing perennial plants that live under unshaded conditions. On the investigated sites even one annual autumn spray with glyphosate lead to a more specialised flora with a better quality for nature and a larger association with forest than e.g. arable or fallow fields. However, during the short period of experiments the flora evolved towards plants that were adapted to interruptions, but this evolution - even in the depth of the forest - has been less extensive than expected. In the short term the different treatments have only had little impact on the qualitative composition of the flora. In general the flora reflected the amount of nitrogen in the soil water. Hence the mechanical treatment and the herbicide treatment had the largest amount of nitrogen-demanding plants.

Mechanical weed control led to a huge reduction in the number of soil-living micro-arthropods, collembola and mites. The fauna of beetles changed in accordance with the intensity of disturbances caused by the different treatments - regardless of treatment. The beetle fauna changed faster than the flora in the different treatments indicating that the fauna of beetles has a higher relevance as an indicator of disturbances in short term experiments with weed control. Old and undisturbed forest is a rare habitat that holds more insect species of interest in a nature management context. Disturbances like treatment with glyphosate and mechanical weed control therefore have a negative impact on the fauna in Christmas tree cultures in old forest.

Only few pathogen insects were registered during the period of the experiment and it was not possible to test differences between treatments.

Mowing by scythe is the only method which is directly gentle to the environment although not significantly different from the control. The intensive mechanical treatment had a negative impact on the environment caused by an increased leaching of nitrogen. The leaching is considerable compared to other forms of land use in forest and agriculture. Although the experiment can not reject a risk of herbicide leaching, neither the previous herbicide treatment nor the herbicide treatment in the experiment resulted in a leaching worth mentioning of glyphosate or the breakdown product AMPA. The herbicide treatment also lead to leaching of nitrogen, but in more moderate amounts than the mechanical treatment. The quality of the nature in Christmas trees on forest sites is connected to the diversity of forest- and common species. Whether this diversity can be destroyed by a too intensive mechanical or chemical weed control was not evident from this short-term experiment.

Overall, the investigation has shown many of the consequences by exchanging chemical weed control with mechanical treatments in a Christmas tree culture on a forest site. It is difficult to make recommendations for the optimum weed control method in Christmas trees on forest sites due to the lack of replications of sites. The best treatment will properly depend on the given site. A combination of the different tested methods could be a solution and possibly combined with sheep grazing. Further research in weed control treatments is necessary to maintain a sustainable Christmas tree production regarding the environment, nature and production economy and to maintain sufficient basis for political/administrative evaluations of the combined consequences.

# Indledning

Det er et af de vigtigste mål i den danske miljøpolitik at beskytte befolkningens sundhed og velfærd samt flora og fauna i såvel det terrestriske, som det akvatiske miljø. På pesticidområdet er dette baseret på lov om kemiske stoffer og produkter, pesticidhandlingsplanen og en grænseværdi for pesticider i drikkevand på 0,1 mg/l fastsat i EU's drikkevandsdirektiv. Den danske miljøpolitik har i princippet baseret sig på forebyggelse frem for efterfølgende behandling (Miljøstyrelsen 1999a). Dette betyder bl.a., at grundvandet skal sikres mod yderligere forurening og at forebyggelse og indsats ved kilden prioriteres højere frem for efterfølgende rensning. Pesticidhandlingsplanens mål var i to tempi at nedsætte pesticidforbruget med i alt 50 % indenfor perioden 1986 til 1997. I handlingsplanen blev bl.a. anført, at »det er overordentligt vanskeligt at fastlægge et miljømæssigt forsvarligt niveau for bekæmpelsesmiddelforbruget«, og at det derfor er nødvendigt at reducere anvendelsen af bekæmpelsesmidler mest muligt gennem anvendelse af forsigtighedsprincippet. I EU havde Danmark i 1996 det tredje laveste pesticidforbrug målt som mængden af forbrugt aktivt stof.

I skovbrugets juletræsproduktion har anvendelsen af pesticider en positiv effekt på vækst, etablering og produktkvalitet, men anvendelsen kan følges af negative effekter på både natur og miljø (Miljøstyrelsen 1999a, Miljøstyrelsen 1999b, Miljøstyrelsen 2000) herunder indirekte og direkte påvirkninger af såvel den terrestriske, som den akvatiske flora og fauna samt påvirkning af grundvand. Hidtil har det været et politisk ønske, at pesticidforbruget helt skal udfases i statsskovbruget samt begrænses i det private skovbrug gennem motivation og oplysning for at sikre grundvandsressourcerne og beskytte økosystemerne og den naturlige mangfoldighed.

I dag eksisterer der ikke viden, der belyser effekten af reduceret eller totalt ophør af herbicidspøjtning i juletræskulturer, og langt de fleste konklusioner hviler på en tvivlsom overførsel af viden fra landbrugets forsøg. Ibrugtagning af alternative renholdelsesmetoder indenfor skovbruget kalder på ny viden, der sammenstiller og sammenligner alternativer til herbicidanvendelse.

Denne rapport er den første af sin art, der fokuserer på sammenlignende forsøg i juletræskulturer indenfor skovgærdet, idet der gives et bud på undersøgelser af både produktionsresultat (juletræskvalitet) samt natur og miljøpåvirkning.

Projektets overordnede formål har været at forbedre beslutningsgrundlaget for valg af pesticidstrategi herunder valg af metode til ukrudtsbekæmpelse. Derudover har projektet haft følgende specifikke formål:

- At dokumentere gevinster i naturindhold (flora og fauna) ved ophør med pesticidanvendelse

- At gennemføre en systematisk indsamling af erfaringer med forekomst af skadevoldere og effekter på flora og fauna ved pesticidfri drift
- At bestemme næringsstofbalancen og udvaskningen af næringsstoffer

Desværre har det ikke været økonomisk muligt at følge forsøget i mere end 2½ år. Alt i alt har dette naturligvis betydning for, i hvilket omfang forsøgsresultaterne kan generaliseres.

## Forsøgslokaliteter og -behandlinger

Forsøget er udført på en intensivt undersøgt lokalitet på Kirke Hvalsø på Midsjælland som suppleres med ekstensive undersøgelser på tre andre lokaliteter (tabel 1). Alle forsøg er etableret i juletræsbevoksninger med nordmannsgran på skovjord (tabel 2) designet som blokforsøg med tre gentagelser af hver behandling (figur 1).

Forsøgsanlægget på Kirke Hvalsø blev etableret i 1998, mens de ekstensive forsøg først blev anlagt i foråret 1999. På alle lokaliteter blev træernes vækst, urtefloraen og udvalgte insektgrupper undersøgt, ligesom angreb af bladlus og andre skadedyr blev overvåget. På den intensive lokalitet på Kirke Hvalsø undersøgte desuden stofkredsløb, herunder udvaskning af herbicider samt nitrat og andre næringssalte. Lokaliteten har 4684 træer/ha, som korrigeret for 15 % spor giver 5487 træer/ha på forsøgsarealet. Arealet er beplantet med nordmannsgran i 1992 (efterbedret i 1994, bilag I) med altovervejende Ambrolauri proveniens.

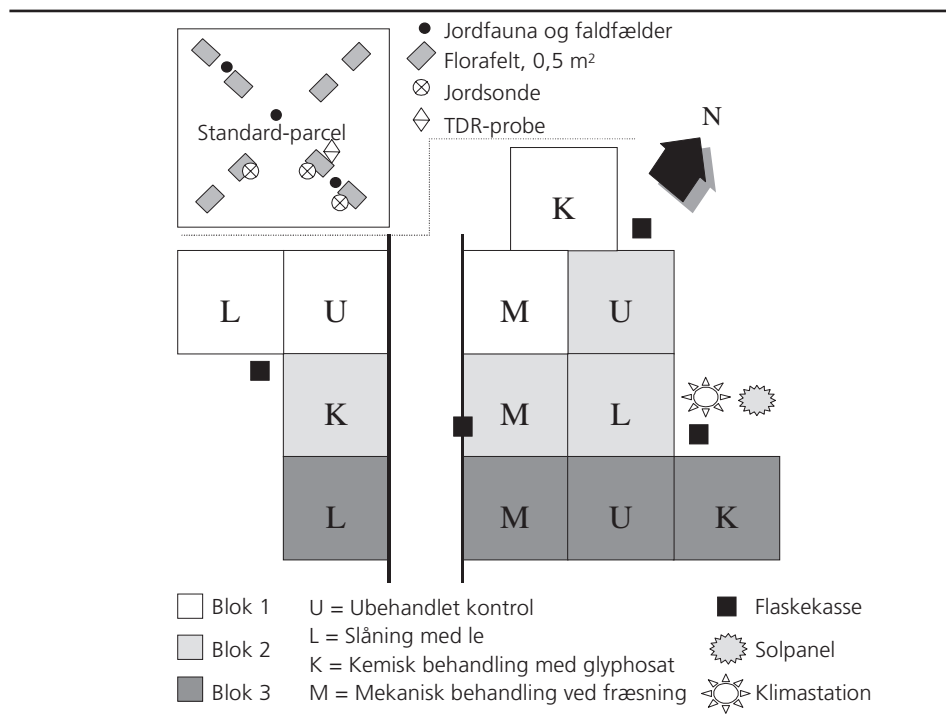
Renholdelsesmetoderne er valgt, så den gennemgående alternative behandling er mekanisk fræsning eller harvning i række eller på kryds. Denne sammenlignes med en herbicidbehandling tilpasset skovdistrikternes normale sprøjtestrategi. Som sammenligningsgrundlag (kontrol) anvendes ubehandlede forsøgsled. På Kirke Hvalsø-lokaliteten indgår slåning med le som en distriktsspecifik behandling.

Tabel 1. Forsøgsgeografi.

	Distrikt	Skov	Afd./litra	Geografiske koordinater	UTM koordinater, m
Kirke Hvalsø	Odsherred	Ravnsholte Skp.	1058a	11° 86' 66", 55° 57' 37"	UTM 32 E680730 N6162500
Buderupholm	Buderupholm	Tveden Skp.	293b	9° 82' 51", 56° 80' 85"	UTM 32 E550310 N6296500
Kronborg	Kronborg	Horserød Skp.	152a	12° 51' 17", 56° 04' 46"	UTM 32 E718730 N6216740
Jægerspris	Jægerspris	-	200b	11°98',73", 55° 88' 39"	UTM 32 E686850 N6197330

Tabel 2. Lokalitetsoversigt.

	Fokusering	Anlægsår	Jordbund	Topografi	Historie	Vegetation
Kirke Hvalsø	Intensiv	1994	Moræneler/sand	Kuperet	3. generation NGR efter nål	Bølget bunke med pletter af gederams og ørnebregne.
Buderupholm	Ekstensiv	1999	Smelte-vandssand	Let kuperet	2. generation efter NGR. Stødryddet	Sparsom vegetation, rødknæ. Kraftig opvækst af birk.
Kronborg	Ekstensiv	1993	Smelte-vandssand	Fladt	1. generation NGR efter nål.	Bølget bunke, hindbær, gederams, kraftig opvækst af birk.
Jægerspris	Ekstensiv	1999	Marin aflejring	Fladt	1. generation NGR efter nål, stødknusing	Dueurter, brandbæger, stor nælde.



Figur 1. Skitse af forsøgsanlæg på Kirke Hvalsø.

Behandlingerne på Kirke Hvalsø fremgår mere detaljeret af tabel 3. Forud for forsøgsanlægget har dette areal været regelmæssigt plejet ved slåning med le samt pletvis herbicidsprøjtet for ørnebregner fortrinsvis med glyphosat (bilag 1).

Tabel 3. Forsøgshistorik på Kirke Hvalsø. For tidligere arealanvendelse se bilag 1.

Dato	Før forsøgsstart				
1996	300 NPK ukendt formula, bredgødsning. Pletvis sprøjtning og slåning med le.				
1997	100 NPK 23-2-7-2-1,5 Klorfri, punktgødsning. Pletvis sprøjtning og slåning med le.				
Forår 1998	250 NPK 22-3-7-2-2 Klorfri, bredgødsning. Pletvis sprøjtning og slåning med le.				
Efterår 98	Pletvis sprøjtning (0,0 - 2,0 <sup>1)</sup> ).				
09-10-98	Forsøg instrumenteret og igangsat				
	Gødsning	Mekanisk <sup>4)</sup>	Herbicide	Slåning	Kontrol
01-11-98	-	-	2,0	-	
17-05-99	-	Fræsning	-	-	
08-06-99	43 kg 22-3-7-2-2 Klorfri, punktgødsning	-	-	-	
29-06-99	-	Fræsning	-	Le	
27-07-99	-	Fræsning	-	-	
23-09-99	-	-	2,0	-	
08-06-00	-	Fræsning <sup>2)</sup>	-	-	
19-06-00	-	Le <sup>3)</sup>	Le <sup>3)</sup>	Le	Le <sup>3)</sup>
21-06-00	61 kg 22-3-7-2-2 Klorfri, punktgødsning	-	-	-	
11-07-00	-	-	2,3	-	
04-10-00	-	-	2,3	-	

1) Forbehandling af forsøgsareal ved pletsprøjtning mod ørnebregner, dosis 0 - 2 l/ha afhængigt af vegetation.

2) Ved fejl blev dele af pesticidfeltet i blok 1 også fræset. Dog ikke lige omkring jordsonderne.

3) Herbicidfelterne slået for at få optimal virkning af den efterfølgende sprøjtning. Kontrolfelter og mekanisk behandlede felter kun slået for mindre opvækst af ær og hyld.

4) Fræsning til ca. 15 cm dybde.

På de ekstensive forsøg er der foretaget følgende behandlinger:

- 1) Buderupholm, en intensiv rensning med rilleharve og en årlig efterårs-sprøjtning med Round-up (glyphosat),
- 2) Kronborg, slåning med le på hele forsøgsarealet den 14/7-99 for at holde græs og birk nede, ekstensiv rensning med fræser og sprøjtning den 16/9-99 og 29/9-99 med Round-up og ingen gødskning
- 3) Jægerspris, rensning med fræser og forudgående stødknusning. Af ressource-mæssige årsager måtte opfølgningen på faunaundersøgelserne på Kronborg og Jægerspris opgives.



Foto 1. Mekanisk jordbearbejdning (øverst) og herbicidbehandling (nederst) på Kirke Hvalsø, forår 2002. Foto: Lars Bo Pedersen.



# Felt- og laboratoriemålinger

## Flora

Floraundersøgelserne er foretaget hyppigst på Kirke Hvalsø (tabel 4) med både forårs- og sensommerundersøgelser. På de øvrige lokaliteter blev der kun udført én sensommer/efterårsundersøgelse.

Tabel 4. Floraundersøgelser på forsøgslokaliteter.

Lokalitet	Analysetidspunkter	
	1999	2000
Kirke Hvalsø	Maj, august, september	Maj, august
Buderupholm	September	August
Kronborg	Oktober	August
Jægerspris	Oktober	September

For at undersøge den floristiske dækningsgrad og diversitet er der i alle forsøgsparcer etableret 4 florafelter hver på 0,5 x 1 m. På Kirke Hvalsø er vegetationen dog i 1998 og 1999 opgjort på begge diagonaler i 8 undersøgelsesfelter i hver forsøgsparcer (figur 1). Hver karplanteart, det samlede mosdække og mængden af bar jord/litter er bedømt visuelt med 1 (-2) betydende cifre i intervallet fra 100 % til 0,01 %. Denne skala er god til at følge også de mængdemæssigt mindre betydende planters fluktuationer.

Den floristiske diversitet er beregnet ved Shannon-Wieners diversitetsindeks;

$$[1] \quad H = -\sum p_i * \log_2(p_i),$$

hvor  $p_i$  er den andel arten udgør af den summerede dækningsgrad af alle arter. (Bemærk, at det er  $\log_2 = 1,44270 * \ln$ ). Diversiteten er beregnet ud fra fire eller otte 0,5 m<sup>2</sup> prøveflader i hvert behandlingsfelt.

## Fauna

Faunaen undersøgte i juni 1999 på de fire lokaliteter, Kirke Hvalsø, Buderupholm, Jægerspris og Kronborg og i oktober 2000 på Kirke Hvalsø. Undersøgelsen omfattede i 1999 fangst i faldfælder, udtagning af jordprøver til uddrivning af jordlevende leddyr samt fangst med insektsuger med fokus på dyregrupperne biller, springhaler og jordlevende mikroleddyr. I 2000 blev der igen udtaget jordprøver til uddrivning af mikroleddyr, men kun på Kirke Hvalsø. Hver prøve bestod af en jordcylinder med en diameter på 5 cm og en højde på 10 cm udtaget med stålrør. Prøverne blev umiddelbart efter hjemkomst sat til uddrivning i et uddrivningsapparat udviklet i samarbejde med Karsten Dromph, Institut for Jordbrugsforskning, KVL. De uddrevne dyr blev identificeret til art eller nærmeste højere taksonomiske niveau. Desuden blev forekomsten af skadedyr overvåget i hele forsøgsperioden.

Billearterne er udvalgt særskilt til en mere detaljeret statistisk bearbejdning vha. PCA (Principal Component Analyse) baseret på logaritmerede antal af hver billeart. Principal Component Analyse er en statistisk analyse, der reducerer et multivariierende datamateriale til ganske få forklarende komponenter.

## Indeksværdier

For at beskrive plantearternes tilknytning til skov er der udarbejdet et skovindeks efter Dansk Feltflora (Hansen 1976):

- 0 - Ikke i skov.
- 1 - Kan forekomme i skov, men ikke hovedsagelig i skov.
- 2 - Forekommer hovedsagelig i skov, men også i andre biotoper.
- 3 - Forekommer (i praksis) udelukkende i skov.

En række andre indeks har været brugt til at fortolke planternes reaktion på behandlingerne: Ellenbergs indikatorværdier (Ellenberg 1992) økologiske oplysninger om planterne CSR-strategi (overlevelsesstrategi på voksestedet C = konkurrence, S= stress, R = Ruderat ) mv. fra Grime et al. 1988, samt oplysninger om planternes livsvarighed fra Hansen (1981). Grimes CSR-kategorier er omformuleret til en %-skala for hver af de tre strategier på en måde så summen giver 100 %.

For billearterne har Jan Pedersen og Palle Jørum, EntoConsult, udarbejdet et skovindeks efter samme retningslinjer som for planterne, samt et sjældenhedsindeks med værdierne:

- 0 - Meget almindelig.
- 1 - Almindelig.
- 2 - Ret sjælden.
- 3 - Sjælden.

For hver parcel er alle indeksværdier beregnet på basis af 4 eller 8 florafelter. Indeksværdierne er vægtede gennemsnit mellem de enkelte arters indeksværdier. De er vægtet med forekomsthypigheden, dvs. hvor mange af de fire felter hver art er til stede i. Tilsvarende er der for billearterne foretaget en vægtning af indeks med antal fælder.

## Trævækst og trækvalitet

Nordmannsgranjuletræernes vækst, kvalitet og sundhed er registreret efter vækstsæsonerne 1999 og 2000. Alle enkelttræer er målt for højde, stammediameter i to højder, topskudslængde, antal top- og sideskudsknopper, antal internodieskud mellem 1. og 2. grenkrans, antal grene i øverste grenkrans, farve, nålelængde, skader, vinterskader, vitalitet og juletræsegnethed. Vitaliteten er beskrevet subjektivt, og i vurderingen har mere eller mindre indgået egenskaber som skudtykkelse, knopstørrelse, skud- og grenantal samt farve. I vurderingen af juletræsegnetheden vurderes det enkelte træs skelet. En

nærmere redegørelse for, hvordan de enkelte egenskaber er målt fremgår Christensen et al. (2000a) og Riis-Nielsen (1998).

## Stofkredsløb

### *Kationer og anioner*

For at lette læsningen er der nedenfor givet en beskrivelse af forkortelserne på de kemiske stoffer og forbindelser, der omtales i rapporten. Opløste næringsstoffer findes enten som kationer eller anioner. Kationerne er de positivt ladede stoffer (ioner), mens anionerne er de negativt ladede stoffer (ioner). Der er altid lige mange negativt og positivt ladede ioner til stede i en væske. Nedenfor nævnte kemiske elementer er derfor ladede, f.eks.  $\text{Na}^+$ , men vil i det følgende kun være anført ved den kemiske betegnelse, f.eks. Na. Ionerne består af en til flere kemiske elementer. Na er et eksempel på en ion, der består af et kemisk element, mens nitrat ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) er et eksempel på en ion, der består af både kvælstof (1 N) og ilt (3 O). Nitrat kunne også være anført som  $\text{NO}_3$ , men når ionen anføres som  $\text{NO}_3\text{-N}$ , er det fordi, der udelukkende refereres til kvælstoffet og ikke til iltet. Den rette betegnelse for  $\text{NO}_3\text{-N}$  er således nitrat-kvælstof. Følgende betegnelser anvendes i denne rapport:

KATIONER (positive)	ANIONER (negative)
Natrium (Na)	Klorid (Cl)
Ammonium-kvælstof ( $\text{NH}_4\text{-N}$ )	Nitrat-kvælstof ( $\text{NO}_3\text{-N}$ )
Kalcium (Ca)	Sulfat-svovl ( $\text{SO}_4\text{-S}$ )
Kalium (K)	Fosfat-fosfor ( $\text{PO}_4\text{-P}$ )
Magnesium (Mg)	
Jern (Fe)	
Mangan (Mn)	
Aluminium (Al)	

Desuden anvendes også betegnelsen TOC, som dækker over »den totale opløste mængde af organisk kulstof« samt C, som referer til kulstof. Endvidere betegnes kvælstof som N og svovl som S.

### *Instrumentering og analyser*

På Kirke Hvalsø er der under udvalgte florafelter (figur 1) etableret 12 TDR-stationer til måling af jordfugtighed (relativt volumetrisk vandindhold) og 36 jordsonder (3 i hver parcel) til ekstraktion af jordvæske fra jorden. Jordsonderne suger kontinuert lidt over jordens eget sug ved hjælp af et pumpe-system drevet af et solpanel. Indsamlingssystemet er indvendigt belagt med teflon for at hindre adsorption af herbicider i indsamlingsudstyret. Jordvæsken ledes automatisk til opsamlingsflasker i nedgravede kasser således, at lystilgangen minimeres temperaturen holdes lav. Nedbøren indsamles i to trage placeret i 2 meters højde med nedløb til nedgravet indsamlingsbeholder. Både jordvæske og nedbør er indsamlet ca. 1 gang om måneden. Desuden er nedbør og temperatur målt automatisk af en klimastation (timeinterval).

Stofkoncentrationen i jordvæsken udtrykker den gennemsnitlige stofkoncentration i den indsamlede jordvæske i de givne måleperioder i de givne målepunkter, fordi jordsonderne suger kontinuert. TDR-udstyret giver derimod

kun værdier for jordens procentuelle vandindhold på et givent tidspunkt, og siger således intet om eventuelle fluktuationer imellem to målinger.

Nedsivningen er beregnet med to hydrologiske modeller, EVACROP (Olesen & Heidman 1990) og WATBAL (Starr 1999). I modellerne modelleres jordens vandindhold og nedsivning igennem successive iterationer ved at sammensætte vandtilførslen gennem nedbøren med fordampningsmålinger fra nærtliggende meteorologiske målestationer og de målte vandprocenter i jorden. Endelig er udvaskningen af næringsstoffer bestemt ved at kombinere målinger af stofkoncentrationer i jordvæsken udtaget under rodzonen med de hydrologiske modelberegninger af nedsivningen.

Alle vandprøver (nedbør og jordvæske) er analyseret for koncentrationen af de væsentligste næringsstoffer (kalcium (Ca), magnesium (Mg), kalium (K), ammonium-kvælstof ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ), nitrat-kvælstof ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ), sulfat-svovl ( $\text{SO}_4\text{-S}$ ), fosfor (P)) samt natrium (Na) og klorid (Cl) og pH og ledningsevne. Desuden er der også analyseret for mængden af opløst organisk stof (TOC).

Græs- og urtefloraens biomasse opgjortes i august 1999 og 2000 med efterfølgende kemisk analyse af delprøver. I november 1999 og december 2000, efter ophør af vækst, blev der indsamlet nåle fra juletræerne for at belyse træernes næringsstofstatus og beregning af næringsstofoptag.

Urte- og græsvegetationen er efter tørring analyseret for Ca, Mg, C, K, N, P, Mn, Fe og Na. De indsamlede nåle analyseredes efter tørring for indhold af Ca, Mg, K, N, P, C, Mn, Fe og Na og 100 nålevægt.



Foto 2. Kirke Hvalsø-lokaliteten i efteråret 2000 med en klimastation i forgrunden.  
Foto: Lars Bo Pedersen

Der er foretaget herbicidanalyser (glyphosat og nedbrydningsproduktet aminomethylphosphon-syre (AMPA) (figur 2) på prøver fra jordvæske fra 30 cm jorddybde og fra den væske, der har forladt rodzonen. Jordvæsken indsamledes på to måder, - vha. af jordsonder og fra jordvæske udcentrifugeret fra opgravet jord. Der er altid anvendt samleprøver. Opsamlet væske justeredes til  $\text{pH} = 2$  med HCl for at begrænse adsorption til glasudstyr.

# Jordbund

Der er ikke foretaget egentlige jordbundsundersøgelser på de ekstensive forsøgslokaliteter. Derfor omhandler dette afsnit kun jordbunden på Kirke Hvalsø. Her er jorden en noget kuperet (bølget) bundmoræne og temmelig sandet i jordbundens øverste del, men med betydeligt mere ler i dybden (tabel 5). Jordbunden er en mellemting mellem en grov sandblandet lerjord og en grov lerblandet sandjord. Jorden er en brunjord med diffuse horisont-overgange, og er ifølge FAO/UNESCO (1990) en »humic cambisol«. Jorden har i flere år været dækket af en tæt måtte af bølget bunke.

Tabel 5. Tekstur (%) og rodzonekapacitet (mm) på Kirke Hvalsø baseret på 3 stik i hver parcel (36 stik) og to jordbundshuller. Dybden er angivet i cm.

Horisont	Dybde	Ler	Silt	Finsand	Grovsand	Humus	RZH <sup>1)</sup>
H	5-0	-	-	-	-	100,0	-
A	0-8	2,1	18,4	22,5	20,7	36,3	59
B1	8-24	4,8	19,5	31,4	37,5	6,8	40
B2	24-55	11,8	21,5	29,1	36,0	1,6	52
C	55-90	19,3	19,3	24,3	26,4	0,7	55

<sup>1)</sup> RZH: Rodzonekapacitet.

Det stigende indhold af ler i dybden forøger jordens vandholdende evne betydeligt. Rodzonekapaciteten (RZH) (0-90 cm) kan ifølge Sundberg et al. (1999) estimeres til ca. 210 mm, noget mindre end hvad vinterens gennemsnitlige TDR-målinger angiver (280 mm). Christensen et al. (2001) og Pedersen & et al. (upubl.) har imidlertid vist, at nordmannsgranjuletræers rodbiomasse i langt overvejende grad befinder sig over 60 cm dybde, naturligvis noget påvirket af både alder og voksested, så den reelle rodzonekapacitet må vurderes noget lavere. Generelt havde velgødede træer på landbrugsjord noget mere dyberegående rødder end træer tilført mindre gødningsmængder. Træerne på Kirke Hvalsø tilføres slet ikke samme gødningsmængder, som i de nævnte undersøgelser (op til 1200 kg NPK 23-3-7 pr. ha pr. år), og der er ikke fundet rødder længere ned end til B2-horisonten, dvs. ca. 55 cm. RZH kan til denne dybde beregnes som ca. 151 mm og på denne baggrund beskrives som middellav (Sundberg et al. 1999).

Jorden har en lav pH-værdi mellem 2,5 og 4,0 (tabel 6), men kan til trods herfor ikke betegnes som næringsfattig, snarere intermedier. Den ombytte-

Tabel 6. Jordkemi på Kirke Hvalsø baseret på 3 stik i hver parcel (36 stik) og to jordbundshuller.

Horisont	Dybde	pH <sup>1)</sup>	C <sup>1)</sup>	N <sup>1)</sup>	P <sup>2)</sup>	S <sup>3)</sup>	Ca <sup>3)</sup>	Mg <sup>3)</sup>	K <sup>3)</sup>	Al <sup>3)</sup>	Mn <sup>3)</sup>	Fe <sup>3)</sup>	CEC <sup>4)</sup>	BS <sup>5)</sup>
			mg/g	mg/g	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	Cmol(+3)kg	%
H	5-0		413	20,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A	0-8	2,7	220	10,7	23	54	791	94	73	260	10	10	82	64
B1	8-24	3,0	40	1,7	14	12	150	26	37	150	2	2	28	40
B2	24-55	3,7	10	0,5	60	12	60	10	40	382	16	6	52	11
C	55-90	3,9	4	0,3	124	15	412	103	63	453	22	2	83	38

<sup>1)</sup> Totalt indhold. <sup>2)</sup> Svovlsyreekstraherbart P. <sup>3)</sup> Ombytteligt/ $\text{NH}_4\text{NO}_3$ -ekstraherbart. <sup>4)</sup> Kationombytningskapaciteten - et mål for den ombyttelige kationfraktion. <sup>5)</sup> Basematning. Den relative mængde af Ca, Mg, K og Na i forhold til CEC.

lige mængde af det plantegiftige aluminium er relativt høj, mens basemætningen (tabel 6) og pH er forholdsvis lave.

Generelt er koncentrationen af næringsstoffer i jorden tæt på gennemsnittet for danske skovjorde (Callesen pers. medd.), med en gennemsnitlig kornstørrelsessammensætning. Jordens mængder af næringsstoffer (tabel 7) kan anvendes til at klassificere jordbundens næringsniveau. På baggrund af Sundberg et al. (1999) kan pH vurderes som lavt og niveauet af Ca og Mg som middelhøjt, mens niveauet af K bedst betegnes, som højt. Derimod er P-niveauet middelhøjt. C- og N-niveauet er meget højt i A-horisonten, men det skyldes formodentlig en unøjagtig adskillelse af H- og A-horisont på grund af en diffus horisontovergang.

Samlet kan jordens næringsniveau klassificeres som 3-4 på en skala fra 1-6 (hvor 6 er højest) under forudsætning af en effektiv roddebyde på 100 cm. Som følge af et væsentligt mindre effektivt rodvolumen (ca. 60 cm) må næringsniveauet reduceres betragteligt til 2-3 på samme skala.

Tabel 7. Stofmængder i jorden på Kirke Hvalsø. Gennemsnit af 3 stik i hver parcel (36 stik) og to jordbundshuller. Til beregning af mængderne er anvendt estimerede volumenvægte baseret på Vejre et al. (in press).

Dybde	C <sup>1)</sup>	N <sup>1)</sup>	P <sup>2)</sup>	S <sup>3)</sup>	Ca <sup>3)</sup>	Mg <sup>3)</sup>	K <sup>3)</sup>	Al <sup>3)</sup>	Mn <sup>3)</sup>	Fe <sup>3)</sup>
cm	tons/ha	tons/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
0-60	252	11,63	342	108	1151	179	301	2230	86	261
0-100	281	13,36	1165	185	3895	863	722	5246	229	273

<sup>1)</sup> Totalt indhold. <sup>2)</sup> Svovlsyreekstraherbart P. <sup>3)</sup> Ombytteligt/ $\text{NH}_4\text{NO}_3$ -ekstraherbart.



Foto 3. Frostdræbte ørnebregner på Kirke Hvalsø-lokaliteten i foråret 2000. Foto: Lars Bo Pedersen

# Vejr og klima

Generelt har lokaliteten Kirke Hvalsø færre skydage (130 mod 142 om året i gennemsnit, DMI) og flere klare dage (30 mod 26 om året i gennemsnit, DMI) end landsgennemsnittet, men samme relative andel af skydække (ca. 66 %)

Fra 1998 til 2000 var årsnedbøren noget højere end normalt (tabel 8). Generelt har nedbøren dog været større i vinterperioden (nedsivningssæsonen) og mindre i sommerperioden. Normalnedbøren har været overskredet med 10 - 30 %. Den forøgede nedbør har alt andet lige øget mulighederne for en større nedsivning end normalt.

På Kirke Hvalsø-lokaliteten har temperaturen i gennemsnit, men især i vinterperioden, været højere i forsøgsperioden end normalt. Forøgelsen har været lille, men har alt andet lige virket i modsat retning på nedsivningens størrelse, end de forøgede nedbørmængder. Lokaliteten er relativt frostpåvirket. Klimastationens temperaturmålinger (på timebasis) viser, at frost udover vintermånederne forekom relativt hyppigt i alle forårs- og efterårsmåneder i forsøgsårene.

*Tabel 8. Klimanormaler for Kirke Hvalsø 1961-1990 (data fra DMI, Roskilde S) sammenlignet med målt nedbør og temperatur 1998-2000.*

	1961-90	1998	1999	2000	Gns.1998-00
Nedbør, total (mm)	584	716	769	648	711
Nedbør, vækstsæson *)	345	436	441	353	410
Temperatur (°C)	8,0	8,0	8,6	9,0	8,6

\*) Dagtemperatur > 4°C.

Nedbøren var nogenlunde jævnt fordelt i forsøgsperioden, men der var markante afvigelser. Ved forsøgsanlæggelsen i oktober 1998 forekom der en usædvanlig nedbørstig oktober (130 mm mod normalen på 52 mm (Roskilde S)). Det er den næst vådeste måned, der er registreret i Danmark.

Året 1999 blev det mest nedbørsrige målt i Danmark. I 1999 afveg både juni og december med en ca. dobbelt så stor nedbør som normalt. September blev den hidtil varmeste, der er registreret (16,2 °C). År 2000 kendetegnedes ved en længerevarende varmeperiode startende i januar og varende til begyndelsen af maj og igen en varm periode fra oktober til december. Nedbøren var lidt over normalen, med en lidt tør august og ekstra nedbør i februar, marts og oktober.



# Juletræernes sundhed, vækst og kvalitet

## Vækst og kvalitet

Der er forventeligt store årsforskelle i både træhøjde og topskudslængde, ligesom der er en klar tendens til at antallet af topknopper og internodiekviste (mellemgrene) øges med alderen (tabel 9). Det er imidlertid så som så med egentlige behandlingsforskelle, skønt der kan anes relative forskydninger i f.eks. træhøjde og topskudslængde, som funktion af behandlingerne.

I et gødningsforsøg med ca. 4000 juletræer på fire lokaliteter på tidligere landbrugsjord opregner Christensen et al. (2000a) en gennemsnitlig højde og topskudslængde 6 år efter anlæg til henholdsvis 105 cm og 26 cm. I nærværende undersøgelse er den gennemsnitlige højde og topskudslængde større, men gennemsnittet er indenfor variationsbredden i gødningsforsøget. Variationsbredden i dette ukrudtsbekæmpelsesforsøg er langt større end i gødningsforsøget. Den mekaniske ukrudtsbekæmpelse gav dog træhøjder og topskudslængder, der var mindre end i gødningsforsøgene. I gennemsnit har der i forsøgsårene været tilført ca. 26 kg N/ha pr. år. Den behandling, der i ovennævnte gødningsforsøg ligner mest, er en tilførsel på 35 kg N/ha pr. år. Her var den gennemsnitlige højde på 103 cm, hvilket også er mindre end dette forsøgs gennemsnit på 113 cm.

Derimod var antallet af topknopper i de to forsøg næsten identisk, mens antallet af internodiekviste var markant mindre i nærværende forsøg sammenlignet med gødningsforsøget. Vitaliteten er vurderet som tæt på andre undersøgelser (Christensen et al. 2000a, Christensen, Pedersen og Ingerslev 2000b, Christensen & Pedersen upubl.a, Christensen & Pedersen upubl.b.). Skadeniveauet er derimod vurderet som noget højere end i omtalte undersøgelser.

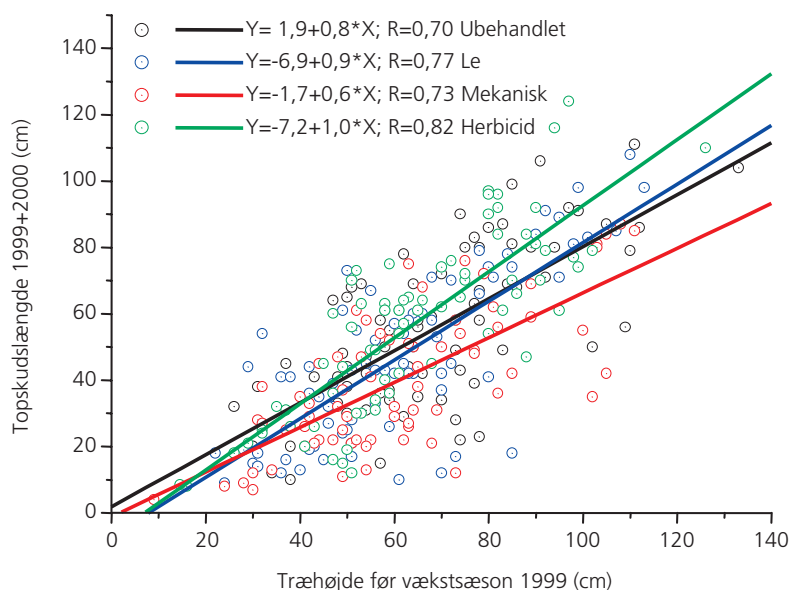
Tabel 9. Udvalgte vækst- og kvalitetsparametre.

	Behandling	Træhøjde (cm)	Topskudslængde (cm)	Topknopper*) (stk)	Internodiekviste (stk)	Vitalitet (1-5)
1998	Ubehandlet	69	18	4,7	-	-
	Le	61	14	3,7	-	-
	Mekanisk	60	15	4,0	-	-
	Herbicide	63	17	3,9	-	-
1999	Ubehandlet	91	22	4,8	5,4	3,2
	Le	80	19	4,4	4,4	3,0
	Mekanisk	75	15	4,5	4,3	3,0
	Herbicide	86	23	4,7	5,3	3,1
2000	Ubehandlet	125	34	5,3	5,9	3,1
	Le	109	29	5,0	5,7	3,1
	Mekanisk	99	24	4,8	5,0	3,3
	Herbicide	120	34	5,3	6,4	3,2

\*) Eksklusiv topknop.

Træerne på Kirke Hvalsø-lokaliteten er meget uens bl.a. på grund af frostproblemer. Derfor er der i den statistiske bearbejdning fokuseret på, om behandlingerne har ændret træernes vækst og kvalitet.

De tre fræsninger i 1999 i den mekaniske behandling medførte en statistisk sikker reduceret højdevækst, et forhold der blev forstærket i år 2000 (figur 2). Således fremstår den samlede effekt af den mekaniske renholdelse på højdetilvæksten, som en markant reduktion. I andre sammenhænge er det set, at delvis ringning af træerne (i forbindelse med stabklipping) resulterer i en højdereduktion (Rasmussen & Theilby 2001). Topskudsreduktion i nær salgsklare kulturer kan være ønskværdigt for at hindre evt. deklassering, som følge af for åbne træer. Allerede efter 2 års behandling tegner der sig en reduktion i topskudslængden nær de 15-20 %, når der sammenlignes med den ubehandlede kontrolbehandling. Årsagen til denne reduktion i topskudslængde må være fræsningens beskadigelse af træernes rødder. I en typisk juletræsbevoksning på god jordbund med udsigt til for lange og deklasserende topskud, vil en sådan reduktion måske have en stor positiv økonomisk betydning.



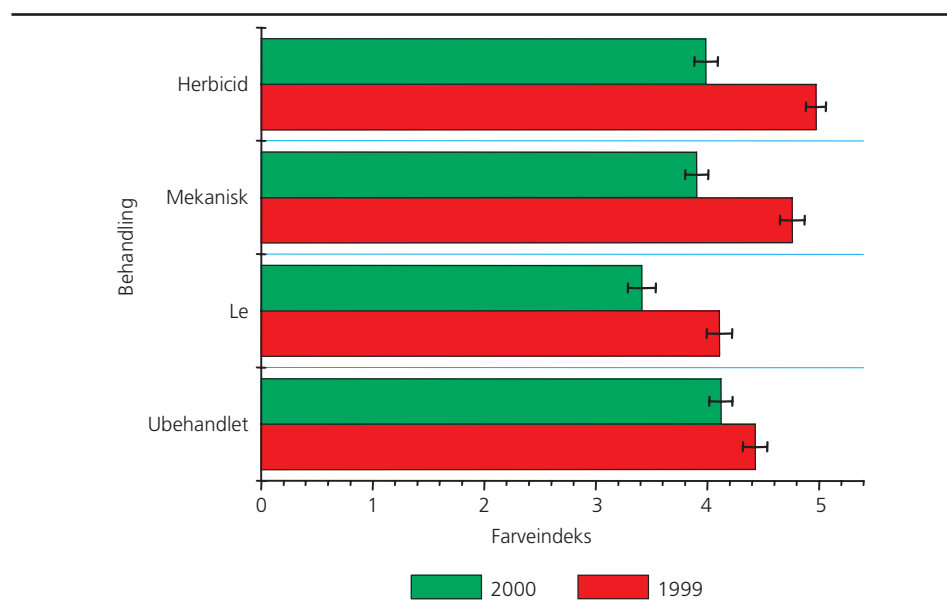
Figur 2. Sammenhæng mellem akkumuleret topskudshøjde (1999+2000) i forsøgsperioden i de forskellige behandlinger i relation til træhøjden før iværksættelse af forsøgsbehandlinger. Regressionslinjerne »Mekanisk«, »Herbicid«, »Le+ubehandlet« er statistisk forskellige.

I 1999 var nålefarven statistisk set bedre (figur 3) i den herbicidsprøjtede- og den mekaniske behandling end i kontrol- og le-behandlingen, men visuelt fremstod forskellene som små. I år 2000 adskilte kun le-behandlingen sig med en ringere nålefarve. Der var et generelt fald i nålefarve, som var størst for de behandlede felter. Flere faktorer har givetvis medvirket til dette billede. Især har tilgængeligheden af N stor betydning for nålefarven (Christensen et al 2000a). Faldet kan forklares ved den lavere gødskningstilførsel, men også af en ringere letomsættelig N-pulje i andet år efter behandling. Det kan også have betydning, at nålefarven vanskeligere lader sig påvirke, når vandmangel begrænser væksten. 1999 var således betydeligt mere nedbørsrigt end år 2000.

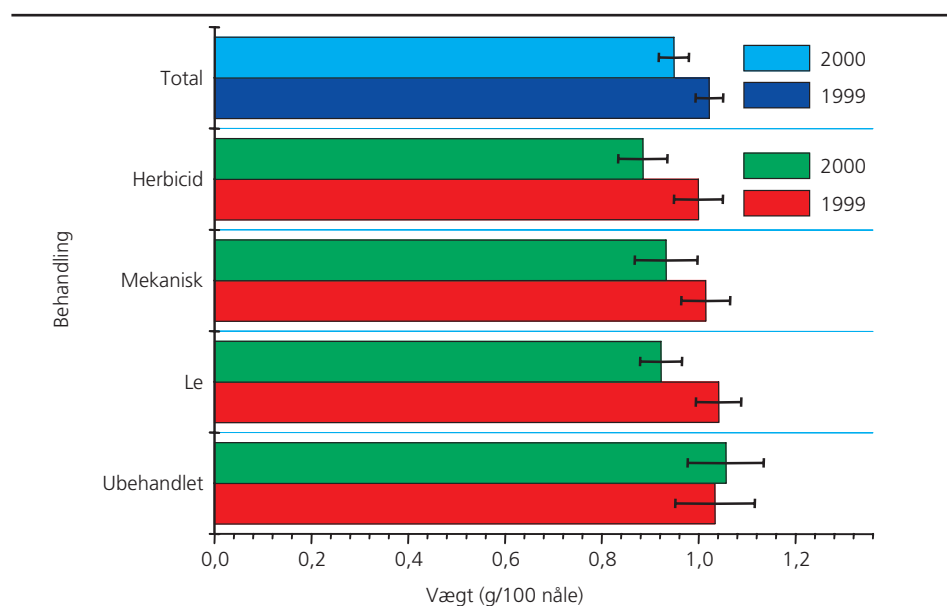
Nålestørrelsen vokser generelt med alderen og næringsstoffilgængeligheden. Christensen et al. (2000a) har i en model beskrevet variationen ud fra års-skudenes længde:

$$\text{Nålelængde (cm)} = 1,47 \times \text{nålevægt (g)} + 0,96; \quad R^2=0,85,$$

hvor nålevægten er vægten af 100 nåle. Indsættes nålevægten i denne ligning fås længder mellem 2,2 og 2,5 cm. Sammenlignet med andre målinger (Christensen et al 2000) er disse nåle bestemt korte. Den lavere nedbør i år 2000 kan forklare tendensen til kortere nåle dette år. Nålestørrelsen var dog statistisk set ens i 1999 og 2000 (figur 4). Indenfor de enkelte år var der heller ingen behandlingsforskelle.



Figur 3. Farveindeks for træerne. Farven er målt på en skala 0 til 7, hvor 7 er de mest mørkegrønne nåle.



Figur 4. Nålestørrelse målt som vægt af 100 nåle i vækstsæsonerne 1999 og 2000.

## Næringsstofstatus

Træernes næringsstofftilstand er generelt tilfredsstillende. Ravnsbæk (1989ab) angiver, at den optimale koncentration af N i nordmannsgrannåle bør være 1,6-2,0 %. Christensen et al 2000b og Pedersen et al. 2000 har vist, at den nedre grænse i optimumområder er sat for højt og snarere bør ligge på 1,4 %, når det gælder relationen til vækst og frodighed. På denne baggrund fremtræder koncentrationen af N i le-behandlingen dog som noget lav i år 2000 (tabel 10). Netop le-behandlingen var dette år også karakteriseret ved de mindste nåle og den ringeste farve. Et fald i N koncentration fra 1999 til 2000 ses for alle behandlinger. Derfor må det antages, at den ringere kvælstofstatus ligger bag den tidligere nævnte ringere nålefarve og større variation i år 2000. De øvrige næringsstoffer ligger indenfor de anbefalede optimumområder, dog ligger koncentrationen af Fe i den lavere ende.

Tabel 10. Koncentrationen af næringsstoffer i juletræernes nåle. N er angivet i %, P, K, Ca og Mg i mg/g og Mn, Fe, Na og Al i mg/g.

	Ubehandlet		Le		Mekanisk		Herbicid		Optimumområde
	1999	2000	1999	2000	1999	2000	1999	2000	
N	1,56	1,40	1,55	1,34	1,77	1,52	1,65	1,44	1,4-2,0*
P	1,7	1,7	1,8	2,1	1,8	2,1	1,7	2,0	1,6-2,2**
K	7,8	7,5	6,8	8,3	8,5	9,6	8,2	8,9	5-9**
Ca	3,3	2,9	2,7	2,3	2,9	2,9	3,0	2,4	1-9**
Mg	0,8	0,7	0,7	0,6	0,7	0,8	0,8	0,7	0,6-1,1**
Mn	328	307	252	205	314	479	283	236	50-2500**
Fe	59	49	56	58	71	64	65	81	45-200**
Na	109	22	121	24	104	21	71	27	-
Al	372	401	429	490	437	504	378	455	-

\*) Pedersen et al. (2000) \*\*) Ravnsbæk 1989a,b.

## Konklusion: Sundhed og juletræskvalitet

Træerne er vitale og har en god farve og næringsstofstatus, men med noget små nåle og et skadesniveau, der er højere end i andre undersøgelser med nordmannsgranjuletræer. Le-behandlingen afviger mest ved en ringere vitalitet.

Herbicidbehandlingen øgede i 1999 træernes højdevækst samtidig med, at de fik en væsentlig bedre farve end den ubehandlede kontrolbehandling. Resultaterne fra de ubehandlede forsøgsled og le-behandlingen var meget ens: En middel højdevækst og en ringere farve. I 2000 var der kun en enkelt fræsning i løbet af sæsonen. Selvom det var tilstrækkeligt til at holde ukrudtet nede, var der ikke den samme effekt på træernes vækst og nålefarven.

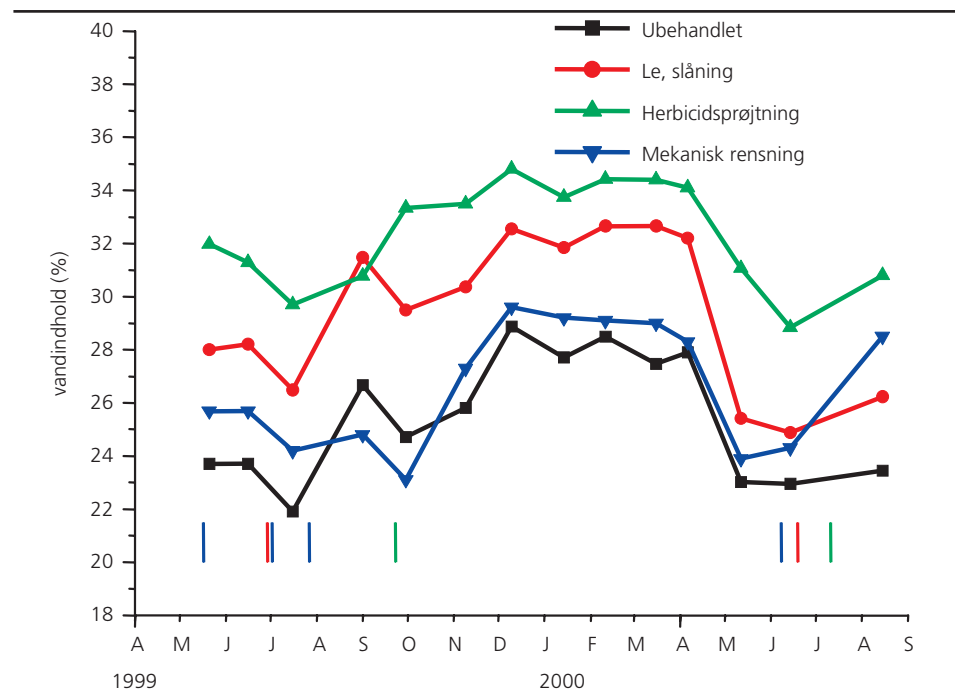
Forskellen mellem 1999 og 2000 skyldes formodentlig forskelle i behandlingshyppighed og en ringere stimulering af kvælstoffrigørelse i jordbunden, ikke mindst i den mekaniske behandling.

Fordi en grenkransafstand større end 40 cm kan regnes som fejl med efterfølgende deklassering kan fræsningen i den mekaniske behandling få en stor positiv indvirkning på juletræskvaliteten og dermed på det økonomiske udbytte for træer over 80 cm. Derfor ligger der muligvis på lang sigt et potentiale i at udvikle denne metode til topskuds- og farveregulering.

# Vandhusholdning

## Jordens vandindhold

Jordens vandindhold fra 0 - 90 cm er forventeligt højest om vinteren og lavest om sommeren (figur 5) efter bratte fald i løbet af maj måned. Vandindholdet er dog højest i herbicidfelterne efterfulgt af de forsøgsfelter, der er slået med le. De mekanisk behandlede felter og de ubehandlede kontrolfelter har de laveste vandindhold. Forskellen i jordens vandindhold er dog små behandlingerne imellem (maks. 6 %). Det uens niveau mellem behandlingerne skyldes givetvis forskelle i underjordens vandindhold betinget af mindre teksturelle variationer i forsøgsområdet.

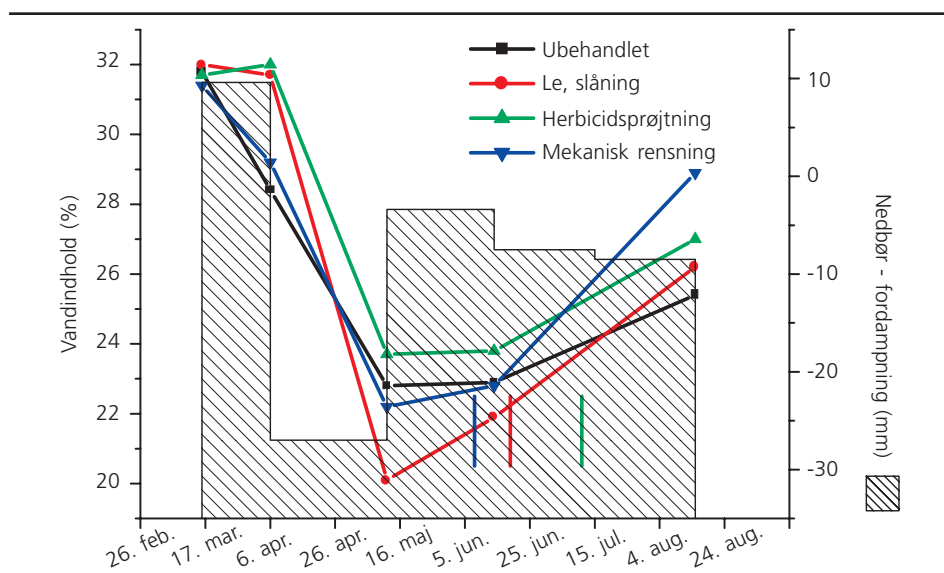


Figur 5. Jordens vandindhold (0 - 90 cm). Tidspunkt for fræsning, slåning med le og ukrudtsprøjtning er angivet med lodrette streger af samme farve som de tilhørende behandlinger. Den første ukrudtsprøjtning (tabel 3) den 01-11-1998 er ikke vist på figuren.

I sommerperioden fjernes en stor del af jordvandet gennem fordampning og vegetationens transpiration. Det ses tydeligt i år 2000 som et stort fald i vandindhold i hele jordprofilen (figur 5) og i de øverste jordlag (figur 6). I le-behandlingen falder jordens vandindhold særlig drastisk ved indgangen til sommerperioden år 2000. På dette tidspunkt er vegetationen i dette felt stadig frodig og i god vækst. Senere på sommeren er vandindholdet lavt i denne behandling, måske betinget af genvækst fra vegetationen. Dette er tydeligt i jordens øverste lag, hvor påvirkningen fra behandlingerne er særlig markante (figur 6).

De ubehandlede forsøgsfelter med en tæt måtte af græsser har det laveste

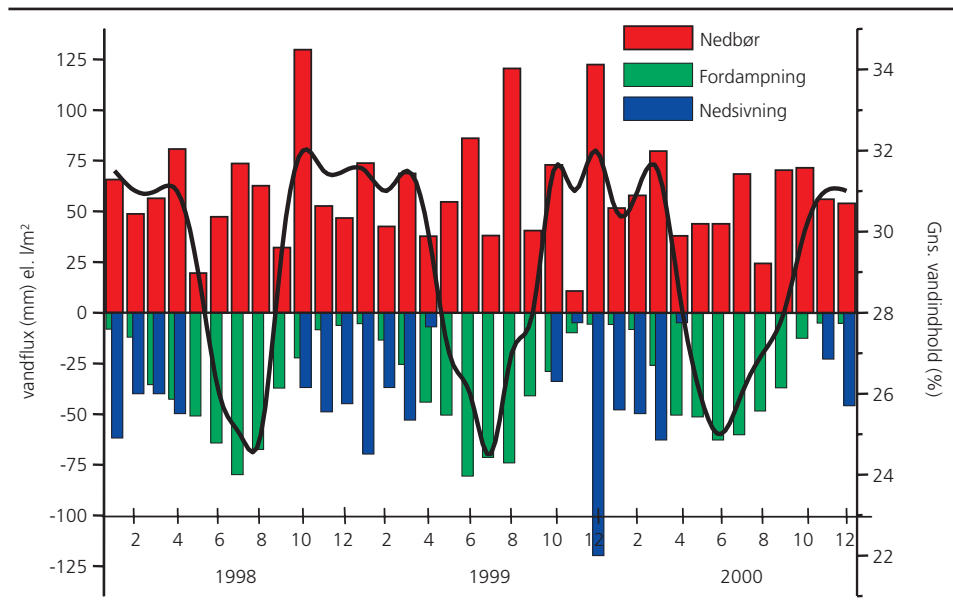
vandindhold nær sommerens udgang. En sådan græsmatte har et stort vandoptag, men fanger også meget vand, inden nedbøren når selve jordoverfladen (interception). Efter kontrolbehandlingen følger le-behandlingen, hvor græsmatten ganske vist har mindre højde, men til gengæld mere genvækst. I herbicidbehandlingen er alt græsset visnet ned, men sprøjtningen har til gengæld stimuleret visse urter, som ikke har så stort et vandforbrug eller interception. Det højeste vandindhold ses i af den mekaniske behandling, hvor der ikke er en nævneværdig græs- og urtevegetation, der kan optage jordvandet, og hvor der hurtigt etableres hydrologisk kontakt imellem nedbør og jord.



Figur 6. Jordens vandindhold i overjorden (0 - 30 cm) i første halvdel af 2000. Netto-nedbøren (nedbør - fordampning) er angivet ved skraverede søjler. Tidspunktet for fræsning, slåning med le og ukrudtssprøjtning er angivet med lodrette streger af samme farve de som tilhørende behandlinger.

## Konklusion: Vandbalance

Vandbalancen er opstillet på baggrund af målinger og modelberegninger over tid af vandtilførsel (nedbør) og tab af vand (fordampning, transpiration og nedsivning) (figur 7). Forskellen i jordens vandindhold mellem behandlingerne er så små, at det ikke har været muligt at opstille en særskilt vandbalance for hver behandling. I modsætning til forsøgsperiodens jævne nedbørsfordeling, så udviser fordampningen en typisk sæsonbetinget variation med størst tab i juni, juli og august og mindst i december, januar og februar. Nedsivningen starter typisk i oktober og slutter i april. I nedsivningsperioden er nedsivningen sporadisk fordelt og især styret af nedbørsmængderne. Det er tydeligt, at vandindholdet i jorden nøje afspejler fordampningens fordeling. Det forholdsvist høje vandindhold i jordens dybere lag har betydet, at der på intet tidspunkt i forsøgsperiode opstod decideret tørke, men det fremgår tydeligt af figur 7, at det var i vækstsæsonen 2000, at jorden var tørrest i længst tid. År 2000 var også det af de to forsøgsår med den mindste totalnedbør og nedbør i vækstsæsonen (tabel 8).



Figur 7. Vandbalance på Kirke Hvalsø. Tilførslen med nedbøren er regnet positiv, mens tabet ved fordampning og nedsivning er regnet negativt. Fordampningen (evapotranspirationen) udgøres af summen af den reelle fordampning og planternes transpiration. På figuren er desuden vist lokalitetens gennemsnitlige vandindhold i jorden (kurve).

Nedbøren, fordampningen og nedsivningen var i sæsonen 1998/99 og 1999/00 næsten ens, hvorimod 2000/01 afveg fra de tidligere år ved markant mindre værdier (tabel 11). Især foråret 2001 var meget nedbørsfattigt, med en tilsvarende lille nedsivning.

Tabel 11. Nedsivningssæsonernes (hydrologiske år) vandbalance.

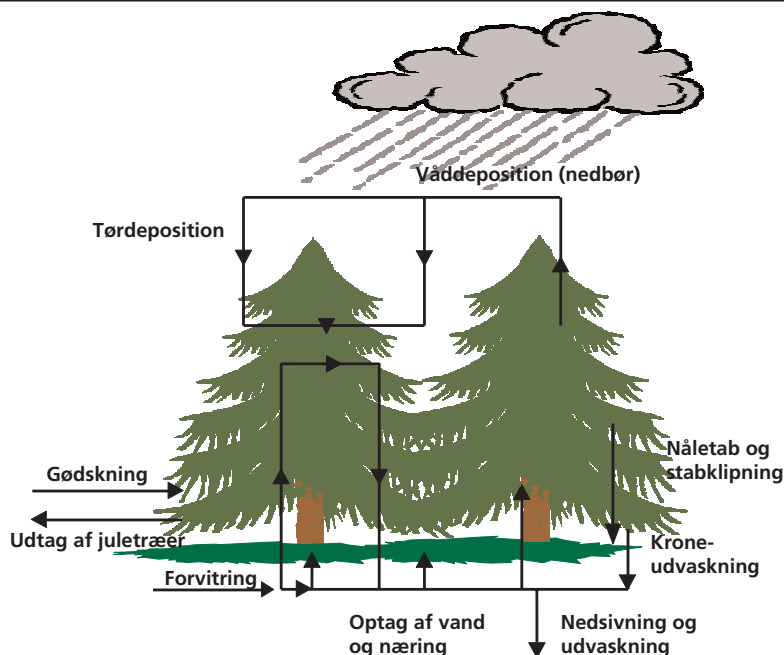
Nedsivningssæson	Delsæson*)	Nedbør	Fordampning	Nedsivning
1998	1. halvår	318	150	159
1998	2. halvår	368	229	131
1999	1. halvår	363	220	160
1998/99	Sum	731	449	291
1999	2. halvår	411	209	159
2000	1. halvår	315	205	161
1999/00	Sum	726	414	320
2000	2. halvår	333	169	161
2001	1. halvår	242	145	100
2000/01	Sum	575	314	261

\*) 1. halvår strækker sig fra januar til og med juni. 2. halvår strækker sig fra juli til og med december.

# Næringsstofkredsløb

Juletræsøkosystemets næringsstofkredsløb belyses gennem målinger af de vigtigste tilførsler (input) og tab (output) (figur 8). De største input udgøres af den atmosfæriske deposition, forvitring af jordens mineraler og den udbragte gødning. Forvitringen er vanskelig at måle og er her estimeret ud fra kendskab til de øvrige input og output. Hvad angår N, er forvitringen normalt helt ubetydelig. Derimod mobiliseres der i jordbunden ofte større mængder N gennem mineralisering (nedbrydning) af opbygget organisk stof. Denne stofstrøm er dog en intern proces i økosystemet, da den bygger på tidligere tiders N-fiksering, gødsning og deposition.

Den atmosfæriske deposition består normalt af både våd- og tørdeposition, hvor våddepositionen er betegnelsen for afsætningen af stoffer med nedbøren, mens tørdepositionen betegner afsætninger af gasser og partikler. Tørdepositionen øges normalt med overfladens størrelse og filterevne. Derfor er tørdepositionen normalt større i skov end på friland. På grund af juletræernes ringe højde og mindre filterevne i forhold til skov er det udelukkende våddepositionen, der er målt. Tabet af næringsstoffer sker især gennem udvaskning. Visse næringsstoffer tabes også gennem fordampning (f.eks. N) og processen har naturligvis stor betydning for økosystemernes vandhusholdning. Udtag af juletræer (Christensen et al. 2001) udgør normalt også en væsentlig stofstrøm ud af systemet, men denne er i undersøgelsen regnet som nul, fordi der ikke blev høstet juletræer i undersøgelsesperioden.



Figur 8. Principskitse af stofstrømme i juletræsbevoksninger. Gødsning, forvitring og deposition regnes for input til økosystemet, mens udtag af juletræer og udvaskning regnes for de vigtigste output fra økosystemet. Kroneudvaskning, nåletab og stabklipping er også betydelige stofstrømme, men disse regnes for interne uden egentlige tilførsler og tab.



## Tilførsel af næringsstoffer

Fra atmosfæren tilføres der ca. 10 kg N pr. ha pr. år ligeligt fordelt på nitrat og ammonium (tabel 12). I gennemsnit er der med gødskningen tilført lidt mere end 25 kg N pr. ha pr. år også ligeligt fordelt på nitrat- og ammonium. I modsætning til den atmosfæriske deposition er stoftilførslen med gødskningen forskelligt fordelt årene imellem og stærkt faldende i forsøgsperioden (tabel 13). Der tilføres kun ganske lidt P med den atmosfæriske deposition. Langt de største mængder stammer fra gødskningen, selv i årene med små tildelinger (1999 og 2000). Over 15 % af den tilførte K stammer fra depositionen. For Ca og Mg's vedkommende tilføres tæt på 40 % med depositionen, mens 70 % af S også stammer herfra. Tilførslen af Fe er ligeligt fordelt mellem deposition og gødskning, mens tilførslen af salt (Na og Cl) er langt større med depositionen (> 90 %).

Tabel 12. Næringsstofftilførsel (kg/ha/år) og pH med den atmosfæriske deposition.

År	Sæson	pH	Ca	Mg	K	Na	NH <sub>4</sub> -N	Fe	Cl	NO <sub>3</sub> -N	SO <sub>4</sub> -S	PO <sub>4</sub> -P
1998	1. halvår	4,7	1,5	0,9	0,8	5,4	2,0	0,1	9,6	2,8	3,0	<0,1
	2. halvår	5,1	1,5	1,4	1,2	9,1	3,2	0,2	16,1	2,6	3,4	<0,1
	<b>Total</b>	-	<b>3,0</b>	<b>2,3</b>	<b>2,0</b>	<b>14,5</b>	<b>5,2</b>	<b>0,3</b>	<b>25,7</b>	<b>5,4</b>	<b>6,4</b>	<b>&lt;0,1</b>
1999	1. halvår	5,1	1,2	0,5	0,2	4,7	3,0	0,1	8,5	2,4	2,8	<0,1
	2. halvår	4,7	1,1	1,4	1,2	9,2	2,7	0,2	16,5	2,4	3,2	<0,1
	<b>Total</b>	-	<b>2,3</b>	<b>1,9</b>	<b>1,4</b>	<b>13,9</b>	<b>5,7</b>	<b>0,3</b>	<b>25,0</b>	<b>4,8</b>	<b>6,0</b>	<b>&lt;0,1</b>
2000	1. halvår	4,4	1,5	0,9	0,8	7,7	1,9	0,1	13,8	2,8	3,0	<0,1
	2. halvår	4,7	0,9	0,4	0,6	1,9	1,3	0,1	4,3	1,3	2,0	<0,1
	<b>Total</b>	-	<b>2,4</b>	<b>1,3</b>	<b>1,4</b>	<b>9,6</b>	<b>3,2</b>	<b>0,2</b>	<b>18,1</b>	<b>4,1</b>	<b>5,0</b>	<b>&lt;0,1</b>
2001	1. halvår	4,8	0,4	0,7	0,5	5,3	1,3	0,1	10,9	1,6	1,8	<0,1
<b>Gns.</b>	<b>År</b>	<b>4,8</b>	<b>2,5</b>	<b>1,8</b>	<b>1,6</b>	<b>12,7</b>	<b>4,7</b>	<b>0,3</b>	<b>22,9</b>	<b>4,8</b>	<b>5,8</b>	<b>&lt;0,1</b>

Selvom den væsentligste næringsstofftilførsel foregår med gødskningen (når der ses bort fra forvitringen), er den atmosfæriske deposition alligevel af en betragtelig størrelse for langt de fleste næringsstoffer.

Tabel 13. Næringsstofftilførsel med gødskning (kg/ha/år).

	N	P	K	S	Mg	Ca <sup>*)</sup>	Fe	Na <sup>*)</sup>	Cl <sup>*)</sup>
1998	55,0	7,5	17,5	5,0	5,0	8,0	0,2	1,3	4,3
1999	9,5	1,3	3,0	0,9	0,9	1,4	<0,1	0,2	0,7
2000	13,4	1,8	4,3	1,2	1,2	2,0	<0,1	0,3	1,0
<b>Gns.</b>	<b>26,0</b>	<b>3,5</b>	<b>8,3</b>	<b>2,4</b>	<b>2,4</b>	<b>3,8</b>	<b>&lt;0,1</b>	<b>0,6</b>	<b>2,0</b>

<sup>\*)</sup> Ikke opgivet, men estimeret ud fra Christensen et al. 2000.

## Ukrudtsvegetationens optag af næringsstoffer

Ukrudtet fjernes ikke fra arealerne. Derfor er ukrudtets optag af næringsstoffer en intern stofstrøm. Selvom om det er de stofstrømme, der repræsenterer input og output, der er vigtige, i vurderingen af økosystemers stabilitet og produktionssystemets bæredygtighed, så er næringsstoffoptaget af ukrudtet ikke uvæsentligt, fordi det konkurrerer med juletræerne om næringsstoffer og dermed påvirker træernes vækst og kvalitet. Det meste ukrudt er enårigt, så selv om der er afvigelse (f.eks. den flerårige ørnebregne), der til en

vis grad repræsenterer en næringsstofpulje, så er næringsstofanalyserne af vegetationen udelukkende brugt til estimering af årlige optag (tabel 14).

Hovedparten af den overjordiske og store dele af den underjordiske ukrudtsbiomasse dør og visner bort efter vækstsæsonen. En del af næringsstofferne i den flerårige vegetation vil retranslokteres fra blade til underjordiske organer, men dette afhænger meget af planteart og næringsstof. Selvom der på Kirke Hvalsø er flerårige ukrudtsvegetation er denne relative andel behæftet med en stor usikkerhed. Derfor regnes næringsstofferne i den overjordiske biomasse som værende et resultat af det årlige optag.

Tabel 14. Vegetationens biomasse (ton/ha) og optag af næringsstoffer (kg/ha/år).

	Ubehandlet			Le			Mekanisk			Herbicid		
	1999	2000	Gns.	1999	2000	Gns.	1999	2000	Gns.	1999	2000	Gns.
Biomasse	2,9	3,4	<b>3,2</b>	4,2	1,9	<b>3,1</b>	1,4	0,9	<b>1,2</b>	5,8	1,0	<b>3,4</b>
C	1386	1575	<b>1481</b>	1956	885	<b>1421</b>	589	420	<b>505</b>	2763	486	<b>1625</b>
N	52,4	45,8	<b>49,1</b>	87,6	32,6	<b>60,1</b>	36,4	21,4	<b>28,9</b>	108,3	13,4	<b>60,9</b>
P	4,8	5,5	<b>5,2</b>	7,8	3,6	<b>5,7</b>	3,5	2,5	<b>3</b>	8,1	1,6	<b>4,9</b>
K	27,4	34,4	<b>30,9</b>	38,2	24,6	<b>31,4</b>	19,7	17,6	<b>18,7</b>	34,8	9,4	<b>22,1</b>
Mg	7,5	8,0	<b>7,8</b>	8,6	3,4	<b>6,0</b>	3,5	2,3	<b>2,9</b>	15,7	2,2	<b>9,0</b>
Ca	11,3	13,4	<b>12,4</b>	16,4	5,6	<b>11,0</b>	6,7	3,4	<b>5,1</b>	23,0	2,9	<b>13,0</b>
Fe	0,3	0,2	<b>0,3</b>	2,0	2,0	<b>2,0</b>	0,1	1,0	<b>0,6</b>	0,9	0,1	<b>0,5</b>
Mn	1,4	1,4	<b>1,4</b>	2,6	1,0	<b>1,8</b>	1,0	0,5	<b>0,8</b>	3,2	0,9	<b>2,1</b>
Na	0,9	0,2	<b>0,6</b>	0,8	0,2	<b>0,5</b>	0,3	0,1	<b>0,2</b>	0,6	0,1	<b>0,4</b>
Al	0,4	0,3	<b>0,4</b>	2,2	0,3	<b>1,3</b>	1,2	0,2	<b>0,7</b>	1,0	0,1	<b>0,6</b>

Statistisk set er der ingen sikker forskel imellem ukrudtsbiomassen i de to vækstsæsoner (tabel 14) i de ubehandlede forsøgsled. Biomassen i de enkelte behandlinger kan delvist tages som et udtryk for behandlingens virkning på ukrudtstrykket. I 1999 var biomassen markant størst i le-behandlingen og i de sprøjtede forsøgsfelter på grund af en mangelfuld bekæmpelse af især ørnebregne. I le-behandlingen blev der konstateret en del genvækst, mens herbicidbehandlingen gennem en effektiv bekæmpelse af bølget bunke favoriserede opvækst af ørnebregner og gederams. I behandlingen med herbicider er der tale om en ganske betydelig dynamik gennem vækstsæsonen. Herbicidbehandlingen havde en bedre ukrudtsbegrænsende virkning i 2000 end i 1999, hvor bekæmpelsen af ørnebregnerne ikke lykkedes særligt godt, mens den meget klart mindskede biomasse (og næringsstofoptag) i den fræsede behandling i 2000 sammenlignet med 1999 nok repræsenterer en akkumuleret virkning af behandlingen.

Optagelsen af næringsstoffer afspejler i store træk biomassefordelingen. Optagelsen var størst i herbicid-behandlingen og mindst i den fræsede behandling. Selvom le-behandlingen og den ubehandlede kontrolbehandling var forskellig i 1999 og 2000, så har optagelsen af næringsstoffer været meget ens i de to behandlinger set over hele perioden.

I 1999 og 2000 overgår vegetationens gennemsnitlige optag af N, Ca og Mg i alle behandlinger (ca. 25 - 200 % mere) tilførslen med både gødning og deposition. Dette gælder også P (110 - 250 %) og K (250 - 500 %). Selvom næringsstofferne i vegetationen i princippet repræsenterer stoffer der recirkulerer, så antyder tallene, at selv i den mekaniske behandling er vegetationen en betydelig konkurrent til juletræerne.

## Juletræernes optagelse af næringsstoffer

Træernes næringsstofoptagelse er ikke direkte målt, men beregnet ved at sammenstille plantetæthed, træhøjde, N-koncentration i nåle og bevoksningshistorik med detaljerede målinger af biomasse (inkl. rødder) og puljer af næringsstoffer i intensivt undersøgte gødningsforsøg på tre lokaliteter (Christensen et al. 2000a, Christensen et al. 2001, Pedersen & Christensen unpubl.).

Den beregnede stående juletræsbiomasse (inkl. rødder) samt næringsstofpuljer er for år 2000 angivet i tabel 15, mens tabel 16 viser det estimerede næringsstofoptag i 1999 og 2000.

Tabel 15. Nordmannsgranernes stående biomasse (t/ha) og næringsstofpuljer (kg/ha) i år 2000.

	Ubehandlet	Le	Mekanisk	Herbicid
Biomasse	16,2	13,7	12,2	15,6
C	5669	5288	4772	5575
N	155	138	143	156
P	19	22	19	22
K	83	85	90	97
Mg	8	6	8	7
Ca	32	24	32	26
Fe	0,5	0,6	0,6	0,9
Mn	3	2	5	3
Na	0,3	0,3	0,2	0,3
Al	4	5	5	5

Sammenlignet med målinger fra andre juletræsbevoksninger er både biomassen, stofpuljerne og stofstrømmene beskedne, hvilket forklares af en lav plantetæthed (ca. 5500 uden spor) i den aktuelle skovkultur sammenlignet med forholdsvis høje plantetætheder i de førømtalte markkulturer (8.250 - 10.000 stk. uden spor).

Tabel 16. Nordmannsgranjuletræernes nettooptag af næringsstoffer (kg/ha/år).

	Ubehandlet			Le			Mekanisk			Herbicid		
	1999	2000	Gns.	1999	2000	Gns.	1999	2000	Gns.	1999	2000	Gns.
C	858	1179	<b>1019</b>	746	1001	<b>875</b>	590	785	<b>688</b>	805	1119	<b>962</b>
N	29	37	<b>33</b>	25	31	<b>28</b>	24	30	<b>27</b>	29	37	<b>33</b>
P	3	4	<b>4</b>	2	4	<b>3</b>	2	3	<b>3</b>	2	4	<b>3</b>
K	14	19	<b>17</b>	9	14	<b>12</b>	9	13	<b>11</b>	12	18	<b>15</b>
Mg	2	2	<b>2</b>	2	2	<b>2</b>	1	1	<b>1</b>	2	2	<b>2</b>
Ca	7	8	<b>8</b>	5	5	<b>5</b>	3	5	<b>4</b>	6	7	<b>7</b>
Fe	0,1	0,1	<b>0,1</b>	0,1	0,1	<b>0,1</b>	0,1	0,1	<b>0,1</b>	0,1	0,1	<b>0,1</b>
Mn	0,6	0,8	<b>0,7</b>	0,4	0,5	<b>0,5</b>	0,3	0,5	<b>0,4</b>	0,5	0,6	<b>0,6</b>
Na	0,1	0,3	<b>0,2</b>	0,1	0,2	<b>0,2</b>	0,1	0,2	<b>0,2</b>	0,1	0,2	<b>0,2</b>
Al	0,7	0,9	<b>0,8</b>	0,6	0,9	<b>0,8</b>	0,4	0,7	<b>0,6</b>	0,5	0,8	<b>0,7</b>

Juletræernes optagelse af næringsstoffer afspejler ikke behandlingerne, fordi træerne fra forsøgsstart var påvirket af tidligere års vækstbetingelser. Det tilfældige forsøgsdesign har fra start betydet, at træerne især i det ubehandlede forsøgsled, men også i herbicidbehandlingen var klart mere vækstkraftige (tabel 15). Det er derfor ikke muligt ud fra dette forsøgs resultater at dokumentere de forskellige ukrudtbehandlingernes virkning på træernes næringsstofoptag. Sammenlignes størrelsesordenne af næringsstofoptagelsen hos

træerne og ukrudtet fremgår det dog, at ukrudtet som gennemsnit for behandlingerne optager ca. 50 % flere næringsstoffer end træerne. Dette understreger den positive betydning for næringsstoffilgængelighed og udvaskning som en stærkt reduceret ukrudtskonkurrence kan have i juletræskulturer på tidligere markjord, hvor der karakteristisk finder en meget mere effektiv ukrudtsbekæmpelse sted.

## Udvaskning af herbicider

Dyrkning af nordmannsgranjuletræer forudsætter normalt en omdrift på 7 - 10 år, hvor bekæmpelse af ukrudt især er aktuel i de første 5 leveår. Det skønnes, at sprøjtehyppigheden i juletræer i det private skovbrug er af samme størrelsesorden som i landbruget (Miljøstyrelsen 1999a), og at 70 % af pynte-grøntarealerne alene renholdes med herbicider (Miljøstyrelsen 1999b), mens der på de resterende 30 % renholdes ved at kombinere herbicider (især glyphosat) med mekanisk renholdelse. I dag kan den statslige produktion af nordmannsgranjuletræer generelt beskrives som mindre intensiv end den private, der anvendes kun glyphosat, og forbruget er mindre i bevoksninger, der oftere er uensaldrende. Kirke Hvalsø-lokaliteten repræsenterer det statslige billede.

På forsøgsarealet er der kun anvendt det aktive stof glyphosat så langt tilbage, der foreligger registreringer (bilag 1). I Kirke Hvalsø har praksis i forsøget været en sprøjtning med glyphosat en til nogle få gange om året efter behov (tabel 3). Glyphosat nedbrydes forholdsvis hurtigt ved en simpel kemisk eller biologisk hydrolyse til AMPA. Den videre nedbrydning er derimod alene biologisk. Der findes dog også alternative nedbrydningsveje. Oftest er AMPA hovedproduktet, men kan i visse tilfælde udgøre en så ringe del som 25 % af nedbrydningsprodukterne (Miljøstyrelsen 2000). Miljøstyrelsen anser glyphosat for at være giftigt over for visse vandlevende organismer. Det gælder også i visse tilfælde AMPA, som dog normalt regnes for mindre giftigt end glyphosat. Overfor jordlevende organismer vurderes giftigheden ringe. Godkendelsen angiver derfor kun forbehold overfor vandlevende organismer ved anvendelse af de godkendte doseringer (Miljøstyrelsen 2000).

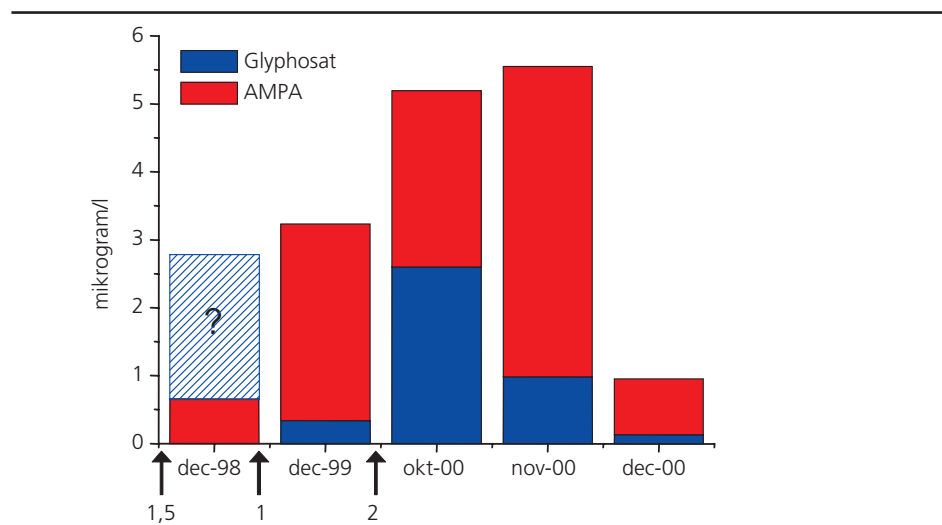
Herbicidmålingerne er opsummeret i tabel 17 og figur 9. I de ubehandlede kontrolfelter er det bemærkelsesværdigt, at der stadig er glyphosat til stede i 30cm's dybde over to år efter sidste pletvise behandling i september 1998, og at koncentrationen af AMPA er betydelig. I 1998 svarede mængden af AMPA til 0,12 mg glyphosat pr. l og i 1999 var koncentrationen steget til 0,59 µg/l nedbrudt glyphosat. Selv i år 2000 er der stadig AMPA til stede i kontrolfelterne over to år efter sprøjtningen. Samtidig sker der en stor opbygning af AMPA i de herbicidbehandlede felter.

Tabel 17. Pesticidkoncentrationer målt i jordvæske fra centrifugerede jordprøver fra forskellig dybde (cm). AMPA er ikke angivet som  $\mu\text{g}$  AMPA pr. l, men i stedet som den mængde nedbrudt glyphosat pr. liter, som den målte mængde AMPA svarer til. 1  $\mu\text{g}$  AMPA pr. l svarer således til en nedbrudt glyphosat koncentration på 1,12  $\mu\text{g}$  pr. l.

Dybde	Tid	Ubehandlet			Herbicid		
		Glyphosat	AMPA	Total	Glyphosat	AMPA	Total
30	December 1998	*)	0,12	*)	*)	0,65	*)
	December 1999	0,01	0,59	0,60	0,34	2,89	3,23
	December 2000	0,02	0,08	0,10	0,00	0,09	0,09
0-30	Oktober 2000				2,60	2,59	5,19
	November 2000				0,98	4,57	5,55
	December 2000				0,13	0,82	0,95
70-90	December 1998	0,00	0,00	0,00	*)	*)	*)
	December 1999	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,04
	December 2000				0,00	0,00	0,00

\*) Markerer fejl i analyserne.

Nedbrydningshastigheden kan ikke bedømmes alene ud fra de målte koncentrationer i vandfasen. Halveringstiden for glyphosat til AMPA og andre produkter er normalt mellem  $\frac{1}{2}$  og 2 mdr. - men op til 5 mdr. i særlige tilfælde. Målingerne i Kirke Hvalsø (figur 9) viser, at man ikke ligger i den helt lave ende af dette spektrum, men indenfor det spektrum, der er i naturlige jorder. Kun i få tilfælde er der fundet glyphosat eller AMPA i 70-90 cm's dybde, og da altid lavere end grænseværdien på 0,1  $\mu\text{g}/\text{l}$ .



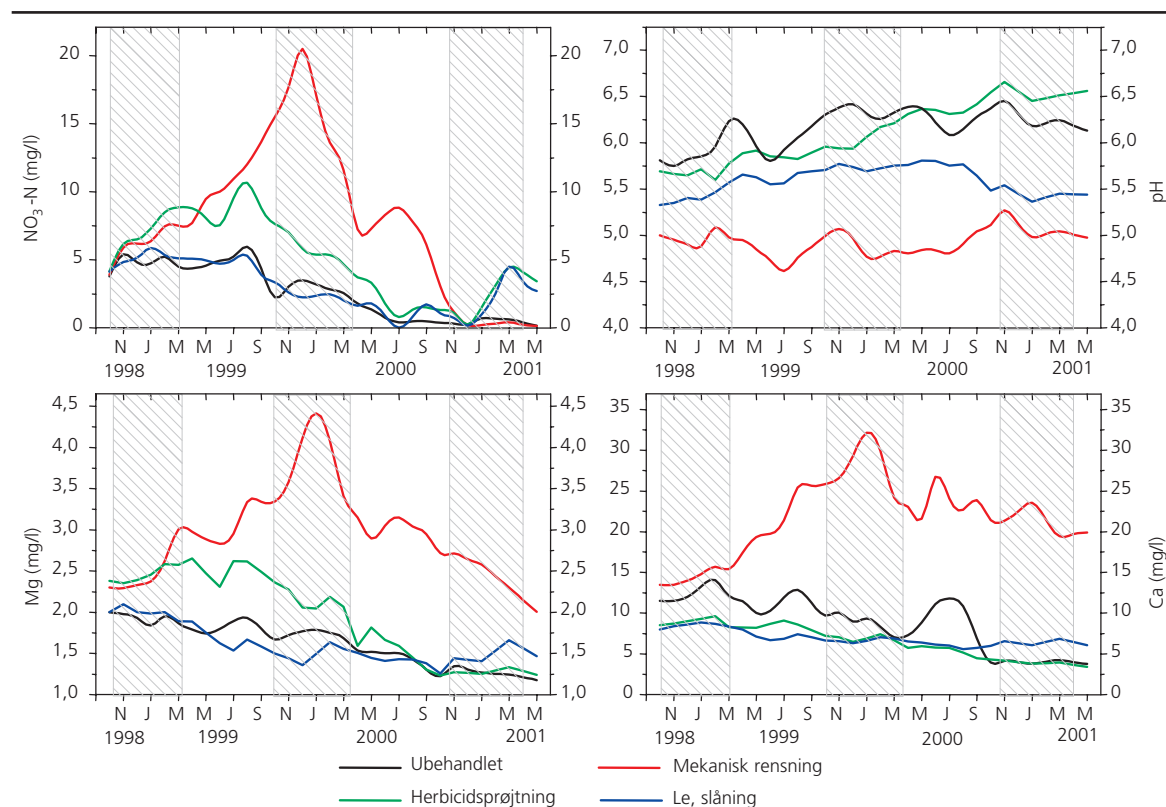
Figur 9. Koncentrationen af glyphosat og AMPA i det øverste jordlag (0-30 cm) på Kirke Hvalsø i herbicidbehandlingen. Bemærk, at glyphosatkoncentrationen i 2000 stiger til det dobbelte efter anden behandling. Den lave koncentration i december 2000 skyldes mest et højere vandindhold i jorden. Med pile og tal er angivet tidspunkt og dosis glyphosat ved udbringningerne.

## Ukrudtsbehandlingernes effekt på mobilisering af næringsstoffer i jordvæsken

I jordvæsken er koncentrationen af næringsstofferne langt fra konstant, selv ikke i den ubehandlede kontrolbehandling. Det faldende koncentrationsniveau i kontrolbehandlingen viser, at det faldende gødningsniveau igennem

forsøgsperioden nok er den væsentligste årsag til det generelle koncentrationsfald i behandlingerne. NPK-gødskningen giver normalt en svag sur reaktion i jorden, men udviklingen har gået i modsat retning. Det er et fald i koncentrationen af det surt reagerende Al, der har fået pH til at stige svagt. Den faldende gødningsdosering (tabel 13) har også ført til et samtidigt fald i koncentrationen af Ca, Mg og NO<sub>3</sub>-N. Således er koncentrationen af f.eks. NO<sub>3</sub>-N i de ubehandlede kontrolfelter faldet fra ca. 4,5 mg N pr. l i forsøgsstarten i 1998 til ca. 0,2 mg/l i maj 2001 (figur 10). I skarp kontrast hertil står forøgede koncentrationer af Cl i løbet af foråret 2000 og hen imod højsommeren, som følge af opkoncentrering af de store havsalttilførsler fra stormen i december 1999.

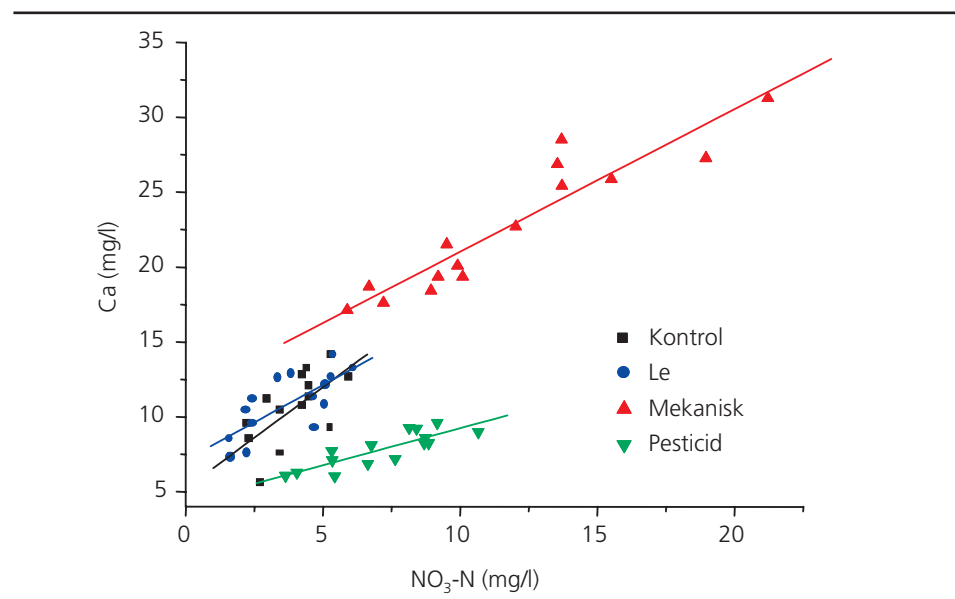
De forskellige stoffers betydning i udvaskningen kan bedst forstås ud fra en betragtning om, at det er de negativt ladede anioner, der trækker de positivt ladede kationer med sig ud af rodzonen. Foruden at være stærkt negativt korreleret med pH er Al også stærkt, men positivt korreleret med TOC. Dette tyder på, at meget af det positivt ladede Al udvaskes som bundet til det negativt ladede organisk stof. En god korrelation med K antyder, at organisk stof også spiller en vigtig rolle for transporten af K ud af rodzonen. Høje koncentrationer af Ca i jordvæsken er ofte knyttet til højt pH, men det er koncentrationen af NO<sub>3</sub>-N, der er den helt afgørende faktor for udvaskningen af Ca (figur 11). Ca, Mg og Na er stærkt indbyrdes korreleret, men samtidig godt korreleret med NO<sub>3</sub>-N. Dette understøtter NO<sub>3</sub>-N-mobiliseringens store indflydelse på udvaskningen af Ca og Mg. Na derimod, tilføres økosystemet som havsalt sammen med Cl og er derfor stærkt korreleret hertil i nedbøren. I jordvæsken er Na derimod langt bedre korreleret med NO<sub>3</sub>-N,



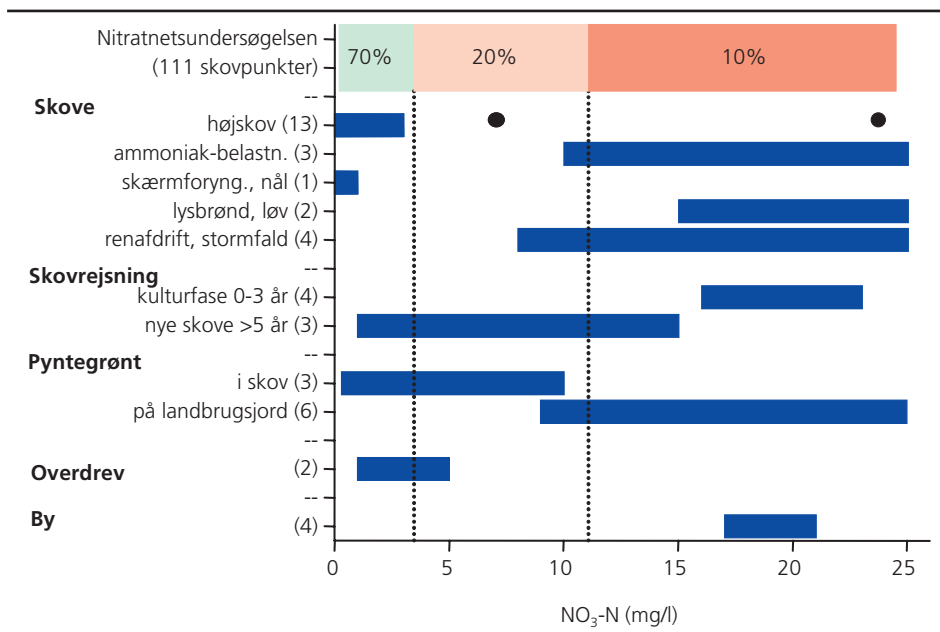
Figur 10. Jordvæskens koncentration af NO<sub>3</sub>-N, Mg og Ca samt pH i forsøgsperioden. Udvasningsperioden er skraveret med gråt.

hvilket viser, at ionbytningsprocesser imellem jordpartikler og jordvæskens opløste stoffer har haft stor betydning for udvaskningsmønsteret for Na.

Koncentrationen af  $\text{NO}_3\text{-N}$  i det vand der siver ned fra de danske skove er undersøgt i den såkaldte kvadratnetsundersøgelse (Callesen et al.1996). Her fandt man, at koncentrationen i gennemsnit var mindre end 2 mg/l. Samme undersøgelse viste også, at i skove mindre end 10 ha og skove mellem 10 og 50 ha i gennemsnit havde koncentrationer på henholdsvis 3 og 2 mg N pr. l. Trods gødskningen er gennemsnitkoncentrationen i det nedsivende vand i kontrolbehandlingen på kun 3 mg N pr. l. I den sidste del af forsøget, hvor der i gennemsnit er punkt-gødsket med 11 kg N pr. ha, er koncentrationen faldet til 0,3 mg N/l, det vil sige langt under gennemsnittet fra ovennævnte undersøgelse af kvælstofudvaskningen fra danske skove. Sammenlignes der med andre typer arealanvendelse med træer, beplantninger eller bevoksninger (figur 12), så fremstår koncentrationen af  $\text{NO}_3\text{-N}$  i den nedsivende jordvæske i juletræsforsøget på Kirke Hvalsø som beskedne. Kontrolbehandlingen samt le-behandlingen og delvist herbicidbehandlingen har koncentrationer af  $\text{NO}_3\text{-N}$ , der bedst kan sammenlignes med højskov eller overdrevs-økosystemer, mens den mekaniske behandling har noget højere gennemsnitlige koncentrationer, der bedst kan sidestilles med den nedre ende i såvel stormfaldssituationer og i ammoniak-belastede skove. Dermed peger resultaterne på, at dyrkning af nordmannsgranjuletræer indenfor skovgærdet ikke i udvaskningssammenhæng behøver at adskille sig væsentligt fra andre skovtyper. Så længe intensiv mekanisk behandling undgås.



Figur 11. Jordvæskens koncentration af Ca som funktion af nitrat-koncentrationen.



Figur 12. Gennemsnitskoncentration af  $\text{NO}_3\text{-N}$  i jordvæske i økosystemer med træer, beplantninger og bevoksninger. Øverst er vist den relative koncentrationsfordelingen af  $\text{NO}_3\text{-N}$  i 111 skovpunkter. De to prikker ud for højskov er målinger i naturskov (Suserup skov t.v.) og urørt skov (Ledøje Plantage t.h.). De blå bjælker angiver koncentrationsspændet i de angivne økosystemer.

## Ukrudtsbehandlingsens effekt på udvaskning

Udvaskningen af næringssalte fra kontrolbehandlingen er beskeden (tabel 18 og figur 13). Dog er udvaskningen af K lidt større her end i de øvrige behandlinger, måske fordi slåning med le og herbicidbehandling har stimuleret optaget af K gennem genvækst af græsfloraen. Udvaskningen af K er generelt beskeden i modsætning til den betydelige udvaskning af Ca.

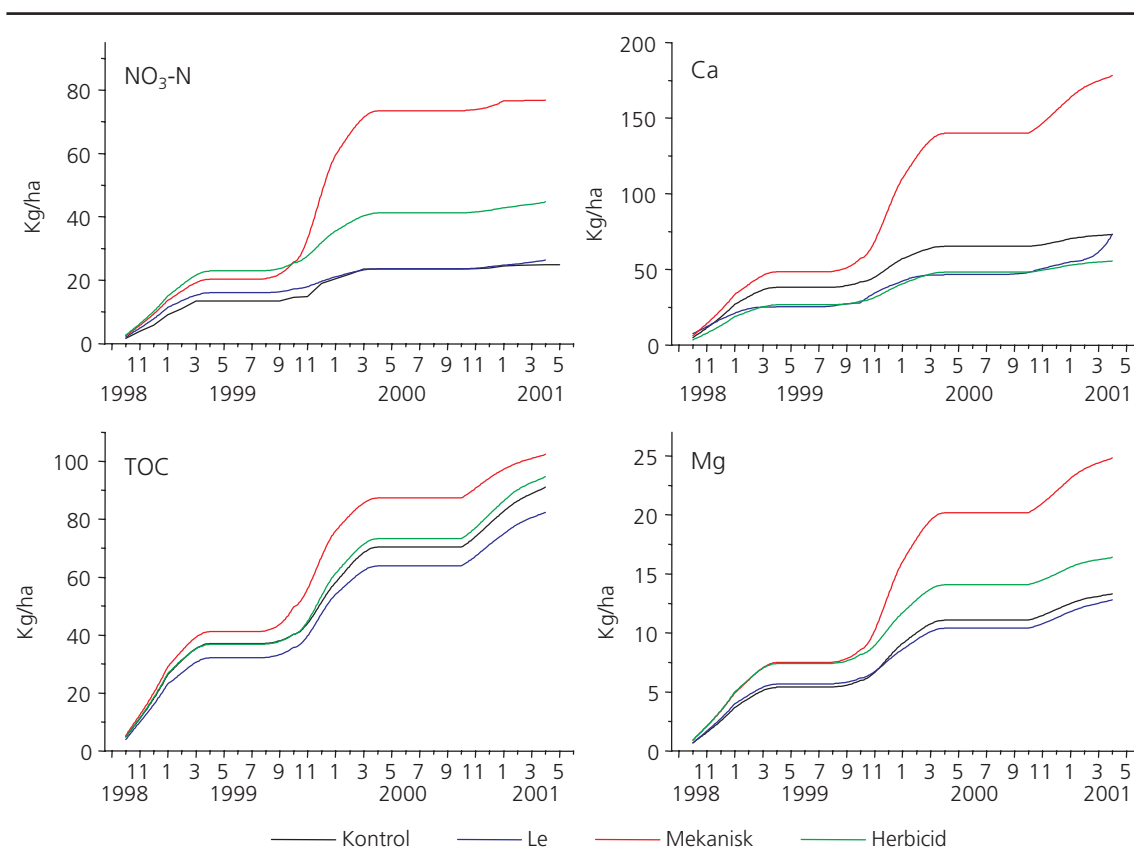
Samlet set er udvaskningen i forsøgsperioden for hovedparten af de undersøgte stoffer markant størst ved mekanisk rensning. Især udvaskningen af N påkalder sig opmærksomhed ved at være dobbelt så stor som i herbicidbehandlingen og over tre gange så stor som i kontrol- og le-behandlingen. Udvaskningen af Ca og Mg tegner sig som omtrent dobbelt så stor ved mekanisk rensning, som i de øvrige behandlinger, mens TOC kun er øget beskedent. Udvaskningen af Cl var ens i behandlingerne, og når der ses bort fra herbicidbehandlingen var udvaskningen af Na også af samme størrelse i behandlingerne imellem. Herbicidbehandlingen kendetegnes ved den mindste udvaskning af Ca og  $\text{SO}_4\text{-S}$ , samt den største udvaskning af Al og den næststørste N-udvaskning.



Tabel. 18. Nedsivningssæsonernes (hydrologiske år) stofbalance.

Behandling	Sæson	Ca	Mg	K	Al	Na	Cl	N	S	TOC
Ubehandlet	1998/99	41,1	5,4	3,2	4,0	12,7	17,0	13,4	10,4	37,1
Le		38,4	5,7	1,5	4,6	14,0	17,0	16,1	11,7	30,5
Mekanisk		49,1	7,5	2,5	3,0	11,5	17,0	20,4	9,6	42,0
Herbicide		26,6	7,4	2,3	5,3	10,9	17,0	22,9	7,6	36,8
Ubehandlet	1999/00	27,8	5,7	4,3	2,8	15,2	21,9	10,1	12,4	33,3
Le		26,8	4,7	2,6	4,2	18,8	21,1	7,5	18,4	31,7
Mekanisk		106,6	12,7	4,2	2,4	20,7	21,9	53,1	9,7	37,4
Herbicide		21,7	6,7	3,0	4,7	14,6	19,8	18,3	7,9	36,4
Ubehandlet	2000/01	7,8	2,2	1,7	1,9	6,1	11,6	1,4	5,8	20,5
Le		8,0	2,4	0,8	1,8	5,2	10,5	2,8	4,0	20,4
Mekanisk		51,0	4,6	1,3	2,1	8,4	12,6	3,3	7,6	22,8
Herbicide		7,2	2,3	1,6	3,1	5,8	12,4	3,5	4,3	21,3
Ubehandlet	Gns.	25,6	4,4	3,1	2,9	11,3	16,8	8,3	9,5	30,3
Le	Gns.	24,4	4,3	1,6	3,5	12,7	16,2	8,8	11,4	27,5
Mekanisk	Gns.	68,9	8,3	2,7	2,5	13,5	17,2	25,6	9,0	34,1
Herbicide	Gns.	18,5	5,5	2,3	4,4	10,4	16,4	14,9	6,6	31,5

Kvælstofudvaskningen fra kontrolbehandlingen har i hele forsøgsperioden været tæt på 8 kg/ha/år. I år 2000, hvor effekten af bredgødskningen fra 1998 er klinget af, falder kvælstofudvaskningen til under 2 kg/ha/år (tabel 18). På lignende vis falder udvaskningen også af alle andre næringsstoffer (og TOC). Effekten af slåning med le har tilsyneladende ikke afviget markant fra kontrolbehandlingen. Den svage tendens til en lidt større kvælstofudvaskning må tillægges variationer i jordbundsforholdene på lokaliteten.



Figur 13. Akkumulerede udvaskningsmængder af  $\text{NO}_3\text{-N}$ , Ca, Mg og organisk stof i de fire behandlinger i forsøgsperioden.

## Forvitring og næringsstofbalance

Deposition og gødskning er processer, der åbenlyst udgør input til økosystemerne. I beregningerne regnes forvitringen af jordpartiklerne og nettomineraliseringen af organisk stof også som input, skønt disse processer i bund og grund repræsenterer en tilførsel fra en intern pulje i økosystemet. Nettomineralisering af organisk stof repræsenterer en frigivelse af næringsstoffer fra en pulje opbygget af næringsstoffer tilført fra deposition, gødskning eller forvitring. Forvitring og nettomineralisering (tabel 19) er ikke målt, men bestemt som forskellen mellem de vigtigste kendte input og output:

[2] Forvitring + nettomineralisering = Deposition + gødskning - (træ/rodoptag + udvaskning)

Generelt er der tale om tydelige nettotab af Ca, når tilførsler og udvaskning sammenlignes. Værst ser det ud for den mekaniske renholdelse, hvor nettotabet er over 60 kg Ca pr. ha pr. år og hvor forvitring/nettomineralisering er øget fra ca. 30 til knapt 70 kg Ca pr. ha pr. år. Regnet til en dybde af 100 cm svarer dette imidlertid kun til omkring 15 ‰ af den ombyttelige fraktion (tabel 6). Tilsvarende udvaskes og forvitrer i den anden ende af skalaen ca. 25 kg Ca pr. ha pr. år i den ubehandlede kontrolbehandling svarende til ca. 6 ‰ af den ombyttelige fraktion.

Tabel 19. Forvitring + mineralisering (kg/ha/år). Beregnet gennemsnit 1998-2000.

	Ubehandlet	Le	Mekanisk	Herbicid
Ca	27	23	67	19
Mg	2	2	5	3
K	10	4	4	7
P	0,5	0,5	0,5	0,5
N	6	1	17	12
Na	1	0	1	2

Det største forvitringspotentiale findes dog i de dybere lag (> ca. 60 cm), hvor jorden har et højt lerindhold (tabel 5). Da planternes næringsstofoptag fra disse dybder er meget beskedne (der er ikke konstateret rødder), er mulighederne for at frigive næringsstoffer bringes op mod overfladen også beskedne. Den reelle udvaskede andel og størrelsen af forvitringen/nettomineraliseringen bør derfor sammenlignes med stofmængderne indenfor ca. 60 cm af jordprofilet. Regnet til denne dybde udgør nettotabet og forvitringen/nettomineraliseringen af Ca og Mg ved mekanisk renholdelse over 50 ‰ af den ombyttelige fraktion. Tilsvarende er andelen i kontrolbehandlingen øget til lidt over 20 ‰. K fremviser lavere andele.

Det er vanskeligt at adskille forvitringens og nettomineraliseringens andele fra hinanden, fordi den mekaniske behandling har gået så dybt, at den har påvirket både forvitringen og nettomineraliseringen. Der er nok ingen tvivl om, at forvitringen af jordbundens mineraler på lokaliteten er i stand til at kompensere for tabet af næringsstoffer i alle behandlinger. Spørgsmålet er dog, om forvitringen på sigt vil være stor nok til at kompensere for næringsstoffetab fra den mekaniske renholdelse, når behandlingerne gentages år efter år.

Mertabet af næringsstoffer fra den mekaniske behandling stammer især fra de fræsede øverste 15 cm jord. Da der ikke er etableret jordsonder lige under det fræsede lag, er tabet fra dette jordlag ikke kvantificeret, men et forsigtigt skøn vil være et næringsstofftab på op til 5 % af den ombyttelige fraktion.

Det gælder for alle behandlinger, at den udvaskede mængde af N er yderst beskeden i forhold til jordpuljen. Dette skyldes, at de anvendte kvælstofmål på jorden er »total-tak« og således helt anderledes end den ombyttelige fraktion. C/N-forholdet i skovbunden var ved forsøgets start forholdsvis højt (20), og kan tages som en indikator for systemets begrænsede evne til at tilbageholde tilført kvælstof (Gundersen et al., 1998). Selvom alle behandlingerne gødskes gennem hele forsøgsperioden, er det kun kontrolbehandlingen og den mekaniske behandling, der ved forsøgsafslutningen ikke lækker kvælstof. Både slåning med le og herbicidsprøjtning fører i forsøgets sidste fase til en forøget N-udvaskning (figur 10).

Naturligvis optager juletræerne i alle behandlingerne deres N-andel, men andre forhold end trærøddernes optag har i forsøgets slutfase formodentlig betydet mere for udvaskningen. De drastisk faldende udvaskningstal i den mekaniske behandling kan kun forklares ved, at mineraliseringen af jordens organiske stof har været så fremskreden, at tab af N stort set ikke forekom ved afslutningen af forsøget. I den mekaniske behandling er den tilgængelige N-mængde i jorden blevet så lille (C/N-forholdet vokset betragteligt), at mikroorganismene effektivt har optaget og inkorporeret meget af den efterhånden faldende N-tildeling med gødskningen. I kontrol-, le- og herbicidbehandlingen har C/N-forholdet i jorden givetvis ikke ændret sig væsentligt gennem forsøgsperioden, så jordbundens lille kapacitet til at tilbageholde kvælstof gør sig stadig gældende ved forsøgsafslutningen. I kontrolbehandlingen sørger en veludviklet urte- og græsvegetation for, at den faldende kvælstoftildeling helt optages. Den fortsatte kvælstofudvaskning ved slåning med le er vanskelig at forklare, mens den fortsatte udvaskning ved herbicid-sprøjtning skyldes, at denne behandling har reduceret vegetationen og dermed muligheden for inkorporering og immobilisering af N.

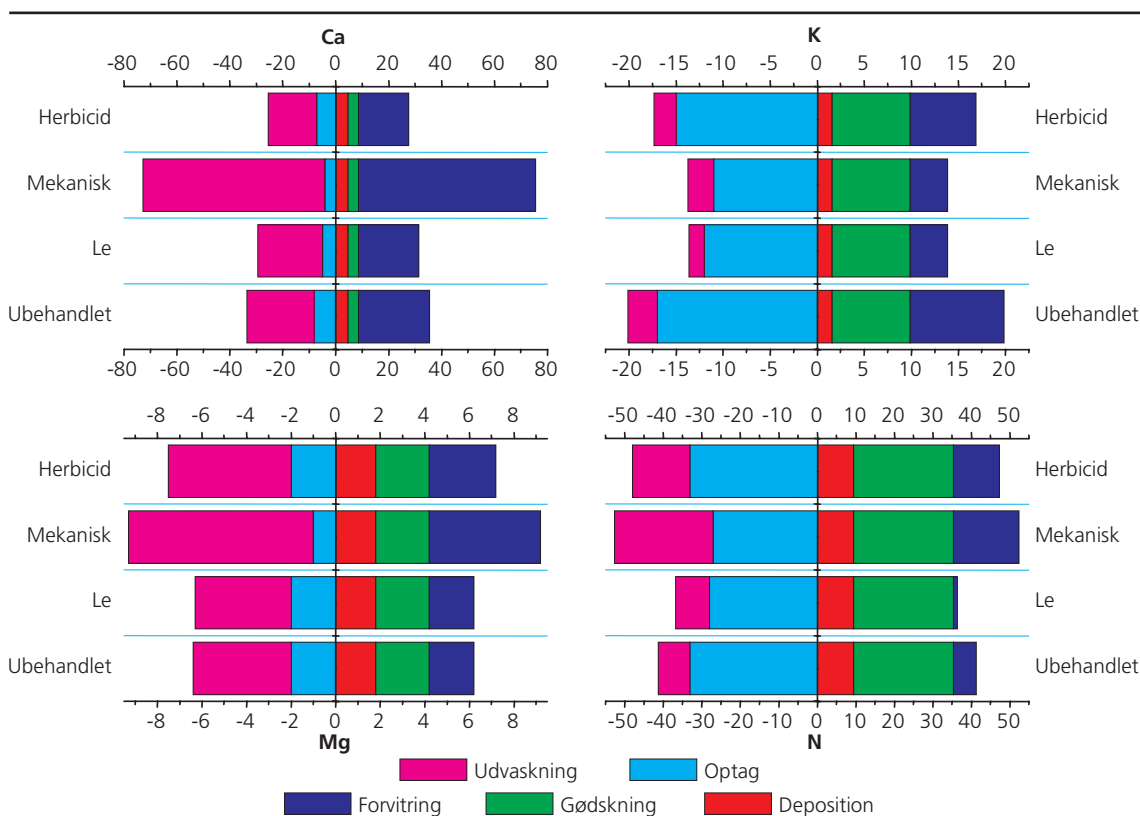
## **Konklusion: Ukrudtsbekæmpelse og næringsstoffkredsløb**

De testede ukrudtsbekæmpelsesmetoder påvirker i høj grad næringsstofferne kredsløb. Undersøgelsen viser klart, at flere af de interne stofstrømme påvirkes markant. I forhold til den ubehandlede kontrolbehandling, så mindsker sprøjtning med herbicider, men især mekanisk renholdelse ukrudtets næringsstoffoptagelse drastisk gennem bekæmpelsen. På grund af træstørrelsens uensartethed og skæve fordeling på forsøgsarealet siger undersøgelsen derimod ikke noget om, hvorledes juletræernes næringsstoffoptag påvirkes, - et forhold der naturligvis også er mærket af undersøgelsens korte varighed.

Flere af de »eksterne« stofstrømme påvirkes også. Mest tydeligt påvirkes udvaskningen (figur 14) og navnlig for næringsstofferne N, Ca og Mg, hvor N i form af anionen  $\text{NO}_3\text{-N}$  udvaskes sammen kationerne Ca, Mg og Al.

Der hersker ikke tvivl om, at den mekaniske renholdelse har givet langt den største udvaskning af alle behandlingstyper. I sammenligning med andre arealanvendelser, hvor træer, bevoksninger og skove indgår, har udvaskningen af N generelt været beskednen i de forskellige behandlinger. Således opfylder den gennemsnitlige koncentration af N i alle behandlinger kravet drikkevand.

Udvaskningen af N i den mekanisk renholdelse er i løbet af forsøgsperioden faldet til næsten ingenting. Formodentlig har fræsningen ført til en delvis udtømmning af jordens letomsættelige reserver gennem en stærkt forøget mineralisering af det akkumulerede organiske materiale i overjorden. For Ca og Mg overstiger udvaskningen langt tilførslen med gødskning og deposition, hvilket kun kan forklares ved en stærkt forøget forvitring af jordens mineraler/mineralisering af organisk stof. Udvaskningen af Ca og Mg er klart størst ved mekanisk renholdelse. Sprøjtning med herbicider forøger også udvaskningen, men noget mere begrænset. I stofkredsløbssammenhæng fungerer le-behandlingen, som den ubehandlede kontrolbehandling idet begge er karakteriseret ved en begrænset udvaskning. Træernes optagelse af K er stor i forhold til de øvrige stofstrømme (figur 14). Dette skyldes et stort forbrug og en stor udvaskning fra nålene. Hvad angår P er udvaskningen meget lille (<0,2 kg/ha pr. år) både sammenlignet med de øvrige makronæringsstoffer og med størrelsen af de andre stofstrømme i P-kredsløbet.



Figur 14. Stofbalance (gennemsnit for 1998-2001) for Ca, K, Mg og N (kg/ha/år) i de forskellige behandlinger. Forvitringen er beregnet under forudsætning af ligevægt mellem input og output til økosystemet. Tilførslerne er angivet positivt, mens tabene er angivet negativt.

Når virkningen af ukrudtsbehandlinger sammenlignes ud fra deres effekt på dyrkningsgrundlag, herunder påvirkning af jordens stofpuljer, næringsstoftilgængelighed og udvaskning (mulige påvirkning af grundvand) er der flere forhold der peger på, at den mekaniske renholdelse i forsøget ikke repræsenterer en i stofflig sammenhæng bæredygtig produktionsform. Hvad angår stofkredsløb, er den forholdsvis ekstensive herbicidsprøjtning mere skånsom overfor uønskede effekter på dyrkningsgrundlag og grundvand. Samtidig fører den øjensynligt ikke til nedvaskning af hverken glyphosat eller AMPA. I miljømæssig sammenhæng virker slåning med le dog mest skånsom.

# Flora

Floraundersøgelsernes formål var at dokumentere, om behandlingerne har ført til floristiske ændringer, men også at vurdere om ændringerne må anses for positive eller negative for naturen. Dette sidste spørgsmål involverer et værdiladet skøn. De værdier der ligger til grund er:

- At plantearter tilhørende sjældnere naturlige eller halv-kultur habitattyper er vigtigere end planter tilhørende vidt udbredte dyrkede habitater.
- At plantesamfund karakteriseret ved lav kvælstoftilgængelighed er væsentligere end plantesamfund karakteriseret ved høj.
- At en høj artsdiversitet er bedre end en lav, men at de ovenstående punkter er vigtigere.

At et givet område har en høj artsdiversitet, er ikke alene et udtryk for, at området er særlig værdifuldt. En høj diversitet af plantearter i en brakmark gør f.eks. ikke, at den har større betydning for floraen end juletræsarealerne på Kirke Hvalsø, hvor diversiteten er lavere, men vegetationstypen er langt mindre almindelig. Vigtigere end diversiteten på stedet er det bidrag, området giver til den regionale diversitet. Et bud på det kan fås ved at undersøge, hvorvidt behandlingerne får floraen til at ændre sig fra den almindelige og uspecialiserede flora, man kan finde overalt i Danmark, til den mere sjældne og specialiserede. På juletræsarealerne kunne man i ukrudtsbehandlingerne umiddelbart forvente en udvikling hen mod en agerjordsflora.

## Floristisk beskrivelse

Buderupholm er en nyplantning efter stødrydning af gammelt juletræsareal. Vegetationen er i år 2000 domineret af mosebunke, fløjlsgræs og gederams med en del af mosset kløvet horntand i bunden. Der er en voldsom opvækst af birk. I år 2000 dækkede små birke over halvdelen af arealet. De var hyppigst tæt på hegnet, hvor fra mange store birke har spredt deres frø. Der var flere almindelige overdrevarsarter som plettet kongepen, lyngsnerre, harestar og blåmunke, samt arten dværgperikon, som er tilknyttet sandede overdrev, men ikke agermarker. Arten optræder hist og her i Østjylland og på Øerne, og er sjælden i det øvrige Jylland. Forekomsten på juletræsarealer kan derfor have betydning for udbredelsen af denne art.

Forsøgsarealet på Kronborg er domineret af bølget bunke, hindbær og lyse-siv med pille-star og gederams som hyppig indblanding. Af vedplanter forekom birk og den sjældne sort pil.

På Kirke Hvalsø er vegetationen domineret af bølget bunke. Skovarter som skovstjerne, majblomst og storblomstret fladstjerne var hyppige og blandede sig med arter fra skovrydninger (gederams, hindbær og korbær) samt

overdrevsarter som f.eks. hedelyng. Uden juletræsarealerne ville en art som hedelyng givet være lagt mindre hyppig i Hvalsø Kommune.

Jægerspris er først og fremmest domineret af gederams og flere dueurarter. Fløjlsgræs og lysesiv er hyppige sammen med brombær, stor nælde, rødknæ og bjerg-rørhvene. Af sjældnere arter findes skov-byg på arealet udenfor selve parcellerne.

Eksemplerne viser, at juletræsarealer i skoven kan have stor betydning for floraen regionalt ved at give rum for flerårige plantearter tilknyttet lysåbne og forholdsvis næringsfattige lokaliteter.

I Buderupholm kom en del agerukrudtsarter ind i 1999 efter stødrydning og fræsning. Det er arter som vej-pileurt, snerle-pileurt og alm. spergel. I 2000 fandtes den type arter kun ved den mekaniske behandling, med bl.a. fersken-pileurt, enårig rapgræs og alm. spergel. På Kronborg var det typiske agerukrudt begrænset til mark-forglemmigej og mælkebøtte, som begge optrådte i den mekaniske behandling og herbicidbehandling. På Kirke Hvalsø var den eneste agerukrudtsart ru svinemælk, som blev fundet i herbicidbehandlingen. På Jægerspris optrådte der flest agerukrudtsarter. Det drejede sig om hvidmelet gåsefod, kanadisk bakkestjerne, kirtel-kortstråle, blød storkenæb, glat vejbred, sort natskygge, ager-svinemælk, ru svinemælk, mælkebøtte, agerstedmoderblomst, enårig rapgræs og ager-tidsel. Arterne blev fundet i alle behandlinger, som følge af, at lokaliteten var en rydning efter rødgran, hvor der fra starten har været gode koloniseringsforhold. I år 2000 var der dog en overhyppighed af ovennævnte arter i den mekaniske behandling.

Der er en tydelig tendens til at arealer, der ligger tættest på agerlandet (Buderupholm og Jægerspris) lettere koloniseres af agerukrudt end de arealer, der ligger længere inde i skoven (Kronborg og især Kirke Hvalsø).

## Habitattilknytning

Lokaliteternes floristiske tilknytning til skov er vist i tabel 20 sammen med andre udvalgte lokalitetstyper. Til sammenligning er vist to skovrejsningssområder på agerjord (Nørager og Tapsøre), som er karakteriseret ved lave skovindeks fordi der her kun er få plantearter, som vil kunne indgå i den senere skov. Endvidere er skovindekset fra gammel skov vist (Riis-Nielsen & Bille-Hansen, Upubl.).

*Tabel 20. Skovindeks (0 - 3) på de intensivt og ekstensivt undersøgte lokaliteter i 1999.*

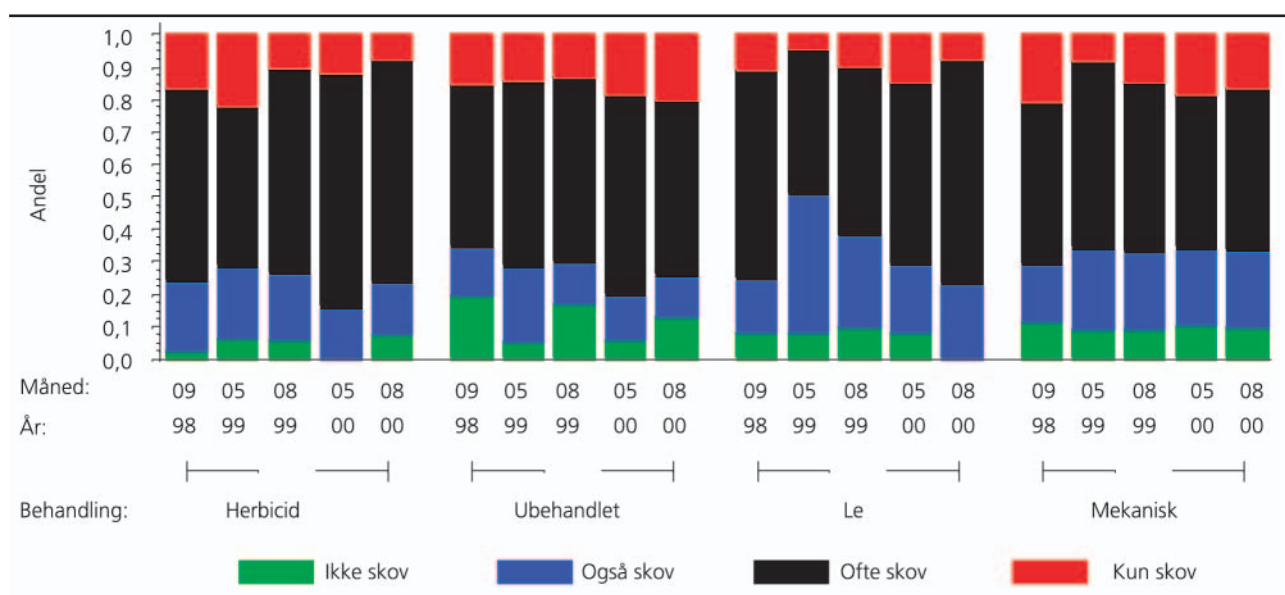
Lokalitet	Træart	Lokalitetstype	Skovindeks
Buderupholm	Nordmannsgran	Juletræskultur på skovjord	0,90
Horsørød	Nordmannsgran	Juletræskultur på skovjord	1,30
Kirke Hvalsø	Nordmannsgran	Juletræskultur på skovjord	1,80
Jægerspris	Nordmannsgran	Juletræskultur på skovjord	1,00
Nørager	Eg/lind/bøg	Skovrejsning	0,25
Tapsøre	Bøg	Skovrejsning	0,20
Gammel skov	Bøg	Gns. for gammel skov	2,50

Vegetationen i juletræskulturerne udviser en langt større skovtilknytning end vegetationen i skovrejsningsområder. Kirke Hvalsø, som er tredje generation nordmannsgranjuletræer efter nål, indeholder næsten kun planter med en vis skovtilknytning.

På Kirke Hvalsø har der ikke været sikre effekter af behandlingerne på floraens skovtilknytning endnu (figur 15). På sigt forventes den mekaniske behandling og herbicidbehandlingen dog at favorisere plantearter med ringere skovtilknytning. På de andre lokaliteter er der heller ingen sikker nedsættelse af skovindekset, som følge af behandlingerne, men på Buderupholm og Jægerspris er der en tendens til en mindre skovtilknytning ved den mekaniske behandling.

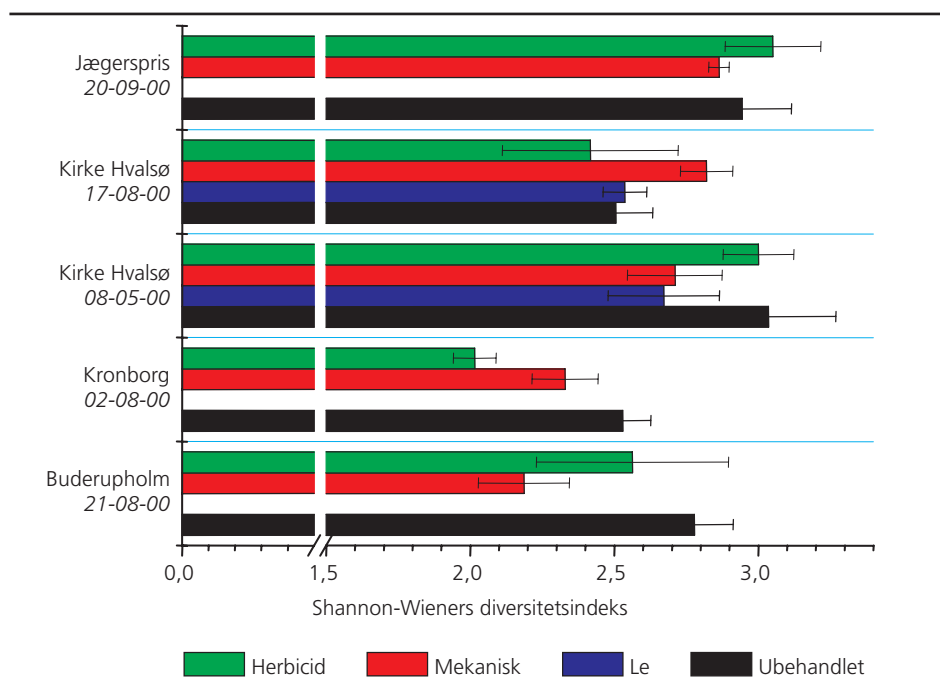
## Floristisk diversitet

På de fire juletræslokaliteter afhænger diversiteten tilsyneladende kun i mindre grad af ukrudtsbehandlingerne (figur 16). Måske er hovedårsagen, at der i forsøgene har været anvendt en »mild« herbicidbehandlingsstrategi. Den effektive mekaniske rilleharvning på Buderupholm synes dog at nedsætte diversiteten markant. Noget af forklaringen er nok, at før forsøget blev iværksat har der været efterårsbehandlet med glyphosat og været foretaget en intensiv stødrydning. Derfor har der kunnet gennemføres en meget effektiv rensning. På Kronborg gav både herbicidbehandling og mekanisk rensning en nedsat diversitet. På Kirke Hvalsø og Jægerspris har der ikke været nogen klar udvikling, som følge af behandlingerne.



Figur 15. Fordelingen af planternes skovtilknytning på nordmannsgranlokaliteten Kirke Hvalsø grupperet efter behandlingerne. Data fra d. 1/9-1998 viser fordelingen før første ukrudtsbehandling af arealet.

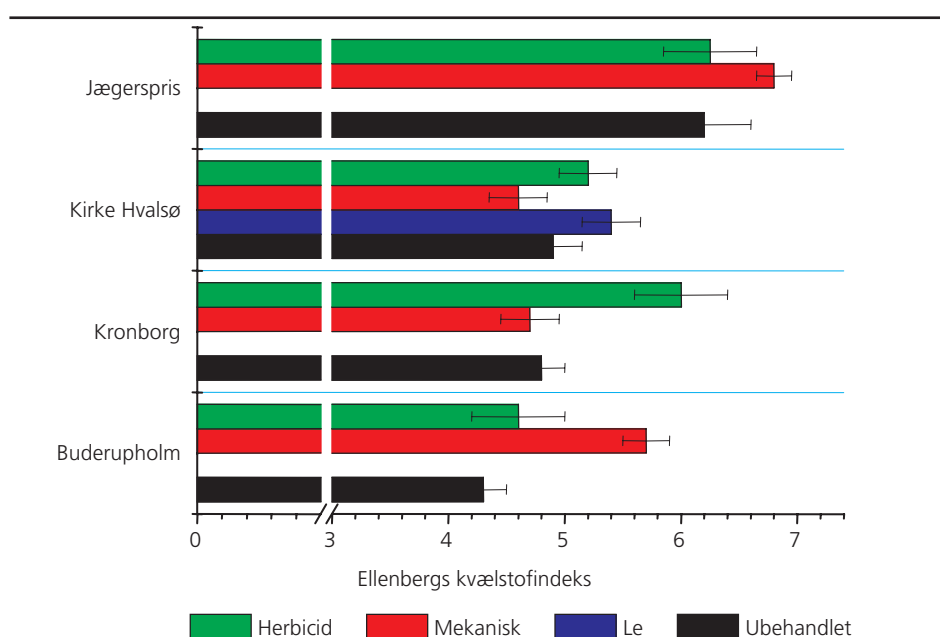




Figur 16. Udviklingen af diversiteten af vegetationen på lokaliteterne fordelt efter behandling.

## Kvælstoftilpasning

Bedømt ud fra de gennemsnitlige N-indeksværdier (figur 17) så udviser floraen på lokaliteterne Kirke Hvalsø, Buderupholm og Kronborg med gennemsnit fra 4,4 til 5,2 i ubehandlede kontrolbehandlinger en tilpasning til middel N-tilgængelighed. Jægerspris afviger ved at have en naturlig næringsrigere jord, som giver N-indeks fra 6 - 6,5 i de ubehandlede kontrolbehandlinger.



Figur 17. Kvælstofindikaterværdier efter Ellenberg m.fl. (1992) beregnet ud fra floraundersøgelserne i 2000, fordelt efter lokalitet og behandling.

På alle lokaliteter er Ellenbergs kvælstofindeks lavest i de ubehandlede kontrolbehandlinger. Den eneste undtagelse er Kirke Hvalsø, år 2000, hvor kvælstofindekset ved den mekaniske behandling er ubetydeligt lavere. På Kronborg har herbicidbehandlingen givet de højeste kvælstofindikatorværdier, mens det på Buderupholm og Jægerspris er den mekaniske behandling og på Kirke Hvalsø slåningen med le, selvom der i det sidste tilfælde ikke er tale om en statistisk sikker forskel.

På baggrund af ukrudtsbehandlingernes effekt på kvælstofkoncentrationer i nedsivningsvandet kunne der også på Kirke Hvalsø forventes en forskydning af floraen i retning af mere kvælstofkrævende plantearter ved herbicidsprøjtning og mekanisk behandling. Effekterne har imidlertid været forholdsvis små på denne lokalitet og for den mekaniske behandlings vedkommende også udvisket af den stadigt forringede N-tilgængelighed. Desuden skal de små effekter på denne lokalitet også ses i lyset af et markant faldende gødningsniveau forsøgsperioden igennem.

Det mest interessante spørgsmål er imidlertid, om floraen ændrer sig på længere sigt. Hvis næringstofresponset er en kortvarig effekt, som målingerne af jordvandet tyder på, vil eutrofieringseffekten på floraen måske også blive kortvarig. Derfor kræver det flere og mere langvarige forsøg for at få sikker viden om udviklingen og mekanismerne bag florausviklingen.

## Andre økologiske tilpasninger

Ukrudtsfloraen er også vurderet ud fra en række andre økologiske tilpasninger. Generelt er der tale om en tilpasning til ret højt lysniveau. Stresstolerante og konkurrencesterke arter dominerer, mens der kun er få planter med ruderatstrategi - den strategi, der er typisk agerlandets planter og som karakteriseres af planter, der er mindre afhængige af udløbere, de har lidt mere kontinentalt tilhørsforhold, og de er tilpasset mere tørre forhold og mere kvælstofrig jord.

De mekaniske behandlinger påvirker alle plantearterne voldsomt, men favoriserer i særlig grad arter med ruderatstrategi. Der kommer tydeligt flere enårige planter uden særlig tilpasninger til frøspredning (figur 18). Det er planter, som har en lille frøbank (figur 19). Især forsøgene i Buderupholm og Kronborg understreger dette billede.

Påvirkningen fra herbicidbehandlingen ligner den mekaniske behandling, men øger mængden af planter med konkurrencestrategi (typisk rodukruddt) snarere end planter med ruderatstrategi idet rodukruddt, som ikke er aktivt på sprøjte-tidspunktet skånes. De planter, der skånes kan måske blive ramt ved næste sprøjtning. På længere sigt kan der ske en forarmning af artsindholdet. Herbicidsprøjtningerne har haft størst effekt på Kronborg og Kirke Hvalsø. Her er der i begge tilfælde tale om en vegetation, der i starten har været domineret af bølget bunke. Herbicidbehandlingen har medført, at den eksisterende vegetation, der har været undertrykt af konkurrencen om vand og næringsstof fra bølget bunke har bredt sig. Det har på Kirke Hvalsø givet en yppig vegetation af ørnebregner og gederams sammen med majblomst og skovstjerne.

Le-behandlingen på Kirke Hvalsø har reduceret mængden af planter med uspecificeret frøspredning og en lille frøbank og øget mængden af myrespredte planter.

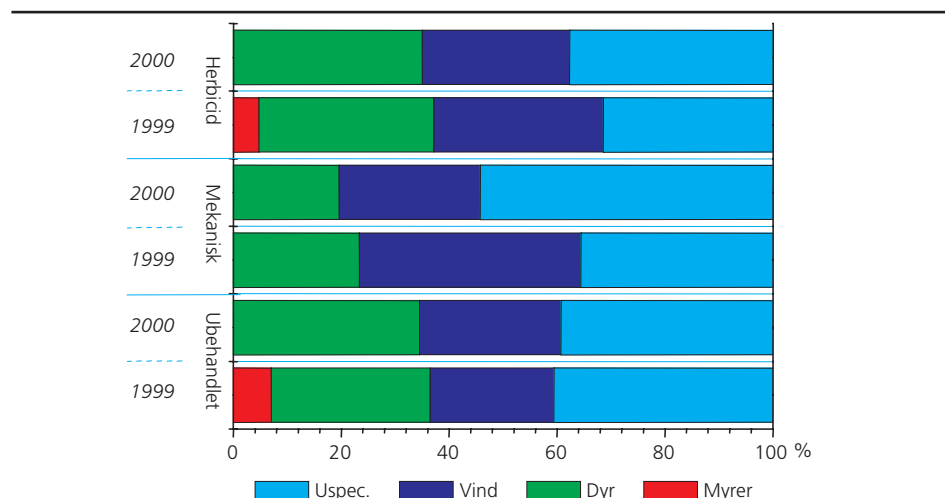


Fig 18. Planternes spredningstyper på forsøgslokaliteten på Buderupholm. Den mekaniske behandling afviger fra kontrol og herbicidbehandling.

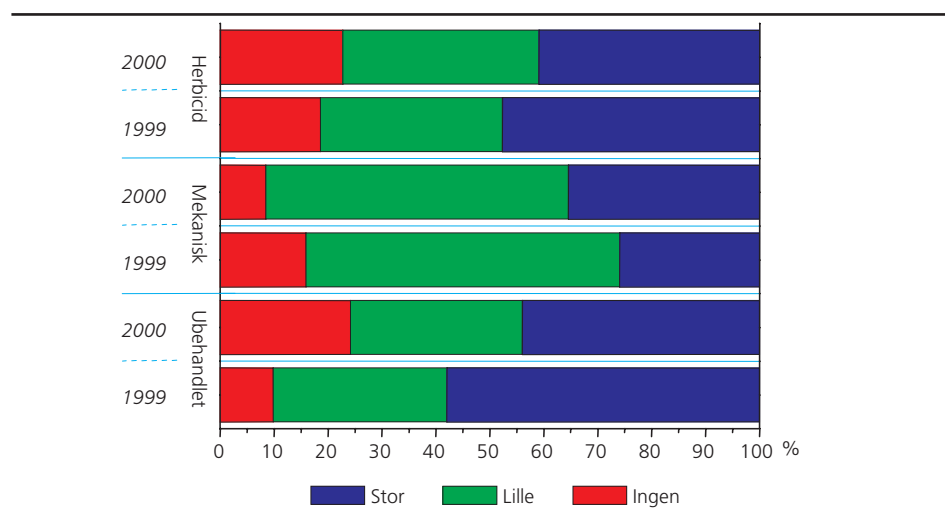


Fig 19. Planternes frøbanktyper på forsøgslokaliteten på Buderupholm. Den mekaniske behandling afviger fra kontrol og herbicidbehandling.

## Konklusion: Floraeffekter

Den tydeligste effekt er en stigning i vegetationens kvælstofindikatorværdier ved mekanisk behandling og herbicidsprøjtning. Som ventet gik udviklingen mod planter med strategier tilpasset forstyrrelser, men denne udvikling har, specielt på arealer langt inde i skoven, været mindre end man kunne vente. Mere præcise konklusioner kan kun opnås gennem undersøgelser i en længere årrække, helst på flere lokaliteter.

Le-behandlingen synes at favorisere de planter, der er tilknyttet overdrev. Le-behandlingen kan derfor være et tiltag, der øger naturværdierne og juletræs-områdets funktion som permanent skovlysning.

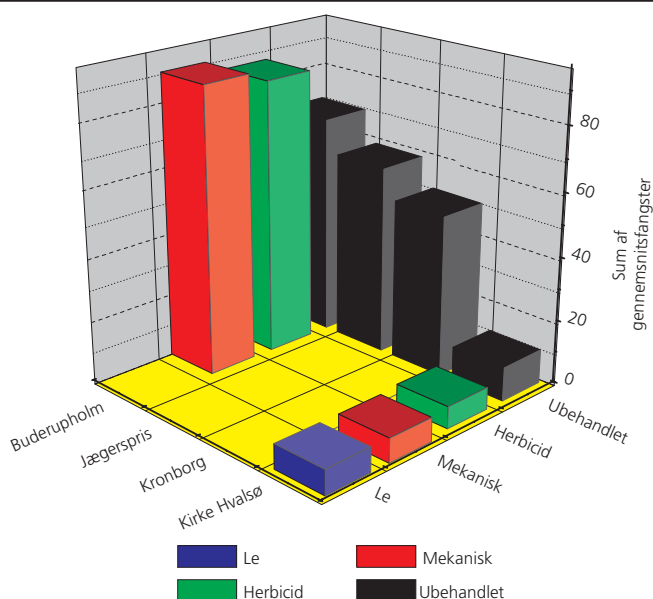
# Fauna

Faunaundersøgelsernes formål var at vise om behandlingerne førte til faunistiske ændringer. I lighed med floraundersøgelserne foregår faunaundersøgelserne også på flere lokaliteter. På den intensivt undersøgte Kirke Hvalsø-lokalitet indgår faunaregistreringer fra 1999 og 2000, mens de ekstensivt undersøgte lokaliteter supplerer med registreringer fra 1999 på lokaliteter af anden type og forhistorie. I faunaundersøgelserne belyses forekomsten af udvalgte dyregrupper: Løbebiller og jordlevende mikroledyr (springhaler og mider).

## Løbebiller

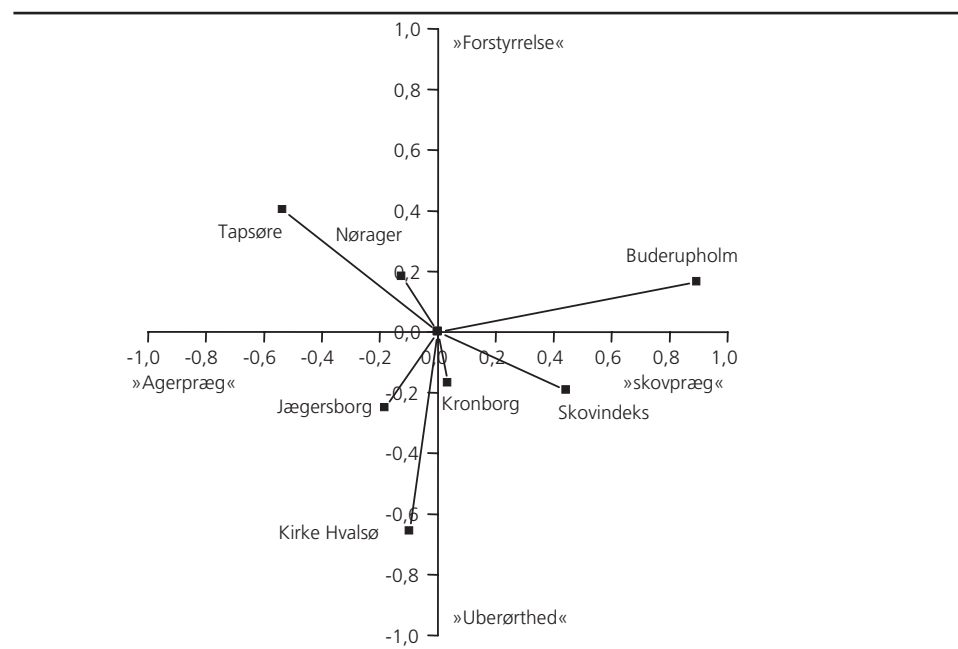
Der blev fundet i alt 4.220 individer af insekter i faldfælderne. Familien løbebiller (Coleoptera: Carabidae) udvalgte til nærmere analyse. Billefaunaen er en velegnet gruppe til sammen med planterne at beskrive naturkvaliteten i form af kontinuitet og habitatkvalitet, da den både udviser stor specialisering og navnlig et hurtigt respons. Billefaunaen udgjorde 2.529 individer, som fordelte sig på ca. 30 arter af løbebiller.

I de fleste tilfælde findes den højeste fangst af løbe- og rovbiller (figur 20) ved mekanisk ukrudtsbekæmpelse og de ubehandlede kontrolparceller. Fangst i faldfælder giver et udtryk for kombinationen af insekternes tæthed og aktivitet. Der er en omvendt sammenhæng mellem tætheden af plantedækket og fangsten af biller. Dette illustreres særligt tydeligt ved de meget lave fangster på Kirke Hvalsø. Her er vegetationsdækket (bølget bunke) meget tæt, og det er derfor vanskeligt for billefaunaen at færdes på jordoverfladen.



Figur 20. Summen af gennemsnitsfangsterne for løbe- og rovbiller i faldfælderne på de fire forsøgslokaliteter. I Jægerspris og Kronborg er kun den ubehandlede situation undersøgt. Behandlingen med le findes kun på Kirke Hvalsø.

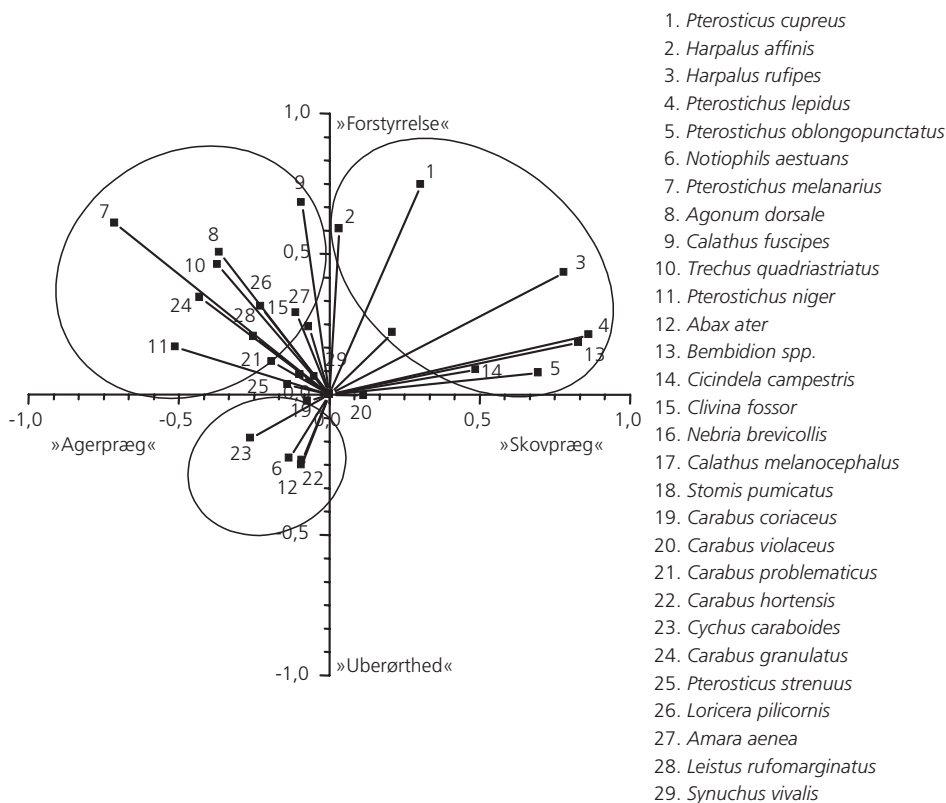
Resultaterne viser en markant fordeling af billearternes forekomst i relation til lokalitet og ukrudtsbehandlingsmetode. For at give et overblik over arts-data er der udført såkaldte PCA-analyser (Principal Component Analysis). Disse analyser er multi-dimensionelle statistiske analyse, som her bygger på at visse billearter optræder sammen. Denne sammenhæng benyttes til at lave koordinatsystemer, hvor akserne (ordinationsakser) viser de vigtigste sammenhænge i arternes forekomst. På figur 21 er vist resultatet af en sådan analyse for løbebillefangsterne i faldfælder i 1999. Lokaliteterne fordeler sig nærmest i en trekant-struktur med Tapsøre, Buderupholm og Kirke Hvalsø i hvert sit hjørne. Skovindekset placerer sig i modsat retning af marklokaliteterne Nørager og Tapsøre. Disse to vigtigste ordinationsakser forklarer 56,4 % af den samlede variation. Inddragelse af yderligere komponenter (akser) øger kun forklaringen marginalt. Ved en tolkning af akserne svarer Y-aksen nogenlunde til »graden af forstyrrelse« for lokaliteten og X-aksen til »Agerpræg/skovpræg«.



Figur 21. PCA-diagram over løbebillefangster i faldfælder 1999. Kirke Hvalsø sammenlignet med fem andre lokaliteter. De typiske skovlokaliteter samt Skovindekset placerer sig i modsat retning af de to marklokaliteter Nørager og Tapsøre (skovrejsning).

»Skovpræget« kontra »agerlandspræget« er udtalt i PCA-diagrammet over løbebillefangster for Kirke Hvalsø-lokaliteten sammenlignet med andre lokaliteter (figur 21). På trods af markante forskelle i jordbund ligger skovrejsnings-lokaliteterne tæt. I modsætning hertil er der en stor indbyrdes variation mellem de enkelte skovlokaliteter med juletræsdyrkning. Variationen formodes både at være betinget af en mere specialiseret vegetation, forskelle i tidligere dyrkningshistorie og afstand til markarealer.

På figur 22 er de væsentligste løbebillearter, der udgør baggrunden for lokaliteternes placering i diagrammet figur 21, placeret i et lignende PCA-diagram. Det fremgår, at arter med et højt skovindeks trækkes direkte modsat de to skovrejsningsarealer på landbrugsjord - Tapsøre og Nørager. Arternes placering i diagrammet i figur 22 fordeler sig i tre artsgrupper (»diagramskyer«), som yderligere er beskrevet i tabel 21.



Figur 22. Løbebillefangster i faldfælder 1999. Vektorer for placering af de enkelte arter i forhold til PCA-ordinationsakserne.

Gruppe 1 er en gruppe, der er sammensat af skovspecialisterne *Pterostichus lepidus* og *P. oblongopunctatus* samt *Abax parallelepipedus*, som næsten udelukkende forekommer på Buderupholm. Hertil kommer nogle arter, som er meget almindelige på både Buderupholm og på begge skovrejsningslokaliteter. Dette gælder f.eks. *Harpalus affinis* og *Nebria brevicollis*.

Gruppe 2 består af arter, der hovedsageligt eller udelukkende findes på de tre øvrige skovlokaliteter: Kirke Hvalsø, Kronborg og Jægerspris. Disse arter findes kun i ringe antal. Det mest karakteristiske for de tre lokaliteter, der karakteriseres af disse arter, er snarere fraværet eller et meget ringe antal i prøverne af de arter, der forekommer på skovrejsningslokaliteterne og på Buderupholm. *Carabus hortensis* og *Cychus caraboides* er vigtige skovindikatorarter. *Notiophilus aestuans* er interessant, fordi det er en opmærksomhedskrævende gul-listeart tilknyttet åbne overdrev og agerland. Den trues af tilgroning og driftændringer. Det kan være en art, hvor eksistensen af juletræsarealer har betydning.

Gruppe 3 består af arter, der enten udelukkende eller langt overvejende findes på de to skovrejsningslokaliteter, altså typiske agerlandsarter: *Pterostichus melanarius*, *Agonum dorsale*, *Trechus quadriastratus* og *Calathus fuscipes*.

På trods af de metodemæssige svagheder ved fangstmetoden viser arternes fordeling tydelige forskelle i forekomst, der illustrerer lokaliteternes »skovpræg« henholdsvis »agerpræg«.

Tabel 21. Oversigt over PCA-diagrammets vigtigste løbebillearter juni 1999.

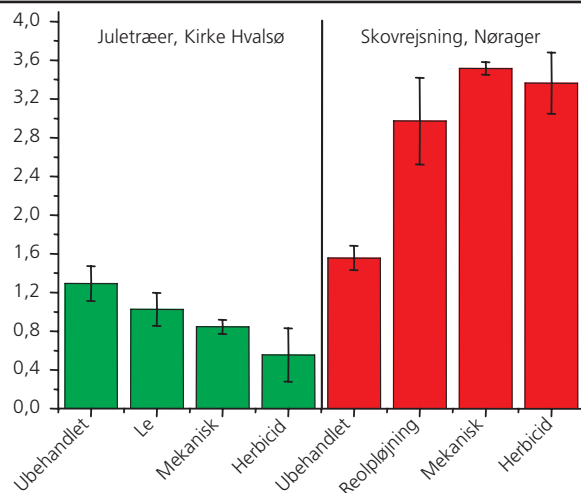
»Diagramsky«, figur22	Billeart	Skovindeks	Hypighed
1	<i>Pterosticus cupreus</i>	1	Almindelig
	<i>Harpalus affinis</i>	0	Almindelig
	<i>Harpalus rufipes</i>	1	Almindelig
	<i>Pterostichus lepidus</i>	3	
	<i>Pterostichus oblongopunctatus</i>	3	
2	<i>Abax parallelepipedus</i>	3	
	<i>Notiophils aestuans</i>	0	Meget almindelig
3	<i>Pterostichus melanarius</i>	0	Meget almindelig
	<i>Agonum dorsale</i>	1	Meget almindelig
	<i>Calathus fuscipes</i>	0	Meget almindelig
	<i>Trechus quadriastratus</i>	0	Meget almindelig
	<i>Pterostichus niger</i>	2	Almindelig

Generelt er der registreret en ringere artsdiversitet for biller (målt som Shannon-Wiener diversitetsindeks) på skovlokaliteten Kirke Hvalsø end på skovrejsningslokaliteten Nørager (figur 23), en forskel der dog ikke er statistisk sikker for den ubehandlede kontrolbehandling. Af figur 23 fremgår også, at på juletræslokaliteten Kirke Hvalsø på skovjord reagerer billearterne negativt på forstyrrelser, og at indgreb kan medføre en reduceret diversitet. De arter, der typisk har været til stede i agerlandet inden skovrejsningen på Nørager, er arter, som er tilpasset hyppige forstyrrelser, og som forekommer almindeligt i landbrugsdrift. På skovrejsningsarealet på Nørager medfører indgreb derfor en øget billediversitet.

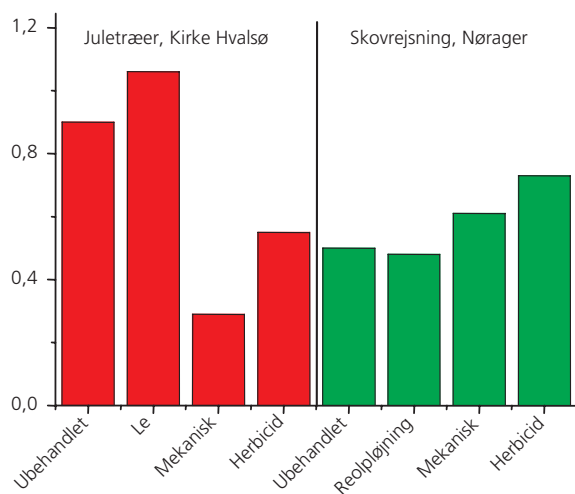
Kvalitet er imidlertid ikke kun et spørgsmål om antallet af arter og højt diversitetsindeks, men også om kvaliteten af de arter, der forekommer. Det ses, at kvaliteten målt som sjældenhedsindeks ligger højest på skovlokaliteten (figur 24). Dette hænger i høj grad sammen med, at skov med lang kontinuitet er en sjælden lokalitetstype i Danmark, og at arter, der er tilknyttet gammel skov, derfor angives, som sjældne. Bemærk i øvrigt, at en handling som slåning med le tilsyneladende fremmer forholdene for nogle af »kvalitetsarterne«, mens dette ikke er tilfældet for herbicidbehandlingen og den mekaniske ukrudtsbehandling. På skovrejsningslokaliteten virker alle indgreb derimod fremmede, eller påvirker ikke sjældenhedsindekset for biller.



Foto 4. Faldfælder til indfangning af billefauna i efteråret 1999 på Tapsøre. Foto: Hans Peter Ravn.



Figur 23. Shannon-Wiener diversitetsindeks, for faldfældefangster af biller på Kirke Hvalsø sammenlignet med skovrejsningslokaliteten Nørager.



Figur 24. Sjældenhedsindeks for faldfældefangster af biller på Kirke Hvalsø og Nørager 2000.

## Jordlevende mikrolededyr

Fra prøverne udtaget i år 2000 blev der i alt optalt 4.792 individer på de to intensivt undersøgte lokaliteter, heraf 3.481 på Kirke Hvalsø. Mikrolededyrene fordelte sig på 26 grupper eller arter af mikrolededyr (tabel 22).

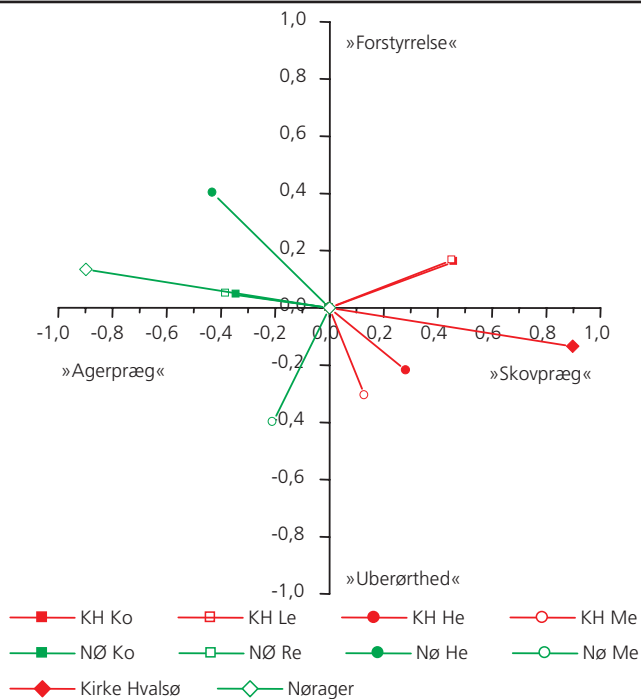
I PCA-diagrammet i figur 25 ses relationerne mellem behandlingerne og lokaliteterne. Resultaterne falder ud i to næsten adskilte grupper - én for hver lokalitet, hvilket giver en klar korrelation mellem lokaliteter og den vigtigste ordinationsakse (x-aksen). X-aksen beskriver således generelt set lokalitetsforskellen. I figur 26 peges samtlige arters vektorer i y-aksens retning. Det billede fremkommer, fordi forekomst af mange individer af en art også generelt betyder mange individer af andre arter. Y-aksen beskriver derfor den generelle hyppighed af mikrolededyr i prøverne.



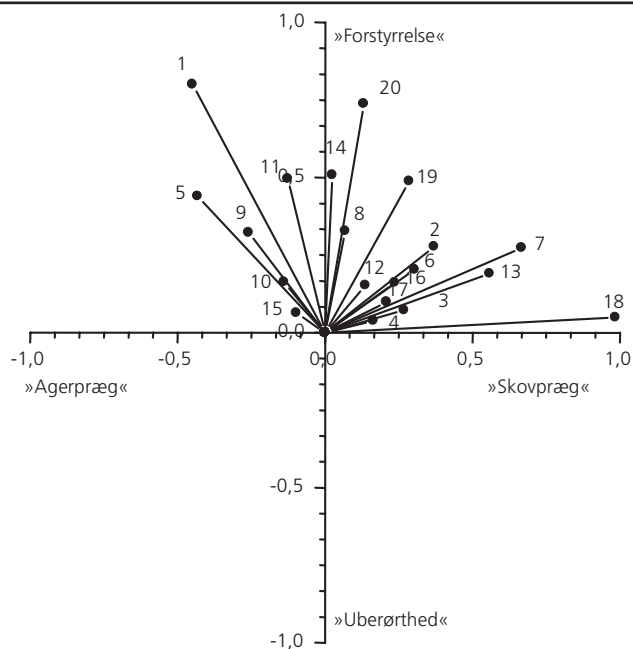
Det fremgår også af figur 25, at mekanisk renholdelse skiller sig ud som negativ i forhold til alle andre behandlinger og i forhold til mikroleddyrenes forekomst i det hele taget. I figur 26 er vist de arter og grupper, som har størst betydning i PCA-analysen. De to, der findes længst til højre i diagrammet - springhalearten *Lepidocyrtus lannuginosus* og pansermide-gruppen, *Cryptostigmata* er typiske skovdyr. Det er også karakteristisk, at de store arter af mikroleddy - f.eks. springhale-arten *Isotoma angelicana* er de, der er i størst modsætning til den mekaniske jordbehandling. De større arter er simpelthen mest udsat ved mekanisk jordbearbejdning (Paul Henning Krogh, pers medd.).

Tabel 22. Oversigt over identificerede systematiske grupper og arter ved uddrivning af jordprøver fra oktober 2000.

Collembola	orden	Springhaler
<b>Isotomidae</b>	<b>familie</b>	
<i>Isotoma angelicana</i>	art	Ensledspringhaler
<i>Isotoma notabilis</i>	art	
<i>Isotomiella minor</i>	art	
<b>Poduridae</b>	<b>familie</b>	<b>Vandspringhaler</b>
<i>Micranurida pygmaea</i>	art	
<i>Ceratophysella denticulata</i>	art	
<i>Willemia sp.</i>	art	
<b>Onychiuridae</b>	<b>familie</b>	<b>Porespringhaler</b>
<i>Onychiurinae</i>	art	
<i>Mesaphorura macrochaeta</i>	art	
<b>Sminthuridae</b>	<b>familie</b>	<b>Kuglespringhaler</b>
<i>Sminthurinus elegans</i>	art	
<i>Sminthurus viridis</i>	art	
<i>Sminsp</i>	art	
<i>Neelus minimus</i>	art	
<b>Entomobryidae</b>	<b>familie</b>	<b>Børstespringhaler</b>
<i>Lepidocyrtus lanuginosus</i>	art	
<i>Entomobrya nivalis</i>	art	
<i>Pseudosinella alba</i>	art	
<i>Orchesella cincta</i>	art	
<b>Acari</b>	<b>klasse</b>	<b>Mider</b>
<b>Astigmata</b>	<b>orden</b>	<b>Fedtmider</b>
<b>Cryptostigmata</b>	<b>orden</b>	<b>Pansermider</b>
<b>Gamasida</b>	<b>orden</b>	<b>Rovmider</b>
<b>Prostigmata</b>	<b>orden</b>	<b>Fløjlsmidder</b>



Figur 25. Jordlevende mikrolededyr oktober 2000. PCA-diagram for sammenhæng mellem de to vigtigste PCA-ordinationsakser og hhv. lokaliteter og behandlinger indenfor hver lokalitet. NO=Nørager, Hv=Kirke Hvalsø, PE=pesticid, KO=ubehandlet, RE=reolpløjning, ME=mekanisk, LE=slåning med le. PCA-analysen adskiller klart de to lokaliteter.



1. *Isotoma anglicana*
2. *Isotoma notabilis*
3. *Isotoma minor*
4. *Micranurida pygmaea*
5. *Ceratophysella denticulata*
6. *Willemia* sp.
7. *Onychiurinae*
8. *Mesaphorura macrochaeta*
9. *Smithurinus elegans*
10. *Smithurinus viridis*
11. *Smithurinus* sp.
12. *Neelus minimus*
13. *Lepidocyrtus lanuginosus*
14. *Entomobrya nivalis*
15. *Pseudosinella alba*
16. *Orchesella cincta*
17. *Astigmata*
18. *Cryptostigmata*
19. *Gammasida*
20. *Prostigmata*

Figur 26. Jordlevende mikrolededyr oktober 2000. PCA-diagram med angivelse af hver art/systematisk gruppe og de to vigtigste PCA-ordinationsakser. Der er ingen arter/grupper placeret under x-aksen. Dette indikerer, at ingen jordlevende mikrolededyr fremmes af mekanisk jordbehandling. Skovarterne ligger til højre for Y-aksen. Agerlandsarterne til venstre.

## Skadedyr

Forekomsten af skadedyr har været meget ringe på alle lokaliteterne. Stor nåletræsnudebille, *Hylobius abietis* forekom slet ikke. Dette skyldes, at der enten har været foretaget stødrydning eller -fræsning på arealerne, eller at der udelukkende tidligere har været dyrket juletræer på arealerne. Der har derfor i alle tilfælde været stor afstand til de nåletræstød, som udgør denne arts ynglemateriale.

## Konklusion: Fauna

Faunaundersøgelserne har givet et væsentligt bidrag til at forstå udviklingen i biologisk mangfoldighed, som et resultat af de enkelte ukrudtsbehandlinger. Der er ingen tvivl om, at den mekaniske ukrudtsbekæmpelse virker stærkt negativ på jordlevende mikroledyr. Yderligere er der en klar tendens til, at herbicidsprøjtning og mekanisk jordbearbejdning har en negativ virkning på faunaen på gammel skovjord og en positiv, diversitetsfremmende virkning på billefaunaen på de sammenlignede skovrejsningsarealer. Resultaterne belyser, at kontinuitet i stabile økosystemer uden drastiske ændringer er af stor betydning for billefaunaen, men også at sammensætningen af insektsamfundet kan skifte langt hurtigere, end det ses for plantelivet. Det kan give denne gruppe en større indikatorværdi overfor mange miljøindgreb.

# Konklusion og anbefalinger

Undersøgelsen har en række svagheder, som svækker udslagskraften og mindsker muligheden for at generalisere resultaterne. Således er undersøgelsesperioden ikke klimatisk repræsentativ, og undersøgelsen har været for kortvarig til entydigt at belyse den faktiske miljøpåvirkning over en hel juletræsomdrift samt den fulde påvirkning af juletræskvalitet og naturkvalitet. En reel opgørelse af påvirkningen på naturkvaliteten fordrer genmåling med jævne mellemrum (5-10 år) og en sikker virkning på juletræskvaliteten fås kun ved at følge en hel rotation. Miljøeffekten er endvidere kun undersøgt på en lokalitet. Indenfor dette område savnes der navnlig forsøgsgentagelser på forskellige lokaliteter for at styrke og nuancere konklusionerne og gøre dem mere almenlydige. Når dette er skrevet, må det samtidig konkluderes, at undersøgelserne har peget på mange af de natur- og miljøkonsekvenser, der kan forekomme ved en udskiftning af en traditionel kemisk ukrudtsbehandling på juletrælokaliteter på skovjord med alternative ukrudtsbekæmpelsesmetoder, som intensiv mekanisk behandling og slåning med le.

Samlet set afviger le-behandlingen ikke meget fra den ubehandlede kontrolbehandling både med hensyn til miljø- og naturpåvirkningen. Le-behandlingen virker isoleret set ikke som et troværdigt alternativ, bl.a. fordi den er meget omkostningstung. Miljøeffekterne ved den beskedne brug af det hurtigt nedbrudte, lidt mobile og relativt ugiftige glyphosat er en meget ringe risiko for udvaskning af glyphosat og AMPA. En mindre forøgelse af kvælstofudvaskningen er en anden følgeeffekt af denne ukrudtsbehandling. De miljømæssige konsekvenser af den mekaniske renholdelse knytter sig især til en markant forøget udvaskning af kvælstof. Både den mekaniske behandling og herbicidsprøjtningen har haft en positiv effekt på træernes nålefarve, mens den mekaniske behandling som den eneste begrænsede juletræernes vækst. Undersøgelsen har ikke været langvarig nok til at vise om naturkvaliteten afgørende svækkes, bibeholdes eller styrkes af intensiv mekanisk eller kemisk ukrudtsbekæmpelse. Følgende delkonklusioner er opstillet:

## *Effekter på juletræskvalitet*

- Fræsning mellem rækkerne gav en uventet, men ønsket virkning på nær salgsklare træer: Mindsket topskudsvækst i kombination med en bedre farveudvikling. Metoden kan muligvis udvikles til både at omfatte vækstregulering og miljøvenlig ukrudtsbekæmpelse.
- Intensiv kemisk og mekanisk ukrudtsbekæmpelse gav en bedre farveudvikling af nålene.

## *Miljøeffekter*

- Glyphosat og AMPA udvaskes kun i yderst ringe grad til 70-90 cm's dybde i jorden. Nedbrydningen af AMPA er formodentlig anderledes og langsommere i sur skovjord end på opkalket markjord.
- Intensiv mekanisk behandling kan give miljøproblemer, pga. forøget udvaskning af kvælstof.

- Udvaskning af kvælstof ved herbicidbehandling har samlet set været større end det ubehandlede kontrolled, men mindre end ved mekanisk behandling. Dette skyldes dog ikke kun behandlingstypen, men i høj grad behandlingens effektivitet.
- Især på mere næringsfattig jordbund kan nitratudvaskningen ved mekanisk renholdelse medføre en forringelse af dyrkningsgrundlaget, fordi der samtidig tabes en stor mængde andre plantenæringsstoffer.

#### *Floraeffekter*

- Floraens optag af næringsstoffer forsinkes ved udvaskningsprocesserne. Jævnlig målinger af kvælstof i ukrudtsfloraen er nødvendige for at kunne fortolke udvaskningsdata.
- Naturkvaliteten i juletræsarealer i skov er især knyttet til områdernes skov- og overdrevsarter. Hvorvidt denne funktion ødelægges af for intensiv mekanisk eller kemisk ukrudtsbekæmpelse er endnu for tidligt at udtale sig om.
- Floraundersøgelserne har vist, at behandlingerne på kort sigt kun har en forholdsvis ringe indflydelse på den kvalitative florasammensætning på skovlokaliteter med juletræer.
- Selv ved en årlig efterårsudbringning af glyphosat er der baggrund for en mere specialiseret flora med større naturkvalitet og skovtilknytning på juletræsarealer end f.eks. på ager- og brakmarker.
- Floraen afspejler jordvandets kvælstofniveau. Eutrofieringseffekten af den mekaniske behandling afspejles ved, at vegetationen ændres mod en mere kvælstofkrævende vegetation.
- Skovkulturer med nordmannsgranjuletræer har flere sjældne arter og større skovindeks end skovrejsningsarealer på tidligere agerjord.

#### *Faunaeffekter*

- Mekanisk ukrudtsbehandling har en dramatisk negativ virkning på de jordlevende springhaler og mider.
- Forstyrrende indgreb som sprøjtning med herbicider og mekanisk jordbearbejdning påvirker typisk faunaen negativt på arealer i gammel skov. Dette står helt i modsætning til en diversitetsfremmende effekt på sammenlignede skovrejsningsarealer på tidligere agerjord.
- Billefaunaen synes at være en velegnet gruppe til sammen med planterne at beskrive naturkvaliteten forstået som kontinuitet og habitatkvalitet, da den både udviser stor specialisering (som planterne) og navnlig et hurtigt respons (i modsætning til planterne).

#### **Anbefalinger**

Egentlige praksisnære anbefalinger ligger ikke lige om hjørnet, men forsøgene peger dog på at holde igen med den ofte dyrere intensive mekaniske renholdelse. Den mest optimale renholdelsesmetode afhænger givetvis af den enkelte lokalitet. En kombination af de testede metoder kan være vejen frem eventuelt integreret med fåregræsning. Skal der stadig være plads til en natur- og miljøvenlig samt økonomisk rentable juletræsproduktion, der er med til at skabe et varieret skovbillede, kan det stærkt anbefales at fortsætte

og udbygge undersøgelserne af virkningen af alternative ukrudts-  
bekæmpelsesmetoder med henblik på at skabe et tilstrækkeligt fundament  
for en politisk/administrativ vurdering af de samlede konsekvenser.

# Litteratur

*Christensen, C.J., Pedersen, L.B. & Ege Friis (2000a):*

Bevoksnings- og farvegødsning af nordmannsgranjuletræer - resultater fra 6 års forsøg på tidligere agerjord. Pyntegrøntserien nr. 16, Forskningscentret for Skov & Landskab, Hørsholm, 64 pp.

*Christensen, C.J., Pedersen, L.B. & Ingerslev, M. (2000b):*

Optimeret gødsning med kvælstof, kalium og magnesium af nordmannsgran juletræer. I Christensen, B.K. & Kruse, L. Oversigt over støttede projekter, Produktionsafgiftsfonden for Juletræer og Pyntegrønt, p. 32-38.

*Christensen C.J., Ingerslev, M., Pedersen, L.B. & Nielsen, U.B. (2001):*

Gødningsrespons hos nordmannsgranprovenienserne Ambrolauri og Langesø afd. 6. Pyntegrøntserien nr. 17, Forskningscentret for Skov & Landskab, Hørsholm, 101 pp.

*Christensen, C.J. & Pedersen, L.B. (upubl.):*

Resultater fra PAF-projektet: Sekventiel udbringning af gødning til nordmannsgran juletræer.

*Christensen, C.J. & Pedersen, L.B. (upubl.):*

Resultater fra PAF-projektet: Optimeret gødsning med kvælstof, kalium og magnesium af nordmannsgran juletræer.

*Ellenberg, H., Weber, H. E., Düll, R., Wirth, V., Werner, W. & Paulissen, D. (1992):*

Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa; Scripta Geobotanica XVIII. Göttingen (Goltze Verlag), 260 pp. Verlag Erich Goltze. 2. Auflage.

FAO/UNESCO (1990):

Soil map of the world. Revised legend. World Soil Resources Report 60, FAO-Unesco, Food and Agriculture organization of the United Nations, Rome, 119 pp.

*Fjellberg, A. (1980):*

Identification keys to Norwegian Collembola. Norsk Entomologisk Forening, Ås NHL, Norway, 152 pp.

*Fjellberg, A. (1998):*

The Collembola of Fennoscandia and Denmark. Part I: Poduromorpha. Fauna Entomologica Scandinavica 35: p.1-184.

*Gundersen, P., Callesen, I. & de Vries, W. (1998):*

Nitrate leaching in forest ecosystems is related to forest floor C/N ratios. Environmental Pollution, 102, p.403-407.

- Grime, J.P., Hodgson J. G. & Hunt R. (1988):*  
Comparative Ecology. A functional approach to common British Species.  
The Ipswich Book Company ltd., Ipswich, 742 pp.
- Hansen, K. (red.) (1981):*  
Dansk feltflora. - Gyldendals Boghandel, Nordisk Forlag A/S, København.
- Miljøstyrelsen (1999a):*  
Rapport fra hovedudvalget. Miljøstyrelsen, Bichel-udvalget - udvalget til vurdering af de samlede konsekvenser af en afvikling af pesticidanvendelsen, p.1-143.
- Miljøstyrelsen (1999b):*  
Rapport fra underudvalget om jordbrugsdyrkning, 1999. Miljøstyrelsen, Bichel-udvalget - udvalget til vurdering af de samlede konsekvenser af en hel eller delvis afvikling af pesticidanvendelsen, p. 1-196.
- Miljøstyrelsen (2000):*  
Miljømæssig vurdering - Glyphosat - Sagens oplysninger og Miljøstyrelsens vurdering.
- Olesen, J.E. & Heidman, T. (1990):*  
EVACROP. Et program til beregning af aktuel fordampning og afstrømning fra rodzonen. Arbejdsnotat. Statens Planteavlsvforsøg, rapport nr. 9, p.1-64. Forskningscenter Foulum. AJMET.
- Pedersen, L.B., Christensen, C.J. & Ingerslev, M. (2000):*  
Næringsstoffernes kredsløb. Kvælstof (N). 2. Gødningsbehov og jord- og nåleanalyser. Forskningscentret for Skov & Landskab, Videnblade Pyntegrønt, 5.9-16., 2 pp.
- Pedersen, L.B. & Christensen, C.J. (unpubl.):*  
Stofkredsløb og puljer i danske juletræsbevoksninger.
- Pedersen, L.B. & Christensen, C.J. (unpubl.):*  
Resultater fra Skov og Naturstyrelses-projektet: Organiske gødninger til nordmannsgran juletrær.
- Rasmussen, H.R. & Theilby, F. (2001):*  
Knop- og grenudvikling set i lyset af formregulering hos nordmannsgran. Skov & Landskabskonferencen 2001, Forskningscentret for Skov & Landskab, p.99-103.
- Ravn, H.P. & Andersen, B.R. (1997):*  
Effekten på skovøkosystemer af reduceret pesticidanvendelse. FSL, Hørsholm, aug. 1997, 22 pp + bilag.



*Ravnsbæk, P.F.V. (1989a):*

Nåleanalysers anvendelse i gødningsplanlægningen, PS Nåledrys, 10, p.8-9. København.

*Ravnsbæk, P.F.V. (1989b):*

Fremtidig anvendelse af nåleanalyser i gødningsplanlægningen, PS Nåledrys, 10, p.10-11, København.

*Riis-Nielsen, T. (1998):*

Målevejledning til brug for opgørelse af jule- og løvtræer samt vegetation i forsøget: Naturindhold og udvaskning i juletræs- og løvtrækulturer ved traditionel pesticidbehandling og alternative behandlingsstrategier. Forskningscentret for Skov & Landskab, 14 pp.

*Riis-Nielsen, T. & Bille-Hansen, J. (unpubl.):*

Hugststyrkens og træartens indflydelse på successionen og biodiversiteten i skove. Delprojekt under projektet »Grænser i Landskabet«.

*Sundberg, P (red.), Callesen, I., Greve, M.H. & Raulund-Rasmussen, K. (1999):*

Danske jordbundsprofiler. Danmarks JordbrugsForskning, Foulum, 31 pp.

*Vejre, H., Callesen I., Vesterdal, L. & Raulund-Rasmussen, K. (In press):*

Carbon and Nitrogen in Danish forest soils - contents and distribution determined by soil order.

*Starr, M. (1999):*

Watbal: A model for estimating monthly water balance components, including soil water fluxes. Kleemola, S, & Forsius, M. (eds): 8th Annual Report 1999. UN ECE Convention on long-Range Transboundary Air Pollution. International Cooperative Programme on Integrated Monitoring of Air Pollution Effects on Ecosystems. The Finnish Environment, 325, 31-35.

# Bilag 1. Beskrivelse af forsøgsareal på Kirke Hvalsø og tidligere arealanvendelse

Areal:	Afdeling er på 2,2 ha, mens forsøgsarealet er på 70 x 50 m = 0,35 ha
Tidligere anvendelse:	Juletræskulturen blev første gang etableret i 1967 efter stormfald. Arealet var tidligere bevokset med ædelgran og sitkagran, som væltede i stormen. Nuværende bevoksning er 3. generation nordmannsgran. Enkelte overstandere er efterladt på arealet og anvendes til klippegrønt.
1967:	Tilplantet med Ambrolauri (fødselsår 1962).
1971:	Efterbedret med Ambrolauri (fødselsår 1967).
1976 - 1978:	Slået for ukrudt og træopvækst.
1977:	Sprøjtning med Tormona i dieselolie.
1978:	Juletræshøst.
1979:	Underplantet med 3.700 stk. Ambrolauri 2/2 og slået for ukrudt og træopvækst.
1980:	Juletræshøst.
1981:	Juletræshøst, Underplantet med 9.000 stk. Ambrolauri 2/3. Slået for ukrudt og træopvækst.
1982:	Juletræshøst. Efterbedret med 750 stk. Ambrolauri 2/3.
1983:	Efterbedret med 825 stk. Ambrolauri 2/2 og 200 stk. Kirazlidere, Savsat Yildiz (Tyrkisk) 1/3. Sprøjtning med Lindan og Velpar.
1983 - 1992:	Jævnlig høst af juletræer.
1985:	Sprøjtning med $\frac{3}{4}$ l Sumiscidin 10 FW pr. ha mod lus.
1988:	Sprøjtning med $\frac{3}{4}$ l Sumiscidin 10 FW pr. ha mod lus.
1989:	Sprøjtning med Round-up.
1992:	Underplantning med 9.300 stk. Ambrolauri.
1994:	Efterbedret med 300 stk. Ambrolauri.
1994 - 1998:	Få juletræer høstet fortrinsvis fra tidligere generationer. Ved forsøgsanlæg i 1998 var hele arealet slået med le. Pletter med Ørnebregne var sprøjtet med Round-up i 1998. Området er hegnet.