

Sprøjteskader i relation til klimaforhold og plantestress

Del I: Forsøg under kontrolleret klima

Af Henrik Saxe, Skov & Landskab (KVL) og Hans Peter Ravn, Skov & Landskab (FSL)

I løbet af sommeren år 2000 opstod der hos flere af landets juletræproducenter skader på nordmannsgran – typisk efter en behandling med sprøjtesvovl mod galmider. Der opstod mistanke om, at også andre sprøjtemidler kunne være indblandet. Skaderne var karakteriseret ved, at nyudsprungne top- og sideskud visnede, og skuddenes nåle blev røde og faldt af.

Skaderne var langt mere alvorlige, end de skader som vanligt bliver forårsaget af insekter, tørke og mekanisk påvirkning.

Mange af de skadede træer mistede topknoppen, hvorved stammeaksen typisk blev ødelagt, så træerne ikke siden hen kunne sælges som juletræer. Skader på sideskud

mindskede også træernes salgbarhed, især hvis de skulle sælges samme år.

Da man ved besigtigelse af skaderne i sommeren 2000 kunne se årsskud, hvor den inderste (sidst udviklede) del var frisk, mens den yderste del var død, er det usandsynligt, at skaden havde udviklet sig gradvist. Den forekom at være fremkaldt på et enkelt tidspunkt.



Figur 1. Overordnet blev de 3-årige, pottede nordmannsgraner behandlet med 5 kombinationer af temperatur og ozon, som angivet i de grønne kasser. Indenfor hver af de overordnede behandlinger blev halvdelen af planterne tørkebehandlet, mens halvdelen blev vandet tilstrækkeligt. I hver af disse grupper blev halvdelen af planterne sprøjtet om dagen og halvdelen om aftenen. Der var 12 sprøjtebehandlinger, inklusive referencebehandlingen. Hver behandling blev gentaget på to hold planter á 6-7 stk. i hvert hold. I alt blev der behandlet 3.120 planter efter denne plan.

Mistanker

Der blev fremsat adskillige hypoteser om mulige årsager til skaderne. Der kan for eksempel nævnes insektangreb, tørke, fejludbringning af sprøjtemidler via giftige rester i sprøjten, fejldosering af sprøjtemidler, kuldepåvirkning ved sprøjtning på varme dage, mekanisk påvirkning af skudene i forbindelse med sprøjtning, kørsel med minitraktor, slåning med buskrydder og et usædvanligt højt indhold af ozon i atmosfæren.

Men noget endegyldigt bevis for årsagen til skaderne forelå ikke – kun gisninger og formodninger.

Både væksthuse- og markforsøg

Det blev derfor ved Skov & Landskab besluttet i et samarbejde mellem KVL og FSL at undersøge en række af de mulige årsager til skaderne i nordmannsgran. Undersøgelserne blev dels foretaget under kontrolleret klima (denne artikel), og dels under manipulerede forhold i en allerede skadet plantage (efterfølgende artikel i næste nummer).

Plantemateriale

Umiddelbart efter frosten var gået af jorden indkøbte vi 4.000 stk. 3-årige nordmannsgran (*Abies nordmanniana*, prov. Ambrolauri, Tlugi) hos Hedeselskabet. De blev uden væsentlig rodbeskæring pottet i 250 ml rørpotter og anbragt på friland, indtil de skulle behandles.

Behandlinger

Under kontrolleret klima, i glashuse med styring af temperatur, vanding og atmosfærens sammensætning, undersøgte vi en række mulige årsager og deres samspil i henhold til planen på figur 1. Der blev anvendt i alt fire eksponeringshuse og et udendørs reference areal (figur 2). Planterne blev under identiske temperaturforhold sat i husene samt udendørs den 2. maj 2001. Der var optimal, automatisk vanding og gødning af alle planter.

Temperaturbehandlingen, der blev påbegyndt den 29. maj, bestod i to huse ved et temperaturtillæg på 50°C over udendørs-temperaturer både dag og nat frem til den 14. juni. Dertil kom et yderligere tillæg i de samme to huse fra den 11.-14. juni defineret som minimum dagtemperatur 28°C og minimum nattemperatur 18° C. Disse temperaturer blev aldrig oversteget, idet den første halvdel af juni måned var relativt kølig (figur 3).

Ozonbehandlingen blev indledt i to huse den 1. juni, og atmosfærens indhold lå frem til den 14. juni i disse huse på ca. 180 ppb (ppb = 10⁻⁹). Dette er fire gange mere end



Figur 2. Eksponeringshuse og udendørs reference areal.

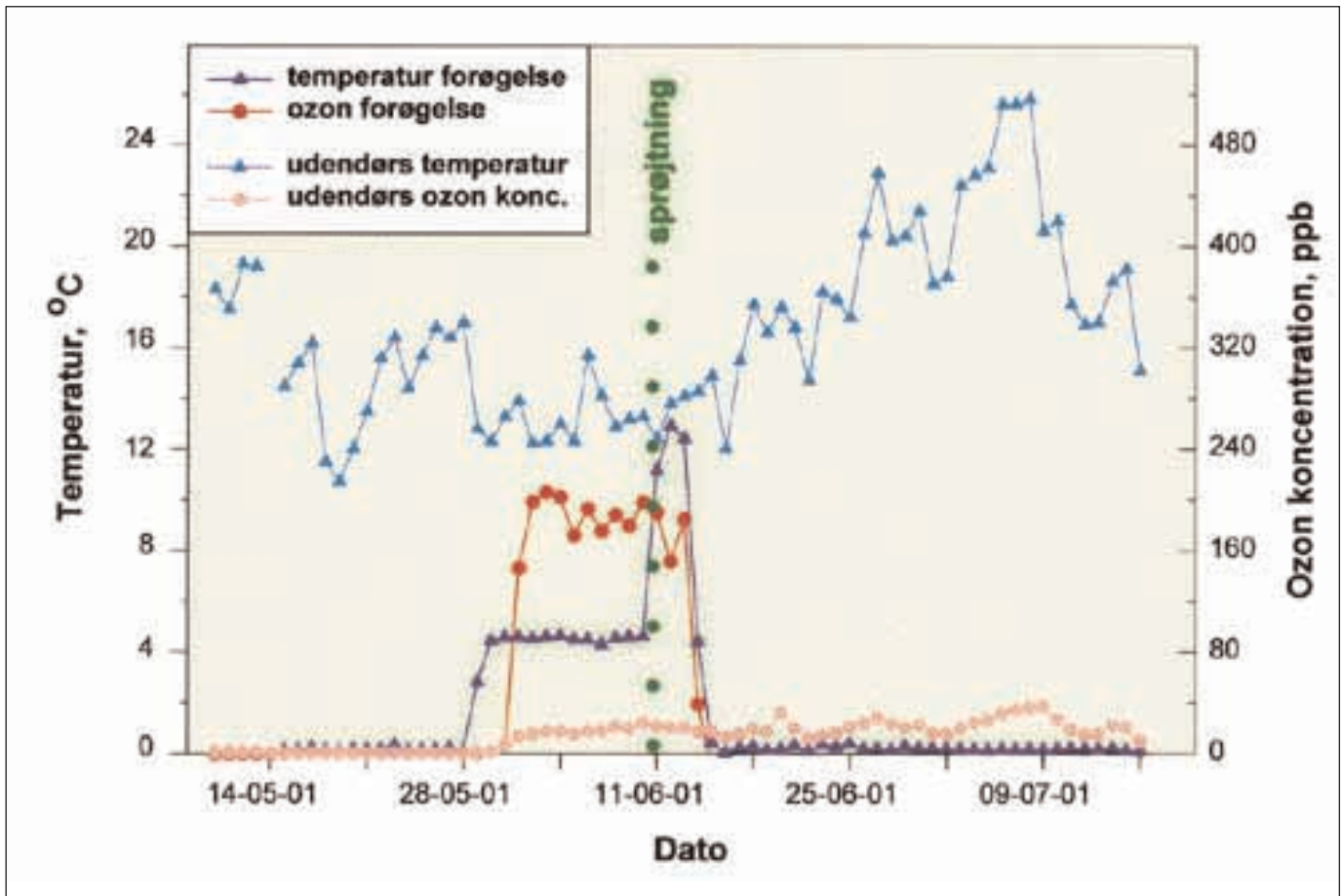
luften udenfor indeholdt på de varmeste sommerdage samme år (figur 3). I den ene af ozonbehandlingerne var temperaturen øget som beskrevet ovenfor.

Tørkebehandlingen er vanskelig at påføre præcist. Målet var at udtørre jorden og planterne så meget, at det svarede til tørke

under naturlige forhold. I praksis blev tørken påført ved at hæve potterne over vandingsniveauet på vandingsbordene (figur 4). Tørken blev målt ved vandtab i jorden som en procentdel af markkapacitet (60 g jord opvandet til afdryp, 108 g vand). Jorden i udendørs potter indeholdt både før og efter



Figur 4. Potter, som skal udsættes for tørke, bliver kilet fast over vandstanden med en gul kile.



Figur 3. Gennemsnitlig forøgelse af temperatur og ozon koncentration (dagsgennemsnit, 05:00 – 21:00), samt udendørs niveauer af temperatur og ozon.

den længste tørkeperiode (9.-14. juni) omkring 82 % markkapacitet. I kamrene, der afskærmer naturlig nedbør, var der typisk 70 % af markkapacitet før tørke perioden, og 40 % af markkapacitet ved periodens ophør. Der blev desuden induceret tørke i perioderne 31. maj – 4. juni og 5. – 9. juni.

Halvdelen af plantematerialet blev sprøjtet om dagen, hvor planterne var fysiologisk aktive (spalteåbningerne åbne), den anden halvdel om aftenen (figur 5). I begge tilfælde blev der givet 12 kombinationer af forskellige midler og koncentrationer (figur 1). Behandlingen 'koldt vand' bestod i sprøjtning med 40° C koldt vand, mens behandlingen 'trykvand' bestod i sprøjtning med vand med motorsprøjte (figur 5 nederst).

Da der var tvivl om, hvorvidt planterne den 11. juni var tilstrækkeligt varme til at 'opleve' et kuldechok ved sprøjtning med koldt vand, blev kuldechok-teorien afprøvet ved også at dykke et ekstra hold planter i hver af de overordnede behandlinger i isvand i 10 sekunder. Disse planter udviklede ikke skader, og de indgik ikke i de statistiske analyser af resultaterne.

Behandling med sprøjtesvovl mod galmider blev foretaget med normale og forøgede koncentrationer. Behandling med insekticidet Sumi-Alpha blev foretaget med to koncentrationer sammen med normal koncentration af sprøjtesvovl. Behandling med herbici-



Figur 5. Sprøjtbehandlingerne blev udført udendørs i solskin den 11. juni mellem kl. 11:30 og 16:30, og på et andet hold planter samme dags aften i drivhus mellem kl. 20:00 og 22:00. Nederst ses aftenbehandling af planter med "trykvand" (motorsprøjte).

det Matrigrøn blev foretaget med normal koncentration, mens behandling med herbicidet Roundup var med 2 % af normal koncentration, fordi det i denne sammenhæng blev opfattet som en mulig utilsigtet rest i sprøjten. Endelig blev der foretaget en behandling med en vandig opløsning af svovlsyre.

Kun sprøjteskader ved stress og varme

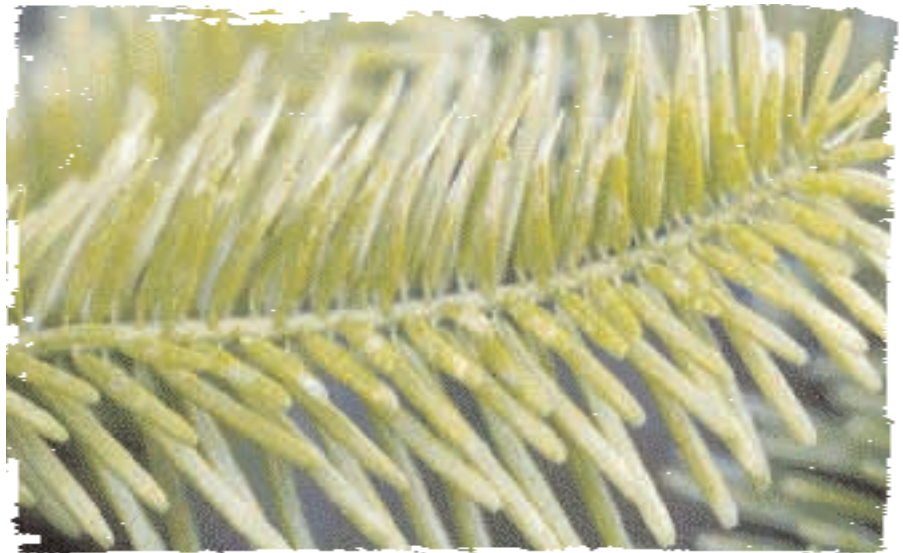
Allerede inden sprøjtebehandlingerne den 11. juni var der synlige skader af ozon (figur 6), men ikke af tørke. Disse to stressbehandlinger havde på sprøjtedagen været påført i 11 dage henholdsvis 4+4+2 dage, og begge fortsatte i endnu 3 dage.

Inden for et døgn efter sprøjtning fremkom der synlige skader på mange af planterne i form af gul-, brun- eller rødfarvning af årets nåle. Tidligere års nåle var i første omgang upåvirkede. Skaderne på årsskuddene blev klassificeret, som det fremgår af figur 7.

Skaderne blev målt første gang den 14. juni, 3 døgn efter de respektive sprøjtninger, og anden gang den 18. juli, 37 døgn efter sprøjtning. Det er bemærkelsesværdigt, at skader af sprøjtemidler, bortset fra svovlsyrling, kun forekom i kombination med høj temperatur, ozon og tørke (figur 8).

Tørke

Behandlingen med tørke havde i sig selv ingen effekt, hvilket ses af, at planterne både ude og i reference huset var uden skader. I samspil med ozon og/eller forhøjet temperatur forstærkede tørke skadesbilledet. Det kan skyldes, at en forhøjet temperatur øger fordampningen, og dermed tørken, der (først da) opnåede skadelige niveauer (figur 8). Ozon tænkes at påvirke spalteåbningernes funktion, og dermed vandbalancen, men der var ingen tegn på, at tørken derved nåede skadelige niveauer (se om ozon nedenfor). Tørke, der må formodes at lukke spalteåbningerne, beskytter (bemærkelsesværdigt nok) ikke mod ozonskader.



Figur 6. Ozonskade, gulsvindninger af nåle allerede før sprøjtningen den 11. juni.

Ozon

Ozon fremkaldte i sig selv en skade, dog kun ved behandlingskoncentrationen på 180 ppb, der lå væsentligt over normale udendørs koncentrationer (figur 6 og 9). I den statistiske analyse forekom skader af ozon at være simpelt additive, hvilket betyder, at ozonskaderne blev lagt oveni skaderne af sprøjtemidlerne, uden dog at forstærke sprøjtemidlernes evne til at fremkalde skader.

Høj temperatur

Ligesom tørken, så fremkaldte de varme temperaturer i sig selv ingen skader. Endvidere øgede temperaturen ikke virkningen af ozon, snarere tværtimod. Det væsentligste ved en forøget sommertemperatur var derimod dens overraskende evne til at udløse skader af sprøjtesvovl (figur 8).

Samspil med sprøjtemidler

Opløsningsmidlet for sprøjtemidlernes aktivstoffer, vand havde ikke i sig selv evne til at udløse skader; hverken koldt vand, is vand eller tryk vand (figur 8).

Sprøjtesvovl havde ingen skadevirkning ved normal temperatur, det vil sige udendørs og i reference huset (figur 8). Ved de varme temperaturer, der var på niveau med sommertemperaturerne i år 2000, fremkaldte sprøjtesvovl meget kraftige skader (figur 8). Skaderne var bemærkelsesværdigt ens ved alle koncentrationer af sprøjtesvovl (figur 10). Skaderne tiltog med øget stress (ozon og tørke). Skaderne efter sprøjtesvovl var i første omgang brunlige, mens skaderne af ozon i sig selv i første omgang var gullige (klorose).

Sumi-Alpha gav sammen med 4 kg/ha sprøjtesvovl større skader end sprøjtesvovl alene. Den lave koncentration af Sumi-Alpha forøgede skaderne med 22 %, den høje koncentration forøgede skaderne med 36 %. Vi har ikke undersøgt skader af Sumi-Alpha anvendt alene.

De tilsyneladende skader af Matrigrøn og Roundup var af samme størrelsesorden som af vand i forbindelse med tørke, ozon og forhøjet temperatur. Herbicidernes aktivstoffer fremkaldte derfor i sig selv ingen skader. Hvorvidt de ville øge skaderne fremkaldt af sprøjtesvovl, blev ikke undersøgt.

Virkninger af en vandig opløsning af svovl-



Figur 7. Skaderne blev målt på en 0 – 4 skala. 0 betyder absolut sund plante, mens 4 betyder, at alle nye (og nogle gamle) nåle er døde.

syre ved en koncentration, svarende til den mængde svovl, der spredes med 4 kg/ha sprøjtesvovl, blev undersøgt, fordi det forlyder, at solens UV lys kan katalysere en proces, hvor en del af sprøjtesvovlet omsættes til svovlsyre. Da svovlsyrling i modsætning til sprøjtesvovl fremkaldte skader i reference huset og udendørs, underbygger det, at der er tale om to forskellige skadesmekanismer. Svovlsyrling sved nålene i samtlige stress-, klima- og referencebehandlinger i næsten samme grad. Skaderne var så voldsomme, at samspil med stress og klima var helt overskygget. Nålefarven var desuden i begyndelsen mere rød end skader efter sprøjtesvovl (figur 9). Vi finder således ikke belæg for at tro på 'syre teorien'.

Aftensprøjtning

Der var statistisk set ingen tydelig forskel på skaderne fremkaldt ved sprøjtning om

dagen (aktive planter) og skader fremkaldt ved sprøjtning om aftenen. Man kunne have troet, at aftenlukkede spalteåbninger kunne beskytte planterne mod sprøjteskader, eller at de lavere temperaturer og manglende sollys om aftenen var en fordel. Da dette tilsyneladende ikke var tilfældet, er det efter alt at dømme ingen fordel at sprøjte om aftenen.

Anden bedømmelse

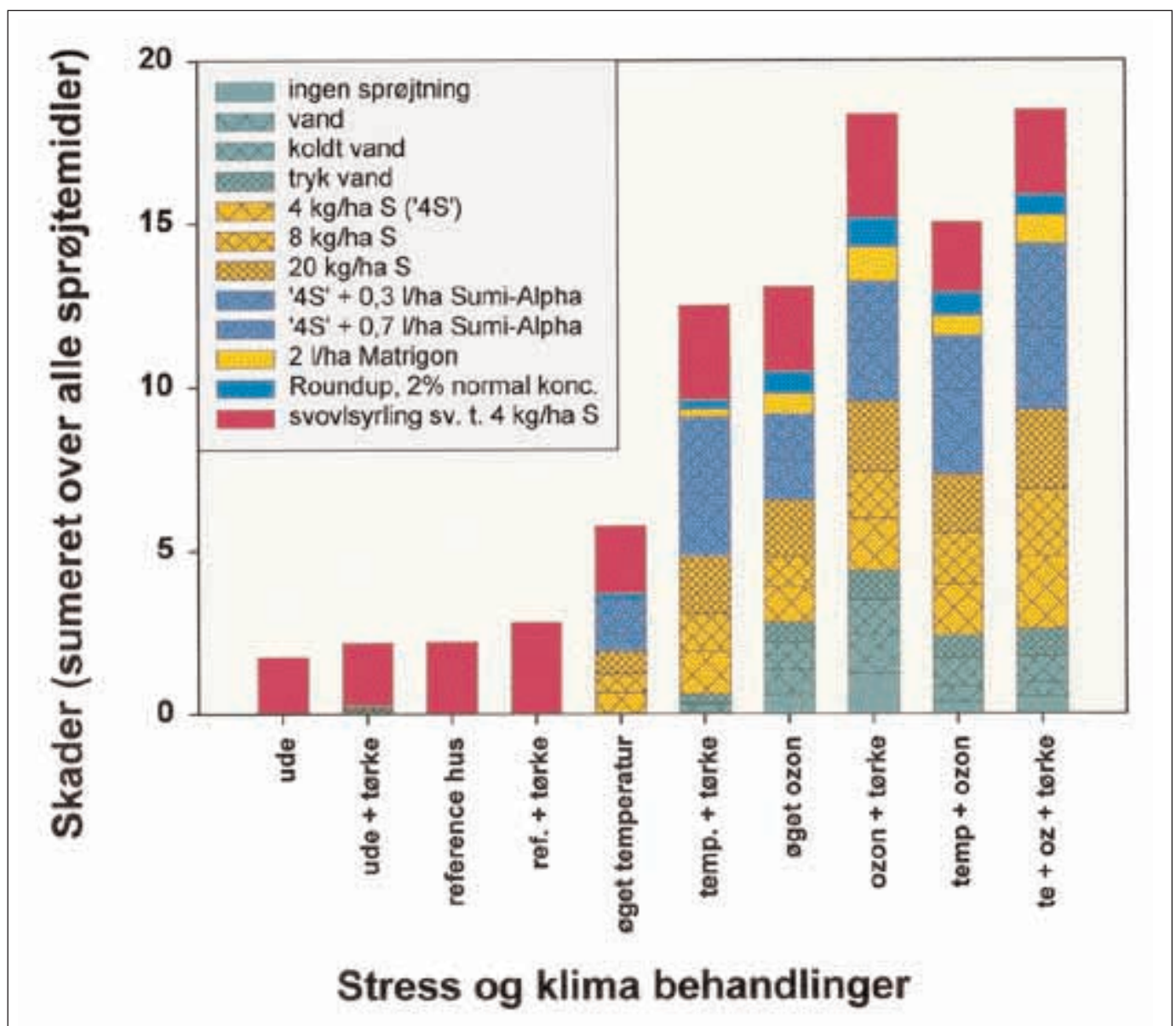
Den anden bedømmelse af planterne 37 dage efter sprøjtebehandlingerne bekræftede fuldt ud den første bedømmelse, men der var da synlige tegn på, at planterne havde søgt at komme sig over skaderne, men de af årets nåle, som tidligere var gule og brune, var nu røde eller tabte.

Skud, som ved sprøjtningen endnu ikke var helt udfoldede, viste kun skader på de nåle, som dengang var fremme. Senere udviklede

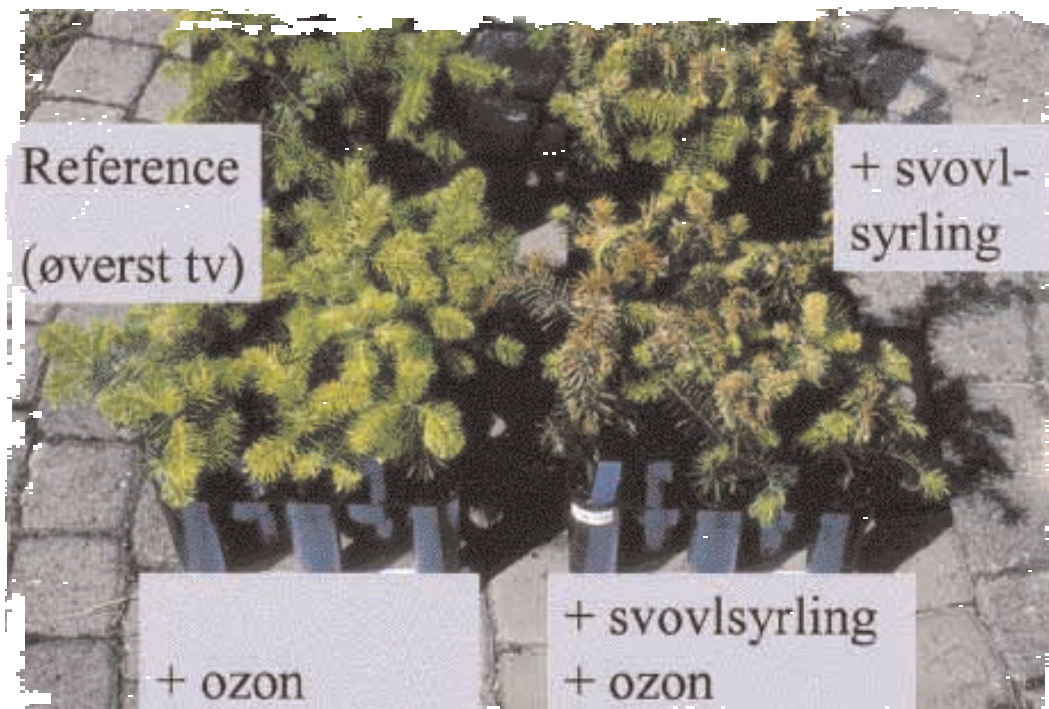
nåle var uden skader (figur 11 øverst). Det svarer helt til de skader, producenterne rapporterede om i år 2000. I nogle få tilfælde var det lykkedes planterne at sætte nye top-skud, men de udviklede sig generelt dårligt (figur 11 nederst). Ved anden bedømmelse var der fremkommet spredte skader på gamle nåle, men de var ikke nær så omfattende som skaderne på årets nåle.

Konklusioner

Det er bemærkelsesværdigt, at der hverken var sprøjteskader på udendørs planter eller på planter i reference huset. For at sprøjtesvovl kan udløse skader, kræver det således forhøjede temperaturer, som det var tilfældet i sommeren år 2000. Kun urealistisk høje koncentrationer af ozon fremkaldte skader, og de lignede ikke skaderne fra år 2000. Den givne tørkebehandling var i sig selv ikke tilstrækkelig til at fremkalde skader,



Figur 8. Synlige skader, vurderet 3 døgn efter sprøjtning, forårsaget af det enkelte sprøjtemiddel og dets koncentration, fremkommer som en funktion af de stress- og temperaturforhold, planterne vokser under (se teksten). Sprøjtemidlernes skadesvirkning skal ses i relation til "virkningen" af vand.



Figur 9. Ozon gulner nålene, svovlsyrling giver røde nåle, og kombinationen er simpelt additivt.

men både tørke og ozon øgede de temperaturfremkaldte sprøjteskader.

Sprøjtesvovl bør ikke anvendes i varme perioder. En kombinationen med Sumi-Alpha syntes at forværre skaderne. Sprøjtning om aftenen er efter alt at dømmes ikke sikrere end sprøjtning om dagen.

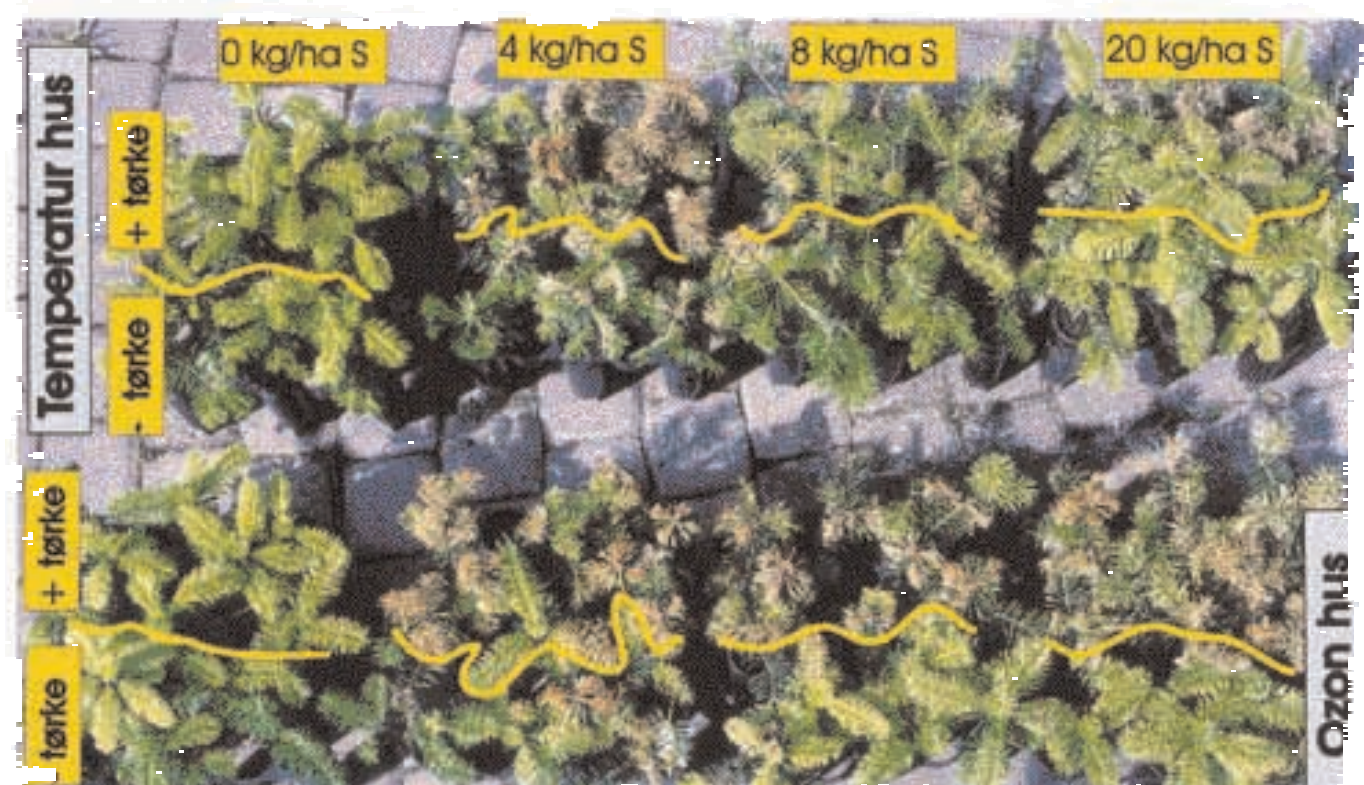
Vi ved ikke, om det var de gennemsnitlige dagtemperaturer gennem 2 uger på 18-22°C eller det var få dages høje temperaturer (op til 28°C) omkring sprøjtetidspunktet, der

udløste skaderne af sprøjtesvovl. Vi kan imidlertid udelukke, at problemet var forårsaget af blot få timer med høj temperatur, idet sprøjtning om aftenen, hvor temperaturerne i timerne før og efter behandling var lavere, havde samme effekt som sprøjtning om dagen. Planterne kom nemlig først tilbage til behandlingshusene næste morgen.

Da årsskud på de undersøgte 3-årige pottede planter på alle måder ligner årsskud i bevoksninger med større juletræer er det

sandsynligt, at ovenstående resultater kan overføres til større træer. For at sikre, at dette virkelig er tilfældet, har vi efterfølgende søgt at inducere skaderne under mindre kontrollerede forhold i en produktionsbevoksning. Resultaterne af disse undersøgelser vil blive beskrevet i en efterfølgende artikel.

Det må foreløbig konkluderes, at det var naturligt forekommende sommertemperaturer, der i sommeren år 2000 udløste skader



Figur 10. Sprøjtesvovl giver brune, senere røde nåle, mens tørke (de øverste planter i hver ramme) og ozon øger skaderne.

efter brug af sprøjtesvovl. Der bør under kontrollerede forhold forskes yderligere i de præcise temperatur- og stressforhold, som udløser og forstærker sprøjteskader, ligesom det bør undersøges, om der er andre midler end sprøjtesvovl, som på lignende vis fremkalder klima- og stressafhængige skader.

rådgivning, Andrzej Matkowski for inspirerende samtaler, Claus Jerram Christensen og Lars Bo Pedersen for korrekturlæsning samt Produktionsafgiftsfonden for Juletræer og Pyntegrønt (PAF) for økonomisk støtte.



Tak

Forfatterne takker Bjarke Skriver for teknisk medhjælp, Kristian Kristensen for statistisk



Figur 11. Øverst et skud, hvor de ældste nåle er røde (skadet af sprøjtesvovl), mens nåle udviklet efter sprøjtningen er grønne.

Nederst et nyt skud fra topkransen 37 dage efter sprøjtesvovl har fremkaldt skader.

Til det høje græs
www.skoerpingmotor.dk

Bjælkeklippere føres i 7 modeller
 Klippebredde: fra 71-110 cm

Rotorklippere føres i 10 modeller
 Klippebredde: fra 53-90 cm

Miljøvenlige motorer: Honda - Kawasaki - 5-11 HK
 Skørping Motorforretning A/S - 9520 Skørping Tlf. 98 39 17 11

BREDAL
 – din garanti for kvalitet

Vort speciale:
 Nordmannsgran & Nobilis

Bredal Planteskole A/S
 9575 Terndrup
 Tlf.: 9833 5160 · Fax: 9833 5111
 Web: www.bredal.as · Email: bredal@bredal.as

Produktion & salg af kvalitetsplanter til:
 Juletræs- & klippegrøntproduktion, skovbrug samt plantninger i det åbne land

SCAN MICRON-SPRØJTER
 (3 MODELLER)

KOMPLET MED:

- Væskeregul. spredehoved
- Batteri
- Batterioplader
- 10 liter rygbeholder
- Katalog med sprøjtetabel

Model "Bio Jet"

Fuld opladning på én nat

MANTIS SPRØJTER

Til udbringning af koncentreret Roundup
 Vi lagerfører 6 modeller

SERENA RYGSPRØJTE

- Ukrudtsmidler
- Svampemidler
- Insektmidler
- Næringsstoffer
- Desinficering

ETR Service RINGE ApS
 Tlf. 62 62 27 22