

FAKTORER SOM PÅVIRKER SKADEOMFANGET AV GRANSNUTEBILLEN (HYLOBIUS ABIETIS) PÅ FORYNGELSE AV GRAN (PICEA ABIES).

FACTORS THAT AFFECT PINE WEEVIL (HYLOBIUS ABIETIS) DAMAGE ON
NORWAY SPRUCE (PICEA ABIES) REGENERATION.

GYRD HARSTAD

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP
INSTITUTT FOR NATURFORVALTNING
MASTEROPPGAVE 30 STP. 2013



Forord

Denne masteroppgaven ble skrevet i forbindelse med avslutningen av et 5 år langt studium i Skogfag ved Institutt for Naturforvaltning (INA) ved Universitetet for Miljø- og biovitenskap (UMB).

Snutebiller er en alvorlig skadegjører på foryngelse i norske skoger som medfører betydelige kostnader. Når Mjøsen Skog SA foreslo dette som tema for en masteroppgave som en oppfølging av inventeringen av snutebilleskader året før, ble jeg umiddelbart interessert. Jeg har alltid vært interessert i biologiske fenomener, og hvordan man ved å forstå biologiske prosesser kan bidra til å foreta riktige avgjørelser som kan være både tid og kostnadsbesparende.

Jeg vil takke min hovedveileder ved Institutt for Naturforvaltning (INA) Paal Krokene, biveileder ved Skog og Landskap, Kjersti Holt Hanssen og Olav Høibø ved INA for kyndig veiledning og tålmodighet. En stor takk rettes til Mjøsen skog SA og dets ansatte, spesielt ved skogsjef Johannes Bergum og skogkulturpådriver Anne Guri Kløvstad. I tillegg vil jeg rette en minst like stor takk til min tidligere samboer Cecilie Ødegård og mine foreldre Trond og Lillian Harstad for hjelp og støtte under feltarbeid og skriveprosess.

Til slutt en takk til mine medstudenter på Sørhellinga for et trivelig studiemiljø.

Lillehammer, 15. desember 2013

Gyrd Harstad

Sammendrag

Gransnutebiller (*Hylobius abietis*) er den mest alvorlige skadegjøreren i det moderne bestandsskogbruket i Nord-Europa. Bruk av insekticider har lenge vært et verktøy for å begrense skadene fra gransnutebiller, men økt bevissthet rundt bruk av kjemikalier og dets virkning på miljøet har gjort at man ser mot andre metoder. I denne studien er det blitt registrert biotiske og abiotiske variabler på hogstflater for å se om noen områder er mer utsatt for snutebilleskader enn andre. Slik kunnskap kan brukes ved planlegging av hogster for å minimere skader forårsaket av snutebiller.

I begynnelsen av mai 2011 ble det lagt ut til sammen 190 sirkelflater på 10 foryngelsesfelt i kommunene Ringsaker og Løten i Hedmark fylke. Det ble registrert variabler på plantenivå, sirkelflatenivå og på foryngelsesflatenivå. Andelen angrepne planter varierte fra 11 % til 68 % mellom foryngelsesflatene og avgangen fra 3 % til 27 %. Noen av foryngelsesflatene var i tillegg utsatt for skader og avgang som skyldes andre faktorer enn snutebille, slik som for eksempel beiting av elg, hare og mus. Det kumulativt største omfanget i skade og avgang i foryngelse forårsaket av snutebiller og andre skadegjørere for en flate var henholdsvis 95 % og 75 %.

Det ble foretatt statistisk modellseleksjon ut fra Aikakes informasjons kriterium med korreksjon (AICc) for de best tilpassede modellene for å predikere antall biller på foryngelsesflata, sannsynligheten for angrep fra snutebiller, hvor alvorlig skade de gjør på plantene og sannsynligheten for avgang gitt at granplanta er angrepet. De viktigste resultatene fra disse undersøkelsene var at 2-årige M95 og M60 granplanter var mindre utsatt for angrep fra snutebille enn 1-årige M95 planter, særlig i områder med lite til middels vegetasjonsomfang, på gode boniteter og om det var plantet inntil stubbe. Planter som var plantet inntil stubbe hadde også mindre gnag. Mer gnag økte mortaliteten til plantene, spesielt i områder med høy jordfuktighet og med økende avstand til sluttet skog.

Det kunne ikke påvises noen sammenheng mellom tilvekst og sannsynligheten for angrep, graden av skade eller mortalitet hos granplantene påfølgende vekstsesong. Tilveksten året etter snutebilleangrep ble ikke signifikant påvirket i forhold til uskadde planter.

Denne undersøkelsen viser at man ved hjelp statistiske modeller kan si noe om sannsynligheten for angrep, graden av skade og mortalitet innenfor et begrenset område.

Abstract

The pine weevil *Hylobius abietis* is the most severe pest of modern forestry in Northern Europe. Insecticides have been used for a long time to control damage on conifer regeneration, but increased awareness of the use of chemicals and its impact on the environment has called for new methods. In this study I have registered biotic and abiotic variables on clearcuts in an attempt to determine which areas that are more susceptible to pine weevil damage than others. Such knowledge can be used to plan and execute harvesting in ways that reduce the impact of the pine weevil.

In the beginning of May 2011, the experiment was established in 190 subplots in 10 clear-cuts in the municipalities of Ringsaker and Løten in Hedmark County. Biotic and abiotic variables were registered on seedling level within subplots, plot level within clear cuts and clear-cut level. The proportion of attacked seedlings ranged from 11 % to 68 % between clear-cuts and mortality from 3 % to 27 %. Some clear-cuts were exposed to injuries and mortality due to other factors than the pine weevil, such as browsing by moose, hare and mouse. The cumulative largest proportion of damage and mortality on a single clear-cut caused by pine weevils and other factors were 95 % and 75 % respectively.

The best statistical model was selected for predicting the number of beetles on the clear-cuts, the likelihood of attack by pine weevils, the severity of damage and the likelihood of mortality given attack, using the Akaike's information criterion with correction (AICc). The main result of this study was that two-year old M95 and M60 seedlings were less susceptible to attack by the pine weevil than 1-year old M95 seedlings, especially in areas with sparsely to medium vegetation cover, on sites with better H40 site index, and if plants were planted in proximity to a stump. Seedlings planted in proximity to a stump also had less feeding damage on the stem. Increased feeding increased seedling mortality, especially in areas with high soil moisture and with increasing distance from the forest edge.

No relationships were found between growth and the likelihood of attack, degree of injury, mortality or growth of seedlings the subsequent growing season. There was also no relationship between the plants growth the subsequent year after attack.

This study shows that prediction of attack, severity of damage and mortality within a certain area can be achieved with statistical models.

Innholdsfortegnelse

1 Innledning	3
1.1 Gransnutebillens biologi.....	4
1.2 Mottiltak	7
1.2.1 Ventetid	7
1.2.2 Markberedning	7
1.2.3 Skjermstilling	8
1.2.4 Planteegenskaper	8
1.2.5 Mekanisk stammebeskyttelse	8
1.2.6 Biologisk beskyttelse	9
1.2.7 Indusering av naturlig planteforsvar	9
2 Materiale og metode:	10
2.1 Forsøksdesign	10
2.2 Registrering av biotiske og abiotiske variable	11
2.3 Databehandling og statistikk	13
3 Resultater	15
3.1 Skadeårsak og skadeomfang.....	15
3.2 Antall snutebiller	16
3.3 Vitalitet	17
3.4 Modellseleksjon for antall snutebiller	18
3.5 Angrep/ikke angrep fra snutebiller	19
3.6 Mengde snutebillegnag på skadde planter.....	21
3.7 Avgang for planter gitt snutebilleskade.....	21
3.8 Påvirkes plantetilveksten året etter snutebilleskade?	23
3.9 Kan toppskuddlengde eller rothalsdiameter predikere skadeomfang og planteavgang året etter?	24
4 Diskusjon	25
4.1 Vitalitet	25
4.2 Antall snutebiller	25
4.3 Angrep / ikke angrep	26
4.4 Avgang	28

4.5 Tilvekst	28
5 Konklusjon	30
6 Litteraturliste	31
6.1 Internettkilder	36
7 Vedlegg	37

1 Innledning

I skogbruksloven-§6 (loven om skogbruk av 2005), slås det fast at skogeieren plikter å sikre tilfredsstillende foryngelse innen tre år etter sluttavirkning. For å oppnå tilfredsstillende foryngelse som og gir god produksjon og kvalitet i det nye bestandet, er det viktig å sikre foryngelsen mot skadegjørere. Gransnutebillen (*Hylobius abietis*) er blitt en av de mest alvorlige skadegjørerne på foryngelsesflater i Europa (Långström & Day, 2004) og finnes over hele Norge (Bejer-Pettersen, 1962). Uten noe form for beskyttelse på småplantene kan avgangen på grunn snutebilleskader være over 80 % i løpet av de tre første årene etter hogst (Thorsèn et al., 2001). Dette medfører store kostnader, og i Sverige regner man med at skogbruket taper 140 millioner SEK årlig på grunn av snutebilleskader (Thuresson, 2003).

Gransnutebillen ble først beskrevet av Linné i 1767, og var da ikke ansett som en skadegjører. I løpet av 1900-tallet, med konvertering til det moderne skogbruket i Nord-Europa, var forholdene lagt til rette for at gransnutebillen skulle bli en betydelig skadegjører. Overgangen fra plukkhogst til store sammenhengende flater ga store mengder stubber som yngelsubstrat for snutebillene. De økte snutebillepopulasjonene ble et betydelig hinder for tilfredsstillende foryngelse. For å redusere skadene ble feller tatt i bruk og i tillegg ble det brukt forskjellige kjemikalier med avskrekkende duftstoffer som fysisk beskyttet plantene (Långström & Day, 2004). På midten av 1900-tallet var bruk av diklor-difenyl-triklorethan (DDT) det mest brukte stoffet for bekjempelse av gransnutebiller i de fleste europeiske land. På slutten av 1970-tallet kom det et forbud mot dette stoffet i de fleste europeiske land på grunn av miljøhensyn (Långström & Day, 2004).

Bruk av insekticider er et av de tiltakene som kan holde skadeomfanget på småplantene på et akseptabelt nivå (von Sydow, 1997; Örlander & Nilsson, 1999; Thorsèn et al., 2001). Forbud mot bruk av insecticidet permethrin kom i EU i 2004 og i Norge 2006 (ekol.slu2; Hanssen & Ødegården, 2009). Etter dette ble det tatt i bruk andre insekticider med andre virkestoffer som for eksempel lambda-cyathlorin (Karate Zeon) og imidakloprid (Merit Forest) (Hanssen & Ødegården 2009). For tømmer sertifisert av FSC (Forest Stewardship Council) ble det forbudt å bruke insekticider i 2011, men det er muligheter for å søke godkjenning for bruk av insekticider for ett år av gangen (FSC). Dette gjelder foreløpig ikke for PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification), men standarden sier at bruken skal minimeres og skjøtselsmessige og biologiske tiltak skal ha forrang (Anon, 2010). For å imøtekomme eksisterende og kommende krav til bruk av kjemiske preparater for bekjempelse av

snutebilleskader, er det viktig å finne alternative tiltak for å redusere skader fra gransnutebillen.

Forskningen på snutebilleskader og alternative bekjempingsmetoder har vært mest intensiv i periodene hvor man ikke har hatt godkjente insekticider, som etter forbudet av DDT og permethrin (Långström & Day, 2004). I Sverige er det satset stort innenfor snutebilleforskning, og i 2006 startet *System för effektiv hantering av snytbaggeproblemet*, et prosjekt som ble ferdigstilt i 2009. Deretter ble det i 2010 startet et nytt prosjekt, *snytbaggeprogrammet* som skal avsluttes i 2014. Formålet med forskningsprogrammet; ”er at man gjennom forskning og kunnskapsformidling skal bidra til mindre skader og bedre foryngelse” (ekol.slu2). I Norge startet man i 2009 inventering av snutebilleskader på Vestlandet og i Trøndelagsfylkene etter samme modell som i Sverige. Resultatene fra inventering av 50 felt viste store forskjeller i avgang mellom felt (0 % til 98 %), med en gjennomsnittlig avgang på 11 % (Hanssen, 2009b). Resultatene fra inventeringen av 142 felt på Øst- og Sørlandet i 2010 viste også store forskjeller i avgang, fra 0 % til 63 % avgang, med et gjennomsnitt på 7 %. På Øst- og Sørlandet var det få av de registrerte feltvariablene som forklarte skadegraden, men det var tendens til større avgang på større flater (Holt Hanssen, 2011).

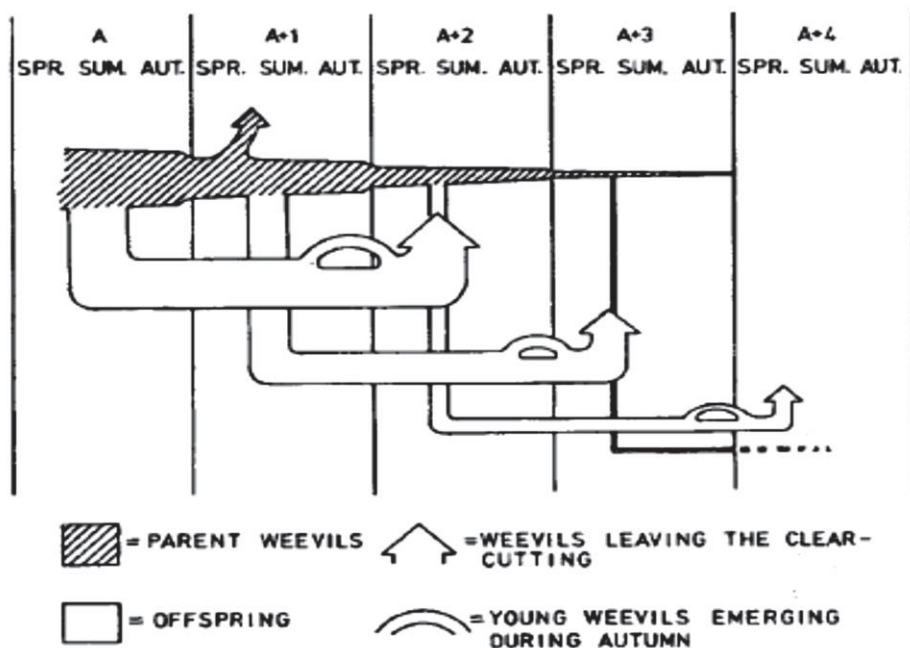
Formålet med denne masteroppgaven var å undersøke 10 foryngelsesfelt fra inventeringen på Sør- og Østlandet i 2010, for å se på endring i plantevitalitet og skadegrad for hver enkelt flate. Det ble også sett på biotiske og abiotiske variabler mellom og innenfor hvert foryngelsesfelt som kunne påvirke sannsynligheten for angrep, angrepsintensitet og dødelighet på grunn av snutebiller og hvordan snutebilleskader påvirker tilveksten hos småplantene.

1.1 Gransnutebillens biologi

Svermingen hos gransnutebillen starter om våren når dagtemperaturen kommer over 16 °C. Svermingen varer i ca. 2 uker, som oftest i slutten av mai og i begynnelsen av juni (Solbreck & Gyldberg, 1979). Gransnutebillen tiltrekkes av terpenier som skilles ut fra døde bartrestubber, hvor røttene brukes som yngelsubstrat (Nordenhem & Eidmann, 1991). Gransnutebillen kan fly så langt som 100 km for å finne passende områder for egglegging (Solbreck, 1980), så man kan anta at alle norske hogstflater ligger innenfor billenes rekkevidde. Når gransnutebillen har landet degenereres flygemusklene, og billene forflytter seg langs bakken resten av sesongen (Nordenhem, 1989). Når gransnutebillene har funnet en

hogstflate, lokaliserer de ved hjelp av reseptorer på antennene, passende yngelsubstrat under bakken ved hjelp av duftstoffer (Nordlander et al., 1986). Furu har vist seg å være foretrukket som yngelsubstrat framfor gran (Långström, 1982; Wainhouse, 2004; von Sydow, 1997), og larvene utvikler seg raskere i røtter av furu enn i røtter av gran (Bakke & Lekander, 1965). Gransnutebillene legger i snitt 0,6 egg per dag gjennom sommeren og opp til 1,5 egg per dag på det raskeste, med en topp i slutten av juni eller begynnelsen av juli (Lekander et al., 1985; Bylund et al., 2004). Eggleggingsraten er høyest ved temperaturer rundt 22 °C (Christiansen & Bakke, 1968; Pye & Claesson, 1981; Bylund et al., 2004). Eggene legges i jorda i nærheten av røtter eller direkte i barken hvis yngelsubstratet er eksponert (Nordlander et al., 1997). Valg av eggleggingssteder avhenger av mikroklimatiske faktorer som temperatur og fuktighet som sikrer best mulig overlevelse for egg og larve.

Utviklingstiden fra egg til imago varierer som regel fra 1 til 4 år. Utviklingstiden øker med økende høyde over havet og breddegrad. Typisk for de sørlige delene av Skandinavia er at billene klekker høsten A+1 eller våren A+2 hvor A er året for avvirkning og notasjon angir år etter avvirkning (figur 1), (Bejer-Pettersen et al., 1962; Bakke & Lekander, 1965). Det kan være store forskjeller i utviklingstid innenfor samme hogstflate, hvor generasjonstiden kan variere fra 2 år på soleksponerte steder til 4 år på skyggefulle steder (Bakke & Lekander, 1965). Individ som klekker høsten A+1 utvikler ikke flygemuskulatur og blir værende på flata frem til de går i dvale, før de dukker opp igjen påfølgende vår A+2 (Nordenhem, 1989). I denne perioden kan de gjøre stor skade på foryngelsen (Örlander & Nilsson, 1999). Biller som overvintrer som pupper og klekker våren A+2 bruker to til tre uker på næringsgnag om våren før vingemuskulaturen er ferdig utviklet og billene forflytter seg til nye flater med passende yngelsubstrat. Der fortsetter de næringsgnag til de er reproduktivt modne (Nordenhem, 1989; Örlander et al., 2000). Voksne individer som overvintrer på flata der de klekket er reproduktivt modne rett fra dvalen. Mange utvikler ikke vingemuskulatur, men forblir på flata og foretar næringsgnag gjennom sesongen A+1. Disse individene kan foreta ny egglegging våren A+1 med påfølgende ny generasjon med snutebiller i A+3. Disse klekker sammen med individer med forsinket utvikling, eller avkom fra immigrerende snutebille som ankom flata i A+1 (Nordenhem, 1989)..



Figur 1. Illustrasjon av snutebillenes livssyklus. A = året for avvirkning. Notasjon angir år etter hogst. SPR= vår, SUM=sommer, AUT=høst (Nordenhem 1989).

Snutebillene kan ha næringsgnag på flere forskjellige arter av trær, busker og urter, men foretrekker bartrær og da furu framfor gran (Leather et al., 1994; Manlove et al., 1997; Löf et al., 2004; Toivonen & Viiri., 2006). Ved hjelp av fangst/gjenfangst estimerte Leather et al. (1995) antall snutebiller innenfor en flate til 15 440 biller per hektar (ha), mens Nordlander et al. (2003b) kom fram til omtrent 14 000 biller ha⁻¹. Hvis antall små granplanter er 2500 per ha⁻¹, er det nok til å forsyne en slik estimert populasjon av snutebiller i maksimum 8 dager hvis hele planten blir nyttiggjort (Bylund, 2004). Siden småplantene blir angrepet i mye mindre grad enn dette, antar man at alternative matkilder som kvister i trekronene, røtter på stubber og annen bakkevegetasjon utgjør størstedelen av dietten til snutebillene (Leather et al., 1999; Örlander et al., 2000; Nordlander et al., 2003a,b). I snitt spiser snutebillene 0,23cm² bark i løpet av et døgn (Bylund, 2004). Snutebillene orienterer seg frem til småplantene ved hjelp av både syn og lukstoffer som skilles ut fra småplantene og man antar at alle småplanter på en hogstflate vil bli besøkt av snutebiller. Hvorvidt snutebillene bestemmer seg for å angripe eller ikke skjer mindre enn 2,5 cm fra planten (Björklund et al., 2003).

1.2 Mottiltak

1.2.1 Ventetid

Risikoen for skader er aller størst de to første årene etter avvirkning (A+1 og A+2) sør i Skandinavia (von Sydow, 1997a; Örlander & Nilsson, 1999). Lenger nord og høyere over havet vil skadene komme senere, opptil 4-5 år etter avvirkning på grunn av lengre utviklingstid (Bejer-Petersen et al., 1962). Et mulig tiltak for å begrense snutebilleskader er derfor å vente med planting til faren for skader avtar. Dette medfører imidlertid et økonomisk tap for skogeieren i form av økt ventetid, i tillegg til økt konkurranse fra feltvegetasjon og naturlig foryngede løvtrær som kan forhindre tilfredsstillende foryngelse (Nilsson & Örlander, 1995; Örlander et al., 1996).

1.2.2 Markberedning

Markberedning har vist seg både å gi gode vekstbetingelser for småplantene (Nilsson et al. 2010), og effektiv beskyttelse mot snutebiller (von Sydow, 1997a; Örlander & Nilsson, 1999; Thorsen et al., 2001; Petersson & Örlander, 2003). Blottlegging av mineraljorda rundt småplantene ved markberedning gjør at snutebillene beveger seg raskere, og i mer rett linje over markberedningsflekken (Kindwall, 2000). Dette kan skyldes at antall gjemteplasser forsvinner på grunn av mindre konkurrerende vegetasjon og humus, noe som gjør at billene føler seg mer utsatt for predasjon på de åpne markberedningsflekkene (Bjørklund et al., 2003; Örlander & Nordlander, 2004; Bjørklund, 2008). I tillegg øker temperaturen på markberedningsflekken, som muligens kan medføre overoppheting av snutebillene (Christiansen & Bakke, 1971; Bjørklund, et al. 2003). Effekten av markberedning vil være tilnærmet borte etter to år på grunn av økt vegetasjon i markberedningsflekken (Örlander & Nordlander, 2004). For flater som ikke er markberedt antar man at humusen gir tilstrekkelig skjul slik at snutebillene ikke er avhengig av konkurrerende vegetasjon inntil granplanta (Petersson et al., 2006). Både størrelse og utforming på markberedningsflekken har betydning for graden av snutebilleskader. En markberedningsflekk på 20 cm i radius har vist seg å gi tilstrekkelig beskyttelse (Nordlander et al., 2000). Dersom markberedningsflekken utformes som en haug er plantene mindre utsatt for gnag enn om plantene er plassert flatt, eller i grop (Nordlander et al., 2005).

1.2.3 Skjermstilling

Skjermstilling er et annet tiltak som reduserer snutebilleskader på foryngelsen (Löf, 2000), til tross for at fellefangster har vist at det kan være flere snutebiller under en skjermstilling enn på en hogstflate (Nordlander et al., 2003b). Tettheten av skjermtrær er av betydning for skadeomfanget. Tettere skjerm gir mindre skader enn en glissen skjerm (Wallertz et al., 2005), og flater uten skjermtrær har dobbelt så mye skader som flater med skjermstilling. (Wallertz et al., 2006). Grunnen til at skjermstilling gir mindre skader enn en åpen hogstflate, til tross for at billetettheten kan være større, antar man er at snutebillene finner alternativ føde i trekronene, særlig under svermingen på våren (Örlander et al., 2000). Dette sammenfaller med Nordlander et al. (2003a) sine funn, hvor antall skadde planter var mer en dobbelt så høy i sentrum av hogstflatene, enn i forhold til kanten, noe som støtter hypotesen om at skjermen fungerer som alternativ føde til småplantene. I tillegg vil røttene til skjermtrærne og røttene til ferske stubber i humuslaget være viktige fødekilder for snutebillene (Wallertz, 2006).

1.2.4 Planteegenskaper

Det er en klar sammenheng mellom plantestørrelsen og avgang (Örlander & Nilsson, 1999; Thorsen et al., 2001). En rothalsdiameter over 8 mm gir mer enn 80 % overlevelse dersom det er markberedt. (Thorsen et al., 2001). Det samme gjelder for forskjellen mellom barrotplanter og pluggplanter, hvor den høyere avgangen hos pluggplantene skyldes mindre rothalsdiameter enn hos barrotplantene (Örlander & Nilsson, 1999). 10 uker gamle mini-planter har vist seg å være mindre utsatt for snutebilleskader enn konvensjonelle planter som er 1 år eller eldre (Pettersson et al., 2008). Hvorfor de er mindre utsatt finnes det ikke noe entydig svar på, men en hypotese er at de har annerledes kjemi som gjør dem mindre utsatt for angrep. Når det gjelder plantetype brukes det i Norge i all hovedsak et og to år gamle M95 planter og to år gamle M60 planter. Hanssen (2010, 2011) fant i sine undersøkelser at avgangen for et år gamle M95 planter er signifikant høyere enn for to år gamle M95 og M60 planter, selv om det ikke var noen signifikant forskjell i gnagskader. Dette tyder på at det ikke er forskjeller i angrepsrate, men at størrelsen på plantene er viktig for overlevelsen.

1.2.5 Mekanisk stammebeskyttelse

Det er blitt forsket på mange typer mekanisk beskyttelse av plantene. Ulempen med flere av disse er at de ikke er biologisk nedbrytbare og at de kan være til hinder for plantens utvikling (Nordlander et al., 2001). Derfor har det de senere år vært mer fokus på beskyttelse som appliseres på selve planta i form av flytende substans som herder på planta. Eksempler på slike voksprodukter er Kvaee som produseres av Norsk Wax, og de svenske produktene

Conniflex hvor plantene påføres lim og sand og appliseringsvoksen Cambiguard som produseres i samarbeid mellom Södra og Norsk Hydro.

Conniflex er den barriærebeskyttelsen som har vært brukt lengst av de tre nevnte produktene. Den kan vise til gode resultater i felt hvor den er tilnærmet like effektiv som insectidet Merit Forest (Härlin & Eriksson, 2012). Det norske produktet Kvaee (bugstop) fra Norsk Wax har også gode resultater fra felt, særlig det første året etter påføring. Det ser ut til at sprekkdannelser i voksen og avgang som skyldes andre faktorer enn snutebiller fører til økt avgang i år to og tre. (Härlin & Eriksson, 2013) En forbedret utgave av Kvaee som skal være mer tøyelig er brukt på planter som ble plantet ut våren 2013, men resultater fra dette forsøket vil først være klar om tre år. Cambiguard er et produkt som ble lansert for markedet i Sverige 2013 etter flere års gode resultater fra forsøk i felt (Härlin & Eriksson, 2013). Det er plantet anslagsvis 230 000 tusen planter som er behandlet med Cambiguard (Skogforsk).

1.2.6 Biologisk beskyttelse

Snutebiller har flere naturlige fiender hvor sopp, snylteveps og nematoder kan være aktuelle i biologisk bekjempelse. Det har vært få studier på bruk av biologisk bekjempelse de siste 10-15 årene, utenom i Storbritannia hvor det forskes på bruk av entomopatogene nematoder (*Nematoda*). Nematoder penetrerer huden til snutebillelarvene og kan drepe dem innen 48 timer (Brixey, 1997). Det er ikke selve nematoden som tar livet av snutebillelarvene, men bakterier som følger med nematodene og som starter nedbrytningen av vevet i larvene (Ennis, 2009). Nematodene sprayer i en vannløsning rundt stubbene 18-24 måneder etter hogst når jordtemperaturen er over 9°C, og kan redusere mengden utviklede biller med opp mot 87 % (Dillon et al., 2007).

Det er sannsynligvis minst to arter snylteveps i Skandinavia, *Bracon hylobii* og *Perilitus areolaris* som angriper henholdsvis larver og voksne snutebiller. *Bracon hylobii* er ansett som den mest effektive av de to artene (Henry & Day, 2001; Moore, 2001). I et forsøk i Sør-Sverige fant man at *Perilitus areolaris* gir ca. 20 % dødelighet hos snutebillene over en to års periode (Bylund et al., unpubl.), mens *Bracon hylobii* angriper i gjennomsnitt 47 % av snutebillene tre år etter hogst i Nord-England (Brixey, 1997).

1.2.7 Indusering av naturlig planteforsvar

Planter behandlet med plantehormonet metyljasmonat danner omfattende traumatiske kvaekanaler i yteveden og øker konsentrasjonen terpenener i kambiet og nålene, noe som gjør plantene mindre utsatt for snutebilleangrep (Heijari et al., 2005). På en annen side går

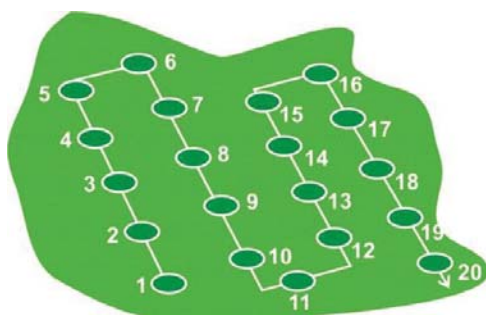
tilveksten hos planter behandlet med metylsjasmonat signifikant ned, noe man antar skyldes at plantene bruker mer energi på dannelsen av forsvarsstoffer enn på tilvekst (Öhrn, 2006; Sampedro et al., 2011, Moreira et al., 2012). Planter behandlet med metyljasmonat har i innendørs laboratorie-forsøk vært 21 % mindre skadet enn ubehandlede planter (Sampedro et al., 2011), mens forsøk i felt har vist 62 % mindre gnag på behandlede planter (Heijari et al., 2005). Et problem som kan oppstå med behandling av metyljasmonat er at den lågere tilveksten gir økt avgang på grunn av konkurrerende vegetasjon (Moreira et al., 2012).

2 Materiale og metode:

I 2009 ble det gjennomført en større undersøkelse av snutebilleskader på Vestlandet og i Trøndelag, og tilsvarende undersøkelse ble gjennomført på Østlandet og Sørlandet i 2010 (Hanssen 2009, 2010). Undersøkelsen i 2010 omfattet 142 foryngelsesfelt i fylkene Østfold, Akershus, Hedmark, Oppland, Buskerud, Vestfold, Telemark, Aust-Agder og Vest-Agder. Kriteriene for utvalget av foryngelsesflatene var at de skulle være tilplantet høsten 2009 eller våren 2010 og ikke skulle ha hatt lenger ventetid enn maksimum 2 år. For hver av foryngelsesflatene ble det registrert beliggenhet, høyde over havet, bonitet, helling, flatestørrelse, jordfuktighet, avstand til nærmeste ferske foryngelsesflate, om markberedning er utført, plantetype, insekticidbehandling og plante- og avvirkningstidspunkt (Hanssen, 2010).

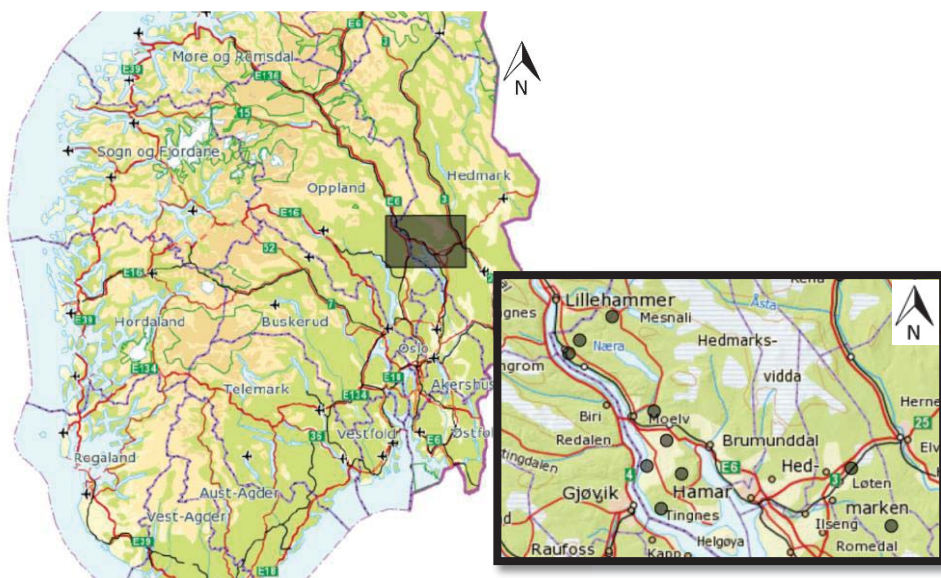
2.1 Forsøksdesign

På hvert foryngelsesfelt ble det lagt opp 20 sirkelflater à 20 m² ($r = 2,52\text{m}$), og på alle granplantene innenfor disse flatene ble det registrert snutebillegnag i cm² og andre skader. Om foryngelsesfeltet ikke var stort nok, ble det lagt ut færre sirkelflater. Planenes vitalitet ble registrert etter en skala fra 0 til 3 hvor 0=død, 1=døende, 2=nedsatt vitalitet og 3=vital. Sirkelflatene på hver foryngelsesflate ble lagt langs fire linjer for hver flate, med fast avstand mellom hver sirkelflate (Figur 2, Hanssen, 2010).



Figur 2. Illustrasjon av opplegg av prøveflater (Hanssen, 2010).

Blant alle foryngelsesfeltene fra 2010-undersøkelsen ble det i 2011 plukket ut 10 felt i Ringsaker og Løten kommune i Hedmark fylke for å følge opp inventeringen fra 2010 (figur 3). Foryngelsesfeltene lå fra 150 til 575 m.o.h. og boniteten var fra G14 til G20. Gran var det dominerende treslaget ved avvirkning på alle feltene med en andel på 85 % til 100 %. Plantematerialet som var blitt brukt var 1 årige M95 planter og 2 årige M95 og M60 planter. Alle plantene var behandlet med insekticidet Karate Zeon (Syngenta) som har lambda-cyhalotrin som aktivt virkestoff.



Figur 3. Oversiktskart over foryngelsesflater som inngikk i undersøkelsen.

Under inventeringen i 2010 var sirkelflatene på åtte av 10 foryngelsesfelt merket med sentrumstikke, mens det på de to siste feltene ble det lagt opp nye sirkelflater 2011. Ni av 10 foryngelsesfelt hadde 20 sirkelflater, mens ett felt hadde 10 sirkelflater. I løpet av 2011 ble det gjennomført tre inventeringer i mai, juli og slutten av september. Under den første inventeringen i mai ble hver plante merket med sløyfeetikett med hogstflatenummer, sirkelflatenummer og plantenummer. Plantene ble merket ut fra bakgrunnsdata fra inventeringen i 2010, slik at dataene fra 2010 kunne knyttes opp mot den enkelte plante gjennom vekstsesongen 2011. Til sammen ble 698 planter registrert, fordelt på 190 sirkelflater og 10 foryngelsesfelt.

2.2 Registrering av biotiske og abiotiske variable

Det ble registrert biotiske og abiotiske variabler på hogstflatenivå, sirkelflatenivå og plantenivå. Disse variablene er angitt i tabell 1.

Tabell 1. Variabler som ble registrert i felt, fordelt på foryngelsesfelt-nivå, sirkelflate-nivå og plante-nivå.

Registrerte variabler		
Foryngelsesfelt	Sirkelflate	Enkeltplante
Bonitet	Jordfuktighet	Høyde
Avvirkningstidspunkt	Hellingsgrad	Toppskuddlengde
Plantetidspunkt	Hellingsretning	Rothalsdiameter
Plantetype	Vegetasjonstype	Nærhet til Stubbe
Temperatur	Vegetasjonsomfang	Snutebilleskader
Fangst av biller	Avstand til sluttet skog	Andre skader

Boniteten på foryngelsesfeltene fordelte seg med 3 foryngelsesfelt i G14, 4 foryngelsesfelt i G17 og 3 foryngelsesfelt i G20. Plantetypen fordelte seg på 4 flater med M95-1 åring, 5 flater med M95-1 åring og 1 flate med M60-2 åring. Avvirkningstidspunktet for foryngelsesfeltene ble gruppert i to grupper hvorav 4 foryngelsesfelt var avvirket i 2010 og 6 foryngelsesfelt avvirket i 2008-2009. Dette ble gjort for å skille på flater som kun hadde vært utsatt for migrerende og overvintrende biller (A og A+1) og flater som hadde både foreldregenerasjon og avkom samtidig (A+2 og A+3).

Det ble plassert en temperaturlogger (HOBO Pendant, Onset Computer Corp., Bourne MA USA) i en beskyttelsesbeholder for hvert hogstfelt 2 meter over bakken (Meteorologisk institutt), på nordsiden av en trestamme i sluttet skog i tilknytning til foryngelsesfeltet. På hver foryngelsesflate ble det plassert ut en billefelle for hvert fjerde sirkelflate, totalt 5 feller per foryngelsesfelt. Fellene ble plassert 1 meter nord for sentrum av sirkelflata. Det ble brukt 400 ml plastkopper med lokk, hvor det ble stanset ut 8 hull med en diameter på 7 millimeter rundt toppen av koppen, før fella ble plassert i bakken slik at hullene lå parallelt med bakken. Hver felle ble fylt med 100 ml vann og en 8 cm lang fersk furukvist ble hengt opp inne i fella som attraktor. Kvistene som ble brukt som attraktor kom fra samme bestand for å unngå for stor forskjell mellom attraktoregenskapene hos kvisten. Fellene ble tømt og skiftet kvist på hver tredje uke (Örlander et al., 2001) fra mai og til og med september, til sammen fem ganger.

Høsten 2011 ble vitaliteten til plantene vurdert på en skala fra 0=vital til 5=død i motsetning til 2010 hvor vitaliteten var angitt som 0=død til 3=vital. I vurderingen av plantenes vitalitet anga vi også om det var snutebilleskader (Sn) eller annen skade (An) som påvirket vitaliteten.

For hver sirkelflate ble fuktigheten i jorda målt med en fuktighetsmåler (HH2 Moisture Meter, Delta-T Devices). Fuktigheten ble målt i nordlig retning fra sentrum på sirkelflata. Der det

ikke var mulig å få målt fuktighet på grunn av f.eks., stein, hogstavfall etc. i nordlig retning, ble fuktigheten målt på første egnede sted med klokka. Fuktigheten ble målt 3 ganger for hver sirkelflate, i mai, juli og september med en måling per tidspunkt.

Avstand til nærmeste forekomst av sluttet skog ble målt fra sentrum av hver sirkelflate med laser-avstandsmåler (Vertex VL 402, Haglöf Sweden AB).

Vegetasjonen for hver av sirkelflatene ble angitt etter omfang og type, og ble klassifisert under den andre inventeringen i juli 2011. Omfanget av vegetasjonen ble skjønnsmessig vurdert og klassifisert i 4 klasser, hvor 0= intet omfang, 1=lite omfang, 2=middels omfang og 3 = stort omfang (vedlegg 2). Vegetasjonstypen ble vurdert etter den dominerende vegetasjonen innenfor hver enkelt sirkelflate i 4 klasser: 0= vegetasjonsløs, 1= grasdominert, 2= urtedominert, 3= krattdominert.

Under inventeringen i mai ble høyden for hver plante målt med en standard tommestokk.

Toppskuddlengden og rothalsdiameteren ble målt med elektronisk skyvelær.

Rothalsdiameteren ble målt vinkelrett mot sentrum av sirkelflata. Det ble også registrert om planten var plassert inntil en stubbe eller ikke. Ved siste inventering i september ble plantenes toppskuddlengde og rothalsdiameter målt på nytt for å bestemme sesongens tilvekst.

Snutebillegnag ble målt ved alle tre inventeringene i mai, juli og september. Eventuelt gnag som var oversett under inventeringen i 2010 ble lagt til under den første inventeringen i mai 2011. Gnaget ble angitt i cm^2 og ble målt ved hjelp av en plastikkskive hvor det var stanset ut rektangulære hull med størrelse 1 cm^2 ($2\text{ cm} \times 0,5\text{ cm}$), $0,5\text{ cm}^2$ ($1\text{ cm} \times 0,5\text{ cm}$) og $0,25\text{ cm}^2$ ($0,5\text{ cm} \times 0,5\text{ cm}$). Det ble også registrert om planten var ringbarket. Vitaliteten ble kategorisert etter skadens betydning etter en skala, hvor 0 er ingen skade og 5 er død. Denne metoden er blant annet brukt av Wallertz (vedlegg 1). Samme metode ble også brukt for skader forårsaket av andre faktorer, hvor skadene ble angitt etter type og dens betydning for vitaliteten.

2.3 Databehandling og statistikk

Dataene fra registreringene ble lagt inn og systematisert i Microsoft Excel. Excel ble brukt for enkel skjematisk framstilling av skadeomfanget og antall biller som ble fanget under forsøksperioden. For statistiske beregninger ble statistikk programmet JMP (SAS Institute) brukt. Det ble brukt multipl lineær regresjon mot kategoriske og kontinuerlige utfall, gitt som $\mu_y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p$. Deretter ble det gjennomført modellseleksjon for å finne

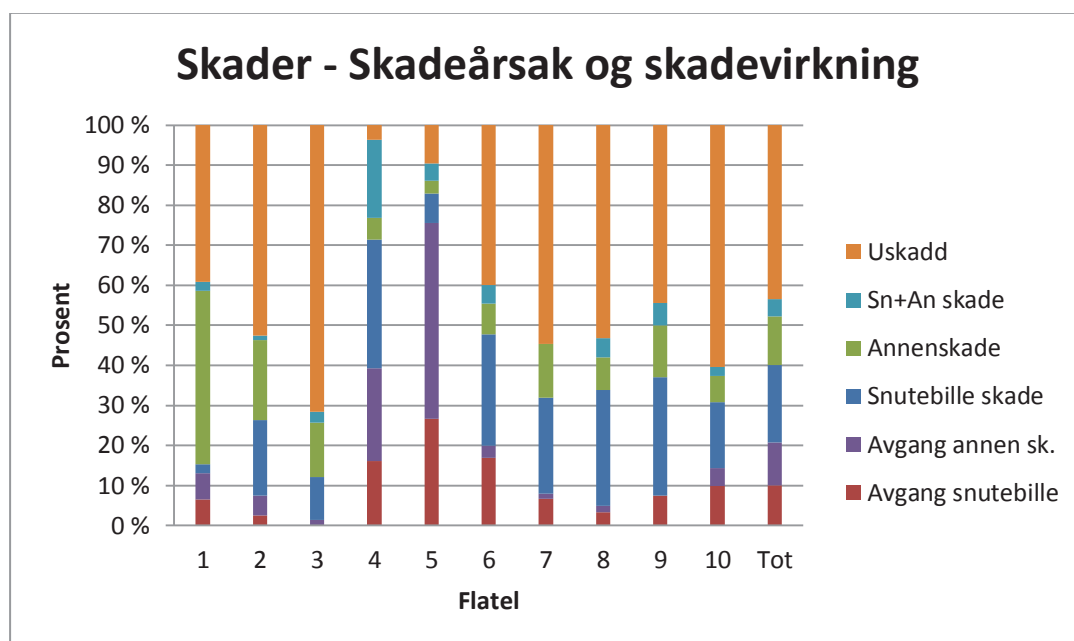
variablene som var best tilpasset responsvariabelen. Hogstflate var satt som uavhengig variabel ved modellseleksjon. Aikakes modell kriterium med korreksjon (AICc) ble brukt som et mål på hvilken modell som var best tilpasset dataene. AIC for en gitt modell angir maksimal logaritmisk sannsynlighet (l) justert for antall variabler (K) og angis som $AIC = -2l + 2K$. AICc ble brukt framfor AIC (Aikakes Information Criterion) siden datasettet inneholdt få observasjoner i forhold til antall variabler. AICc «straffer» komplekse modeller med mange forklaringsvariabler (K) i forhold til antall observasjoner (n), altså med låg n/K ratio. AICc er angitt som $AICc = AIC + \frac{2K(K+1)}{n-K-1}$. Modellen med den lågeste Kullback Leibler avstanden mellom modellen og «sannheten», er gitt som den foretrukne modellen. Siden modeller med $AICc_{min}$ lavere enn 2 anses som tilnærmet like gode blir den modellen med færrest variabler innenfor intervallet $AICc_{min} \leq 2$ valgt. AICc tar ikke hensyn til hvilke rekkefølge variablene kommer, men velger modell uavhengig av rekkefølge. For den beste modellen ble det presentert en statistisk test for den enkelte variabel som inngikk i modellen. Disse testene må ikke sees på som en direkte avlesning av variabelens betydning i modellen. For modeller med kontinuerlig respons og diskret utfall ble det brukt Students t-test for variabler med to utfall, og HSD (honestly significant difference) Tukeys test for med variabler med tre eller flere utfall. For modeller med kontinuerlig respons og kontinuerlig utfall ble det brukt F-test. For modeller med diskret respons og diskrete utfall ble det brukt en sannsynlighetstabell (odds ratio) for framstilling av variablene. Enveis variansanalyse ble brukt for å finne ut om snutebilleskade ville påvirke påfølgende års tilvekst og om toppskuddlengde eller rothalsdiameter kan predikere skade, cm^2 gnag og avgang påfølgende sesong. Alle statistiske analyser ble foretatt med et signifikansnivå på $p < 0,05$.

3 Resultater

3.1 Skadeårsak og skadeomfang.

Alle flatene hadde skader forårsaket av snutebiller. Det var stor variasjon mellom flatene når det gjaldt angrepne planter og avgang av planter på grunn av snutebillegnag (figur 4).

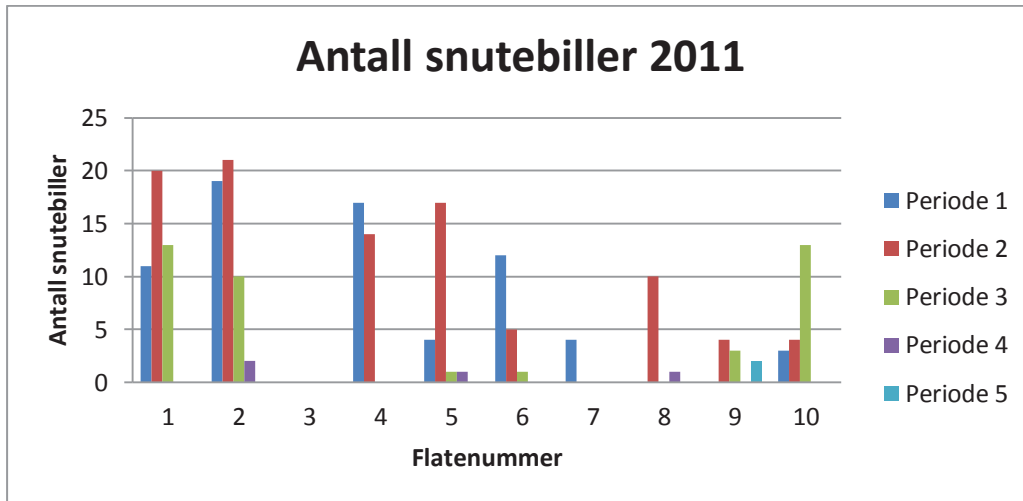
Andelen planter som var angrepet av snutebiller varierte fra 11 % på flate 1 til 68 % på flate 4. Avgangen varierte fra ingen snutebilledrepte planter (flate 3) til 27 % avgang (flate 5). Til sammen hadde 33 % av plantene vært utsatt for gnag, hvorav 23 % fortsatt var i live, mens 10 % hadde dødd i løpet av 2011. For skader og avgang som skyldes andre forhold enn snutebiller, hadde flate 1 den høyeste andelen skadde planter (45 %), mens flate 5 hadde flest avgåtte planter (49 %).



Figur 4. Antall drepte og skadde planter p.g.a. snutebiller og andre skader i forhold til totalt antall planter/flate. Tot angir total skade og avgang forårsaket av andre faktorer i snitt for alle flatene.

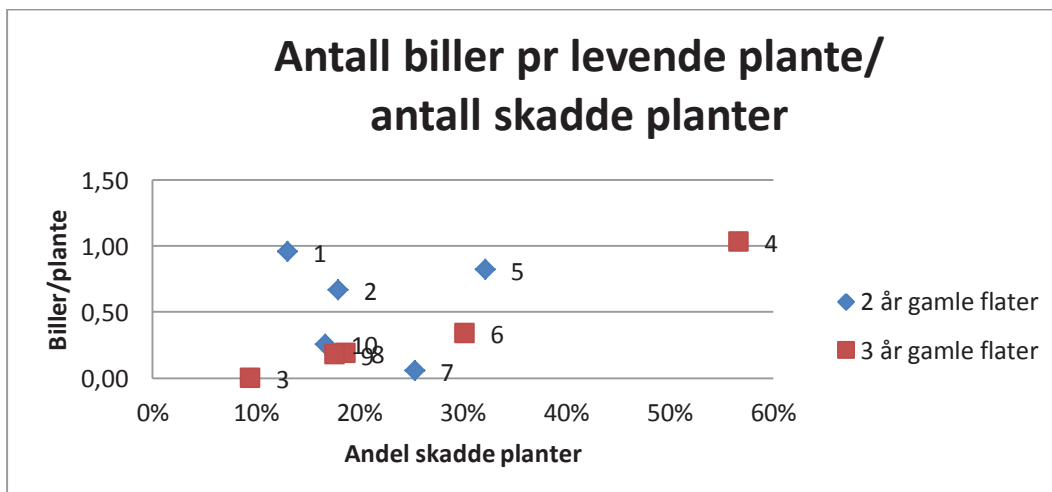
3.2 Antall snutebiller

Antall snutebiller som ble fanget i fellene varierte mellom flater og periode (figur 5). Flest fangede biller totalt og høgest antall biller for én periode var på flate 2, med 52 biller totalt og 21 biller i periode 2. På flate 3 ble det ikke fanget noen biller i hele forsøksperioden.



Figur 5. Antall snutebiller tatt i felle per flate fordelt på 5 perioder sesongen 2011.

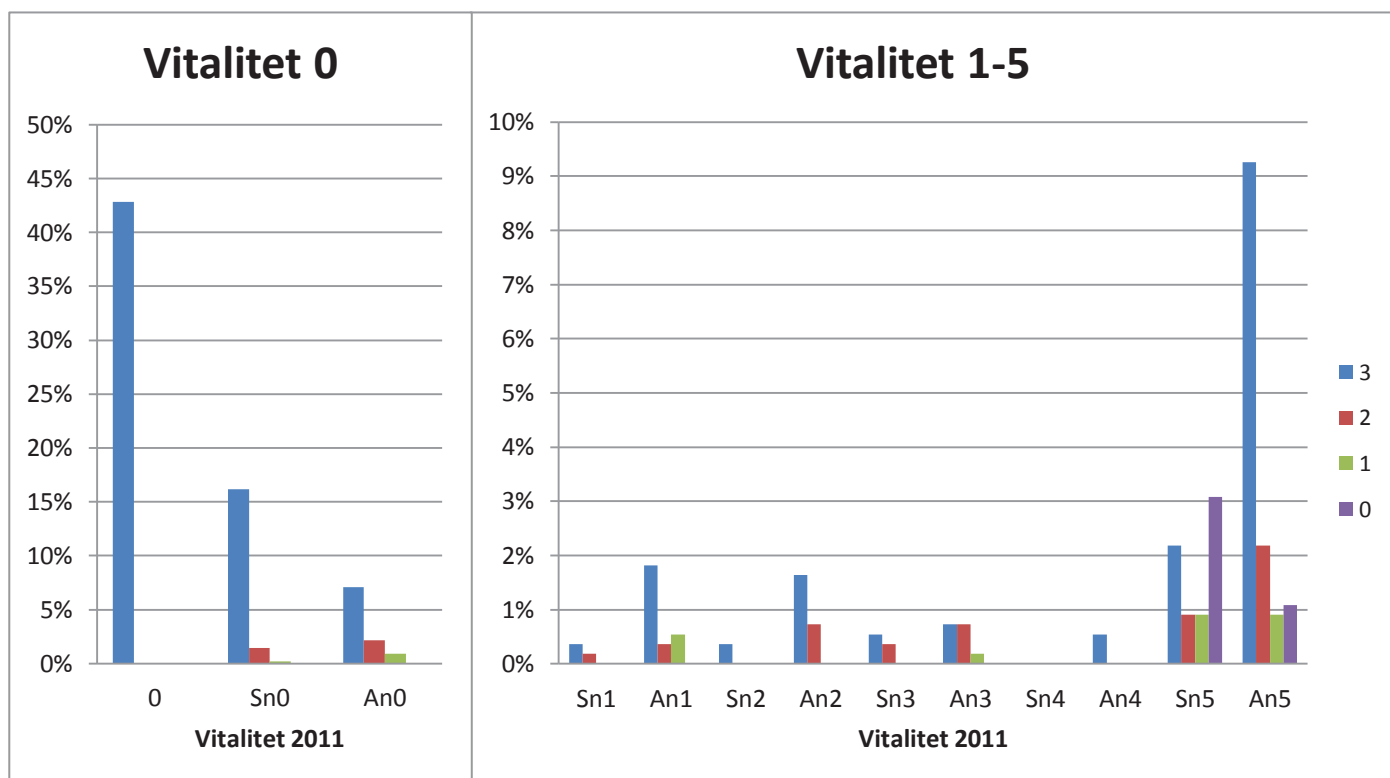
For antall biller i forhold til antall skadde planter ble det tatt utgangspunkt i antall planter registrert ved starten av 2011. Antall biller fanget i 2011 ble sammenlignet med andelen planter skadet av snutebiller (figur 6). Årsaken til at andelen skadde planter i figur 6 ikke samsvarer med figur 4 er fordi figur 6 kun viser antall potensielle planter og biller for sesong 2011.



Figur 6. Antall biller pr plante sesongen 2011 mot andel skadde planter i løpet av 2011.

3.3 Vitalitet

Vitalitetsutviklingen fra 2010 til 2011 (figur 7), viste at 43 % av plantene som fortsatt var vitale uten noen form for skade, mens 38 % av plantene viste en nedgang i vitalitet. 16 prosent av disse hadde vært angrepet av snutebille, men var likevel uten nedgang i vitalitet. Av plantene som var angrepet av snutebiller 2010 var det kun 2 % som hadde gått fra fullt vital til død i løpet av en sesong, mens drøye 1 % har hatt nedgang i vitalitet. Når det gjelder andre skader var 9 % av plantene som var fullt vitale i 2010 døde ved utgangen av 2011, mens 7 % fortsatt var fullt vitale. I underkant av 5 % hadde nedgang i vitalitet forhold til 2010.



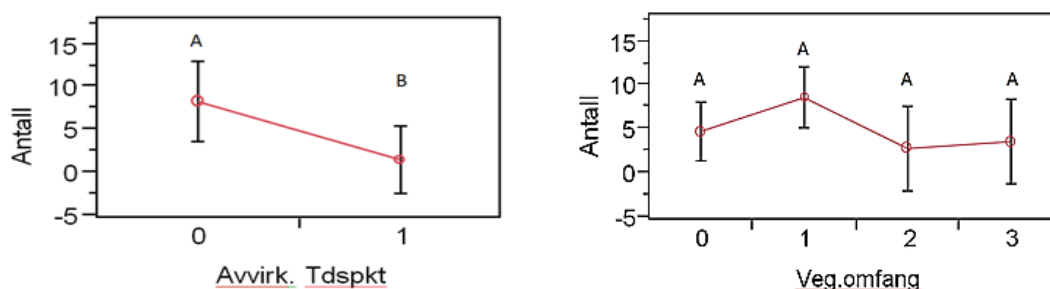
Figur 7. Fordeling av vitalitet og endring i vitalitet fra 2010 til 2011. Tallene langs x-aksen angir vitalitet for 2011, hvor 0=vital og 5=død. Y-aksen angir prosentvis andel planter. Tekstboksen angir vitalitet for 2010 hvor 0=død og 3=vital.

3.4 Antall snutebiller

Av de testede modellene for antall snutebiller hadde to modeller $AIC_{C_{min}} 0 \leq 2$, modell 3 og 4. Modell 4 ble valgt fordi denne hadde færre variabler (tabell 2). For manglende data (feller som var ødelagte) ble det beregnet sannsynlig antall biller i de manglende cellene ved hjelp av «prediction profiler» (JMP, SAS Institute) for modellen ut fra eksisterende datamateriale. I modell 4 inngikk variablene avvirkningstidspunkt, avstand til sluttet skog og vegetasjonsomfang (tabell 2). Alle variablene som inngikk i modell 4 var signifikante. Det var signifikant flere biller på flater avvirket i 2010, enn på eldre flater. Det var en trend med flere biller ved lite vegetasjonsomfang i forhold til intet, middels og stort omfang (Figur 8). Det var også signifikant færre biller med økende avstand til sluttet skog (tabell 3).

Tabell 2. Modellseleksjon for best prediksjon av antall snutebiller. Modell 4 med variablene avvirkningstidspunkt, avstand og vegetasjonsomfang er den modellen som best beskriver antall biller. Tabellen viser antall observasjoner (n), antall variabler (k), AICc verdi, $\Delta_i = AICc_i - AICc_{min}$, w_i =normalisert sannynlighet. *= $p > 0,05$.

Modell	n	k	Rsqr	AICc	Δ_i	w_i	Sannsynlighet	Variabel	p-verdi
3	50	4	0.5652	302.529	0.0000	0.666	1.000	Intercept	0.0002*
								Bonitet	0,4870
								Avvirk. Tdspkt	0,0392*
								Avstand	0,0075*
								Veg.omfang	0,0445*
4	50	3	0.5788	303.907	1.3780	0.334	1.992	Intercept	0.0001*
								Avvirk. Tdspkt	0,0485*
								Avstand	0,0077*
								Veg.omfang	0,0096*



Figur 8. Students- t test for avvirkningstidspunkt for antall snutebiller og Tukey HSD test for vegetasjonsomfang for antall snutebiller. Forskjellig bokstav angir signifikant forskjell på 5% nivå.

Tabell 3. F- test for avstand i forhold til antall snutebiller. Økende avstand ga færre biller.

Parameter	Estimate	Std Error	F-ratio	Prob> t
Avstand	-0,113881	0,040515	7.9009	0,0075*

3.5 Angrep/ikke angrep fra snutebiller

Av modellene testet for angrep/ikke angrep av snutebiller var det fem modeller som var innenfor intervallet $0 \leq 2$ i forhold til lågeste AICc-verdi (tabell 4). Modell 2 er den beste tilpassede modellen, men modell 4 ble valgt som modell for å beskrive angrep av snutebiller, på grunn av liten forskjell i AICc-verdi og 2 færre variabler. I modellen inngår variablene avstand, bonitet, plantetype, vegetasjonsomfang og nærhet til stubbe.

Tabell 4. Modellseleksjon for angrep/ikke angrep fra snutebiller.

Modell	n	k	AIC _c	Δ_i	w_i	Sannsynlighet	Variabel	p-verdi
2	651	7	776.264	0.000	0.273	1.000	Intercept	<.0001*
							Avstand	0.0382*
							Avvirk tdspkt	0.1057
							Bonitet	<.0001*
							Pl.type	<.0001*
							Veg.omfang	<.0001*
							Veg.type	0.0985
							Stubbe	0.508
4	651	5	776.568	0.304	0.235	1.164	Intercept	<.0001*
							Avstand	0.0871
							Bonitet	<.0001*
							Pl.type	<.0001*
							Veg.omfang	<.0001*
							Stubbe	0.0277*
3	651	6	776.793	0.529	0.210	1.303	Intercept	<.0001*
							Avstand	0.073
							Bonitet	<.0001*
							Pl.type	<.0001*
							Veg.omfang	<.0001*
							Veg.type	0.1115
							Stubbe	0.0385*
5	651	4	777.432	1.168	0.152	1.793	Intercept	<.0001*
							Bonitet	<.0001*
							Pl.type	<.0001*
							Veg.omfang	<.0001*
							Stubbe	0.0277*
1	651	8	777.747	1.483	0.130	2.099	Intercept	<.0001*
							Avstand	0.0311*
							Fuktighet	0.4337
							Avvirk tdspkt	0.0821
							Bonitet	<.0001*
							Pl.type	<.0001*
							Veg.omfang	<.0001*
							Veg.type	0.0823
							Stubbe	0.0574

Resultatene viser at det var en økende fare for skade med økende avstand til sluttet skog, men denne effekten var ikke signifikant (tabell5). For bonitet var det signifikant større sjanse for angrep ved bonitet 20 i forhold til bonitet 14 og 17. For plantetype var det signifikant større sjanse for angrep på M95-1 åring i forhold til M95-2åring og M60-2åring, og signifikant større sjanse for angrep på M95-åring i forhold til M60-2åring. For vegetasjonsomfang, var det signifikant større sjanse for angrep for lite og middels vegetasjonsomfang i forhold til stort omfang, og trend til større sjanse for angrep ved lite omfang i forhold til stort omfang. Det var signifikant større sjanse for angrep ved lite vegetasjonsomfang, i forhold til intet og middels vegetasjonsomfang. Det var signifikant større sjanse for angrep på planter som ikke stod inntil stubbe.

Tabell 5. Effekttabell for variablene som inngår i modell 4. *= $p>0,05$, **= $p>0,10$

Forventet effekt i forhold til angrep				
Avstand				
Angrepet	Ikke angrepet	Sannsynlighet		
Max	Min	2,4095	**	
Min	Max	0,4150	**	
Bonitet				
Angrepet	Ikke angrepet	Sannsynlighet		
14	17	0,9214		
14	20	0,2825	*	
17	20	0,3066	*	
17	14	1,0853		
20	14	3,5401	*	
20	17	3,2619	*	
Plantetype				
Angrepet	Ikke angrepet	Sannsynlighet		
M95-1år	M95-2år	4,2606	*	
M95-1år	M60-2år	11,5665	*	
M95-2år	M60-2år	2,7147	*	
M95-2år	M95-1år	0,2347	*	
M60-2år	M95-1år	0,0865	*	
M60-2år	M95-2år	0,3684	*	
Vegetasjonsomfang				
Angrepet	Ikke angrepet	Sannsynlighet		
Intet	Lite	0,4975	*	
Intet	Middels	0,8365		
Lite	Middels	1,6814	*	
Intet	Stort	2,1248	**	
Lite	Stort	4,2709	*	
Middels	Stort	2,5401	*	
Lite	Intet	2,0010	*	
Middels	Intet	1,1954		
Middels	Lite	0,5947	*	
Stort	Intet	0,4706	**	
Stort	Lite	0,2341	*	
Stort	Middels	0,3937	*	
Stubbe				
Angrepet	Ikke angrepet	Sannsynlighet		
Ikke inntil	Inntil	1,5239	*	
Inntil	Ikke inntil	0,6562	*	

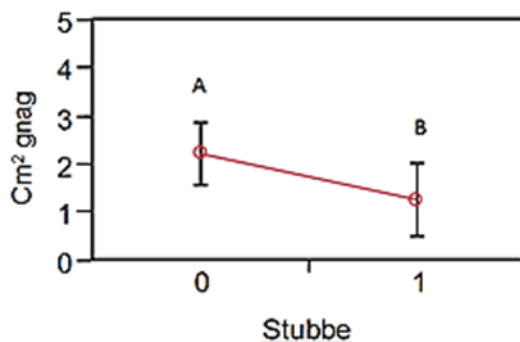
3.6 Mengde snutebillegnag på skadde planter

Av modellene som ble testet hadde modell 7 og 8 lågest AICc-verdi intervallet $AICc_{min} \leq 2$.

Det var signifikant mindre gnag på planter som stod inntil stubber (figur 9).

Tabell 6. Modellseleksjon for cm^2 gnag. Modell 7 og 8 har AICc – min <2. *= $p > 0,05$

Modell	n	k	Rsqradj	AICc	Δ_i	w_i	Sannsynlighet	Faktorer	p-verdi
7	225	2	0.198	960.961	0	0.550	1	Intercept	<.0001*
								Veg.omfang	0.0293*
								Stubbe	0.0016*
8	225	1	0.168	961.359	0.398	0.450	1.220	Intercept	0.0001*
								stubbe	0.0007*



Figur 9. Resultat av Students t-test for ikke inntil (0) og inntil (1) stubbe. Forskjellig bokstav angir signifikant forskjell.

3.7 Avgang for planter gitt snutebilleskade

For avgang hos planter, som var skadet av snutebiller, var det to modeller som best beskrev

avgang hos plantene (tabell 7). Modell 6 var den modellen som best forklarer avgangen.

Sannsynligheten for avgang øker signifikant med økende cm^2 gnag, økende avstand fra sluttet skog, minkende jordfuktighet, og ved intet eller lite vegetasjonsomfang i forhold til middels omfang. Det var også en trend at avgangen er høyere for intet omfang i forhold til lite omfang (tabell 8).

Tabell 7. Modellseleksjon for avgang hos planter gitt snutebilleskade. Modell 5 og 6 er de modellene som best beskriver avgang gitt snutebilleskade.

Modell	n	k	AICc	Δ_i	w_i	Sannsynlighet	Variabler	p-verdi
6	225	4	263.072		0	0.586	1 Intercept	0.1707
							Cm2 gnag	<.0001*
							Avstand	0.0283*
							Fukt	0.0018*
							Veg.omfang	0.0285*
5	225	5	263.763	263.763	0.414	1.413	Intercept	0.1875
							Cm2 gnag	<.0001*
							Avstand	0.1033
							Fukt	0.0051*
							Avvirk.tdspkt	0.2158
							Veg.omfang	0.0705*

Tabell 8. Effekttabell for variabler som inngår i modell 6. *= $p>0,05$, **= $p>0,10$

Forventet effekt i forhold til avgang			
Cm2 gnag			
Død	Ikke død	Sannsynlighet	
Max	Min	233,5187	*
Min	Max	0,0043	*
Avstand			
Død	Ikke død	Sannsynlighet	
Max	Min	7,2416	*
Min	Max	0,1381	*
Fukt			
Død	Ikke død	Sannsynlighet	
Max	Min	0,0627	*
Min	Max	15,9420	*
Vegetasjonsomfang			
Død	Ikke død	Sannsynlighet	
Intet	Lite	1,4244	**
Intet	Middels	3,6567	*
Lite	Middels	2,5672	*
Intet	Stort	1,2801	
Lite	Stort	0,8986	
Middels	Stort	0,3501	
Lite	Intet	0,7020	**
Middels	Intet	0,2735	*
Middels	Lite	0,3895	*
Stort	Intet	0,7812	
Stort	Lite	1,1128	
Stort	Middels	2,8567	

3.8 Påvirkes plantetilveksten året etter snutebilleskade?

For rothalstilvekst ble det ikke funnet noen signifikante forskjeller i tilvekst mellom planter skadet av snutebiller året før og uskadde planter (tabell 9 og 10). Verken cm² gnag eller skade/ikke skade hadde signifikant innvirkning på modellen som beskriver rothalstilveksten. Den variabelen i modellen som best beskrev rothalstilvekst var jordfuktighet. Økende fuktighet ga lågere tilvekst ($p < 0,0001$).

For høgdetilvekst, var nærhet til stubbe den variabelen som beskrev tilveksten best, hvor planter inntil stubbe hadde signifikant høyere høgdetilvekst ($p < 0,0001$).

Tabell 9. Rothalstilvekst mot skadd/ikke skadd av snutebiller

Analysis of variance					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob > F
Skadd/ikke skadd 2010	1	0,062629	0,062629	0,9032	0,3425
Error	421	29,192211	0,069340		
C. Total	422	29,254840			

Tabell 10 Høgdetilvekst mot skadd/ikke skadd av snutebille

Analysis of variance					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob > F
Skadd/ikke skadd 2010	1	0,033026	0,033026	1,1127	0,2921
Error	421	12,495384	0,029680		
C. Total	422	12,528410			

3.9 Kan toppskuddlengde eller rothalsdiameter predikere skadeomfang og planteavgang året etter?

Verken toppskuddlengde eller rothalsdiameter så ut til å påvirke plantenes vitalitet. Det var ingen signifikant sammenheng mellom disse variablene og skade, cm² gnag eller avgang påfølgende sesong (tabell 11 og 12).

Tabell 11. Toppskuddlengde mot skade, cm² gnag og avgang påfølgende sesong.

Toppskuddlengde i forhold til skade/ikke skade, cm ² gnag og avgang.					
Analysis of variance					
Source	DF	Sum of squares	Mean square	F ratio	Prob> F
Skade	1	470,7	470,65	0,1687	0,6815
Error	550	1534859	2790,65		
C. Total	551	1535329,6			
Analysis of variance					
Source	DF	Sum of squares	Mean square	F ratio	Prob> F
Cm2	1	13,34	13,34	0,0075	0,9311
Error	116	205809,73	1774,22		
C. Total	117	205823,07			
Analysis of variance					
Source	DF	Sum of squares	Mean square	F ratio	Prob> F
Avgang	1	326,88	1,14053	0,37	0,5442
Error	116	205469,19	3,08221		
C. Total	117	205823,07			

Tabell 12. Rothalsdiameter mot skade, cm² gnag og avgang påfølgende sesong.

Rothalsdiameter i forhold til skade/ikke skade, cm ² gnag og avgang.					
Analysis of variance					
Source	DF	Sum of squares	Mean square	F ratio	Prob> F
Skade	1	4,4225	4,42253	1,2482	0,2644
Error	552	1955,7828	3,54308		
C. Total	553	1960,2053			
Analysis of variance					
Source	DF	Sum of squares	Mean square	F ratio	Prob> F
Cm2	1	0,56848	0,56848	0,1841	0,6686
Error	117	361,19114	3,0871		
C. Total	118	361,75963			
Analysis of variance					
Source	DF	Sum of squares	Mean square	F ratio	Prob> F
Avgang	1	1,14053	1,14053	0,37	0,5442
Error	117	360,6191	3,08221		
C. Total	118	361,75963			

4 Diskusjon

4.1 Vitalitet

For vitalitetsutviklingen fra 2010 til 2011, så var det 43 % som fortsatt var vitale uten noen form for skade, mens 38 % hadde nedgang i vitalitet (figur 7). 16 % prosent av disse hadde vært angrepet av snutebille, men var likevel uten nedgang i vitalitet. Kun 2 % hadde gått fra fullt vital til død i løpet av en sesong, mens drøye 1 % hadde nedgang i vitalitet. Dette tyder på at planten ikke dør eller viser tegn til svekkelse innen kort tid etter angrep. Andre skader derimot, som for eksempel skader forårsaket av elg, hare og mus, har en mer direkte påvirkning på plantene. Ni prosent av plantene som var fullt vitale i 2010 døde i løpet av 2011, mens 7 % fortsatt var vitale. I underkant av 5 % hadde nedgang i vitalitet, men var fortsatt i live i forhold til 2010.

4.2 Antall snutebiller

Snutebillene ble hovedsakelig fanget i de tre første periodene, noe som stemmer overens med hva tidligere studier har vist (Nordenhem & Eidmann, 1991). Jeg fant ingen sammenheng mellom billepresset på hogstflaten, uttrykt som antall fangede snutebiller per gjenlevende plante og andelen skadde planter. Årsaken kan være at et stort antall biller gjør at alle planter vil bli besøkt av snutebille i løpet av sesongen, uavhengig av lokalitet (Björklund et.al 2003), og at skadene ikke er tetthetsavhengig, men skyldes andre faktorer. For tre år gamle flater derimot så det ut til å være en sammenheng mellom andelen skadde planter og antallet biller per plante. Det kan skyldes at tredje året opptrer både foreldregenerasjonen og avkom samtidig (von Sydow, 1997; Örlander et al., 1997). På ett og to år gamle flater finnes det hovedsakelig immigrerte biller med utviklet flygemuskulatur, hvorav 99 % av billene på en flate har flygemuskulatur første året, mens andelen har sunket til 20 % andre året (Örlander et al., 2000). En annen mulig årsak til sammenhengen mellom antall biller og skader det tredje året er at de voksne snutebillene da har degenerert vingemuskulatur og at den nye generasjonen ($a+2$) ikke utvikler vingemuskulatur før senere på sesongen (Örlander et al., 2000). Dette kan gjøre at tilsluttende skog ikke utgjør en like viktig alternativ næringskilde, siden størstedelen av næringsgnaget forgår på våren under migrasjonen (Örlander et al., 2000). Det vil si at avstanden til tilsluttende skog er viktigst det første året. Siden billene tredje året beveger seg i størst grad på bakken vil det kunne gi en større sammenheng mellom antall fangede biller og skadeomfang, enn flater hvor flygedyktige biller i tillegg til biller med degenerert flygemuskulatur opptrer samtidig.

Antallet snutebiller pr flate ble best beskrevet av variablene hogsttidspunkt, avstand og vegetasjonsomfang (modell 4). Modellen indikerer at det er flere biller som går i fellene kort tid etter avvirkning, med middels til høgt vegetasjonsomfang og med minkende avstand fra flatekant. Når snutebillene får velge, foretrekker de områder med delvis skygge og fuktighet framfor tørre, sol- og vindeksponerte flater (Christiansen & Bakke, 1971; von Sydow og Örlander, 1994; Björklund, 2008). Det minkende antall snutebiller med økende avstand fra sluttet skog korresponderer med funnene til Örlander et al. (2000). Avstand, avvirkningstidspunkt og vegetasjonsomfang sier noe om fordelingen av snutebiller i tid og rom på foryngelsesflata. Det kunne ikke påvises noen sammenheng mellom antall biller og deres romlige fordeling og hvor og hvordan skader på foryngelsen vil oppstå. Antall snutebiller kan dermed ikke brukes for å predikere hvor alvorlig skadene på foryngelsen vil være (Örlander et al., 1997). Wilson et al. (1996) kom fram til at antall biller i seg selv ikke kunne forklare skadegraden, men var mer avhengig av billenes biologi og preferanser.

4.3 Angrep / ikke angrep

De variablene som best beskriver om billene angriper plantene eller ikke, er avstand, bonitet, plantetype, vegetasjonsomfang og hvorvidt planta står inntil stubbe eller ikke. Det var større sannsynlighet for at planter som står langt fra tilsluttende skog blir angrepet, i forhold til planter som står nærme. Dette kan skyldes at snutebillene finner alternativ føde i tilsluttende skog i stedet for å angripe småplanter (Bejer-Petersen, 1975; von Sydow & Örlander 1994 og Wallertz, 2009), og ser ut til å være uavhengig av mikroklimaet (Nordlander et al., 2003b). Det er tidligere blitt funnet at det er positiv korrelasjon mellom lysintensitet og andelen skader. Det kan skyldes større forskjell i bakketemperatur enn lufttemperatur mellom lukket skog og åpne hogstflater, hvor temperaturen er høyere på åpne flater som følge av større lysintensitet (von Sydow & Örlander, 1994). Den optimale temperaturen ved egglegging er 22°C (Christiansen & Bakke, 1968), og sees dette i lys av at hunner foretar 40 % - 50 % mer næringsgnag i eggleggingsperioden (Bylund et al., 2004), kan dette forklare en høyere skaderate med økende avstand i fra sluttet skog. Høg bonitet økte sjansen for at plantene blir angrepet. Det er mulig dette skyldes at mer produktiv mark gir flere biller i løpet av de første par årene, mens det på svakere mark fordeles over en lengre periode. For plantematerialet som inngikk i forsøket så var ett årige M95 planter mer utsatt for angrep enn både to årige M60 og M95 planter. Dette tyder på at større planter er mindre utsatt for angrep enn hva tilfellet er for mindre planter, noe som korresponderer med resultatene til Heiskanen & Viiri (2005).

Årsaken kan være at to år gamle planter har flere kvaekanaler med mer kvae-innhold enn 1 år gamle planter (Sallas et al.; 1999, Wainhouse et al., 2009).

Stort vegetasjonsomfang ga mindre sannsynlighet for angrep enn for middels, lite og intet vegetasjonsomfang. Middels omfang ga lågere sannsynlighet for angrep i forhold til lite vegetasjon. Petersson (2004) hevder at humusen i seg selv gir nok skjul uavhengig av vegetasjon, og at dermed vegetasjon ikke nødvendigvis er relevant for skadeomfanget. Dette baseres på antagelsen om at tilstrekkelig skjul i nærheten av vertsplanten er viktig (Bjørklund, 2004). At det i denne undersøkelsen var signifikant forskjell på vegetasjonsomfang kan skyldes at prøveflater med mye vegetasjon ga alternativ føde for snutebillene og at småplantene var vanskelig å lokalisere (Bjørklund et al., 2005), eller at konkurrerende vegetasjon ga planter med mindre næringsinnhold (Wilson et al., 1996). Der hvor det derimot ikke fantes vegetasjon, var sannsynligheten for angrep mindre enn på sirkelflater med lite vegetasjon. Det er mulig at vegetasjonsløse prøveflater gjør snutebillene mer utsatt for predasjon og høyere temperaturer, i forhold til områder med vegetasjon (Bjørklund, 2004; Nordlander et al., 2005). Det kan se ut til at snutebillene foretrakk områder med litt vegetasjon, mens områder med mye vegetasjon ga lågere angrepsrisiko, mens vegetasjonsløse flater ikke ga tilstrekkelig skjul til at snutebillene oppholder seg der.

Det var overraskende det var lågere sannsynlighet for angrep på planter som sto inntil stubber, siden snutebillene bruker røttene på stubber som yngelssubstrat. Wallertz et al., (2005) fant at snutebillepopulasjonen på en flate konsumerte 2,9 m² bark per ha., noe som utgjør en betydelig andel av billenes totale næringsinntak det første året etter hogst. Det er mulig at snutebillene, framfor å angripe småplantene, spiser barken av røttene på stubben. Planter med lågere vitalitet var mer utsatt for angrep (Wallertz et al., 2005), og det kan skyldes at planter som vokser inntil stubber er mer vitale og mindre utsatt for stress. Om planta sto inntil stubbe er også avgjørende for hvor alvorlig planta blir skadet. Det var signifikant mindre gnag på planter som vokste inntil stubbe, noe som tyder på at billene ikke oppholder seg like lenge på slike planter som på frittstående planter. Dette kan skyldes at det er mindre vegetasjon inntil stubben, noe som kan gi samme effekt som mineraljord i en markberedningsflekk, og at billene velger å avbryte næringsgnaget (Örlander & Nordlander, 2004; Petersson, 2004). En annen forklaring kan være at planter inntil stubber har bedre tilgang til næring. Særlig i løpet av andre året etter planting responderer plantene positivt på nitrogentilførsel og øker produksjon av kvae som gir mindre smakelighet (Wainhouse et al., 2009). Hansen et al., (2005) fant ingen sammenheng mellom intensitet av gnag og avstand til stubbe. I motsetning

til Hansen et al., (2005) som analyserte avstand til stubbe som en kontinuerlig variabel ble det i denne oppgaven kun sett på om planta sto inntil stubbe eller ikke. Resultatene fra de to undersøkelsene kan dermed ikke sammenlignes direkte.

4.4 Avgang

Avgangen hos planter med snutebillegnag, beskrives best med cm^2 gnag, avstand fra sluttet skog, fuktighet og vegetasjonsomfang. Avgangen økte med økende cm^2 gnag (Heiskanen & Viiri, 2005). Økende avstand fra sluttet skog ga økende sannsynlighet for avgang. Dette har antagelig sammenheng med at angrepssannsynlighet også økte med økende avstand fra sluttet skog, noe som igjen påvirker sannsynligheten for overlevelse. Tørre vekstplasser hadde større avgang enn fuktige, og grunnen til dette kan være at småplantene er mer utsatt for tørkestress og dermed ikke tåler et eventuelt angrep fra snutebiller (Selander & Immonen, 1992). Flater med middels vegetasjonsomfang var minst utsatt for avgang, i forhold til flater med lite eller ingen vegetasjon. Flater med ingen vegetasjon hadde lågere overlevelse enn de med lite vegetasjon. Dette kan tolkes som at flater med mindre vegetasjon gjerne er i tørrere områder, som kan gi plantene økt tørkestress. Flater med stort vegetasjonsomfang hadde nesten 3 ganger høyere sannsynlighet for avgang i forhold til flater med middels vegetasjonsomfang, men dette var ikke signifikant. Grunnen til at avgangen var mindre på flater med middels vegetasjonsomfang i forhold til flater med stort omfang, kan skyldes at konkurrerende vegetasjon hindrer skadde planter tilstrekkelig rekonvalesens etter angrep.

4.5 Tilvekst

Høydetilveksten året etter skade ble ikke signifikant påvirket, i motsetning til resultatene til Heiskanen & Viiri (2005), Zas et al. (2005) og Sampedro, (2009). Ut fra deres studier ble tilveksten negativt påvirket som følge av snutebillegnag og omfanget av gnag. Zas et al. (2005) og Sampedro, (2009) brukte i sine forsøk furu, som har en raskere tilvekstrespons enn gran, så det er mulig at tilvekstresponsen hos gran er mer forsinket enn hva som er tilfellet hos furu. Det kunne heller ikke påvises noen sammenheng mellom diametertilvekst og skade året før. Thorsen et al. (2001) fant sterk korrelasjon mellom diametertilvekst og gnagareal på planta, men hadde et større spekter i rothalsdiameter enn hva som inngikk i denne studien. Årsaken til resultatene i denne studien kan skyldes at det er forsinket tilvekst hos granplantene de første årene etter planting til tilstrekkelig rotkontakt er oppnådd, og at signifikant forskjell i tilvekst først vil opptre på et senere tidspunkt. Det er knyttet større rom for feilmålinger i rothals enn for høydetilvekst, på grunn av at rothalsdiameteren er liten og et lite avvik i måling gir store avvik i tilvekstprosent. En annen mulighet er at høydetilveksten er et bedre

mål for tilvekst de første årene etter planting enn diameter-tilvekst, siden planter i ungdomssfasen prioriterer tilvekst i høyden framfor i bredden.

Resultatene viste ingen signifikant sammenheng mellom fjorårets tilvekst og sannsynligheten for angrep, cm² gnag og avgang. Dette betyr at tilvekst ikke er et tilstrekkelig mål på hvorvidt plantene vil være utsatt for snutebilleangrep.

5 Konklusjon

Denne undersøkelsen viser at snutebillene er en alvorlig skadegjører, men at det var stor forskjell i skader og avgang mellom foryngelsesflater, også innen den enkelte foryngelsesflate.

Antallet biller korrelerte ikke med antall skadde planter, som vil si at billetrykk ikke vil kunne predikere omfanget av skader. Hvorvidt en plante blir angrepet avhenger av plantas beskaffenhet og omgivelsene rundt planta.

Det som best forklarte om en plante ble angrepet eller ikke var avstand til sluttet skog, bonitet, plantetype, vegetasjonsomfang og om planten var plantet inntil stubbe. Sannsynligheten for angrep økte med økende avstand til sluttet skog, grannere plantemateriale, på høg bonitet, ved midlere vegetasjonsomfang i forhold til områder med tett vegetasjon eller ingen vegetasjon, og om planta ikke sto inntil stubbe.

Om planta sto inntil stubbe var av betydning for hvor alvorlig planta ble skadet, hvor planter inntil stubbe hadde signifikant mindre gnag enn planter som sto fritt på foryngelsesflata. Avgangen hos skadde granplanter, økte med økende grad av gnag, med økende avstand til sluttet skog, og i tørre områder med middels omfang av vegetasjon.

Tilveksten året etter skade ble ikke signifikant påvirket. Vitalitetsmålene rothalsdiameter og toppskuddlengde kunne ikke predikere sannsynligheten for angrep, snutebillegnag eller avgang.

I denne undersøkelsen var foryngelsesfeltene innenfor et relativt begrenset geografisk område, og med relativt lite utvalg, slik at resultatene ikke nødvendigvis lar seg overføre til andre områder. Et større utvalg hvor man inkluderer flere variabler vil kunne gi bedre modeller for prediksjon av snutebilleskader. En slik modell vil kunne være et verdifullt verktøy for de som planlegger og gjennomfører hogst, hvor man på foryngelsesflater med stor fare for snutebilleskader kan ta nødvendige grep for å sikre tilfredsstillende foryngelse.

6 Litteraturliste

Anon. 2010. PEFC international standard.

Bakke A. & Lekander B. 1965. Studies on *Hylobius abietis* L. : II. The influence of exposure on the development and production of *Hylobius abietis*, illustrated through one Norwegian and one Swedish experiment. *Meddelelser fra Det norske Skogforsøksvesen* 20, 115-135.

Bejer-Pettersen B., Juutinen, P., Kangas, E., Bakke, A., Butovitsch, V., Eidmann, H.H., Hedqvist, K. J. & Lekander, B. 1962 Studies on *Hylobius abietis* L. 1. Development and life in the Nordic countries. *Acta Entomologica Fennica*. 17, 1-106.

Bejer-Petersen, B. (1975). Length of development and survival of *Hylobius abietis* as influenced by silvicultural exposure to sunlight. *Kongelige Veterinaer og Landbohøjskole*, 111-20.

Björklund, N., Nordlander, G., & Bylund, H. (2003). Host-plant acceptance on mineral soil and humus by the pine weevil *Hylobius abietis* (L.). *Agricultural and Forest Entomology*, 5, 61-66.

Björklund, N., Nordlander, G., & Bylund, H. (2005). Olfactory and visual stimuli used in orientation to conifer seedlings by the pine weevil, *Hylobius abietis*. *Physiological entomology*, 30, 225-231.

Björklund, N. (2008). Cues for shelter use in a phytophagous insect. *Journal of insect behavior*, 21, 9-23.

Brixey, J. (1997). The potential for biological control to reduce *Hylobius abietis* damage. *Research Information Note-Forestry Commission*, (273).

Bylund, H., Nordenhe, H., & Nordlander, G. (2003) Is the parasitoid *Perilitus areolaris* a significant mortality factor for adult pine weevils?. Forest Insect Population Dynamics and Host Influences. *Proceedings IUFRO Kanazawa 2003, International Symposium*, 144.

Bylund, H., Nordlander, G., & Nordenhem, H. (2004). Feeding and oviposition rates in the pine weevil *Hylobius abietis* (Coleoptera: Curculionidae). *Bulletin of Entomological Research*, 94, 307-317.

Christiansen, E., & Bakke, A. (1968). Temperature preference in adults of *Hylobius abietis* L.(Coleoptera: Curculionidae) during feeding and oviposition. *Zeitschrift für angewandte Entomologie*, 62, 83-89.

Christiansen, E., & Bakke, A. (1971). Feeding activity of the pine weevil, *Hylobius abietis* L. Col. Curculionidae), during a hot period. *Norsk Entomologisk Tidskrift*, 18, 109-111.

Dillon, A. B., Downes, M. J., Ward, D., & Griffin, C. T. (2007). Optimizing application of entomopathogenic nematodes to manage large pine weevil, *Hylobius abietis* L.(Coleoptera:

- Curculionidae) populations developing in pine stumps, *Pinus sylvestris*. *Biological control*, 40, 253-263.
- Ennis, D. (2009). Behavioural interactions between the large pine weevil, *Hylobius abietis* L.(Coleoptera: Curculionidae), and entomopathogenic nematodes (Doctoral dissertation, National University of Ireland Maynooth).
- Hansen, L. W., Ravn, H. P., & Geldmann, J. (2005). Within-and between-stand distribution of attacks by pine weevil [*Hylobius abietis* (L.)]. *Scandinavian journal of forest research*, 20, 122-129.
- Härilin, C., & Eriksson, S. (2012). Test av mekaniska plantskydd och insekticider mot snytbaggas, anlagt våren 2009. Asa forskningspark, Sveriges lantbruksuniversitet.
- Härilin, C., & Eriksson, S. (2013). Preliminär rapport – test av mekaniske plantskydd och insekticider mot snytbaggaskador. Anlagt våren 2011 på både omärkberedda och märkberedda hyggen, resultat efter 2 år, hösten 2012. Asa forskningspark, Sveriges lantbruksuniversitet.
- Heijari, J., Nerg, A. M., Kainulainen, P., Viiri, H., Vuorinen, M., & Holopainen, J. K. (2005). Application of methyl jasmonate reduces growth but increases chemical defence and resistance against *Hylobius abietis* in Scots pine seedlings. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 115, 117-124.
- Heiskanen, J. & Viiri, H., (2005). Effects of mounding on damage by the European pine weevil in planted Norway spruce seedlings. *Northern Journal of Applied Forestry*, 22, 154-161.
- Holt Hanssen, K. & Ødegården, V. (2009) Effekter av insekticidene Merit Forest og Karate Zeon. *Rapport fra Skog og landskap 05*, 16 p.
- Holt Hanssen, K. (2009). Snutebilleskader på Vestlandet og i Trøndelag. *Rapport fra Skog og landskap 01*, 19 p.
- Holt Hanssen, K. (2011). Snutebilleskader på Øst- og Sørlandet 2010. *Rapport fra Skog og landskap 09*, 20 p.
- Kindvall, O., Nordlander, G., & Nordenhem, H. (2000). Movement behaviour of the pine weevil *Hylobius abietis* in relation to soil type: an arena experiment. *Entomologia experimentalis et applicata*, 95, 53-61.
- Kohmann, K., Holt Hanssen, K & Ødegården, V. 2009 Effekter av insekticidene Merit Forest og Karate Zeon på gnag og planteutvikling. *Oppdragsrapport fra Skog og landskap 05*, 11 p.
- Leather, S. R., Ahmed, S. I., & Hogan, L. (1994). Adult feeding preferences of the large pine weevil, *Hylobius abietis* (Coleoptera: Curculionidae). *European Journal of Entomology*, 91, 385-385.

- Leather, S. R., Small, A. A., & Bøgh, S. (1995). Seasonal variation in local abundance of adults of the large pine weevil, *Hylobius abietis* L.(Col., Curculionidae). *Journal of Applied Entomology*, 119, 511-513.
- Leather, S. R., Day, K. R., & Salisbury, A. N. (1999). The biology and ecology of the large pine weevil, *Hylobius abietis* (Coleoptera: Curculionidae): a problem of dispersal?. *Bulletin of Entomological Research*, 89, 3-16.
- Lekander, B., Eidmann, H. H., Bejer, B., & Kangas, E. (1985). Time of oviposition and its influence on the development of *Hylobius abietis* (L.)(Col., Curculionidae). *Zeitschrift für angewandte Entomologie*, 100, 417-421.
- Linnaeus, C. (1767). *Mantissa Plantarum Generum Editionis VI et Specierum Editionis II*. Stockholm.
- Löf, M., Isacson, G., Rydberg, D., & Welander, T. N. (2004). Herbivory by the pine weevil (*Hylobius abietis* L.) and short-snouted weevils (*Strophosoma melanogrammus* Forst. And *Otiorhynchus scaber* L.) during the conversion of a wind-thrown Norway spruce forest into a mixed-species plantation. *Forest Ecology and Management*, 190, 281-290.
- Långström, B. (1982). Abundance and seasonal activity of adult *Hylobius*-weevils in reforestation areas during first years following final felling. *Finnish Forest Research Institute* 106, 23p.
- Långström, B. & Day K.R. 2004. Damage, control and management of weevil pests, especially *Hylobius abietis*. Chapter 19, in: Lieutier, F., Day, K.R., Battisti, A., Gregoire, J.-C. & Evans, H.F. (eds.). *Bark and woodboring insects in living trees in Europe: a synthesis*, 415-444. *Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Germany*. ISBN 1-4020-2240-9
- Manlove, J. D., Styles, J., & Leather, S. R. (1997). Feeding of the adults of the large pine weevil, *Hylobius abietis* (Coleoptera: Curculionidae). *European Journal of Entomology*, 94, 153-156.
- Moore, R. (2001). Emergence trap developed to capture adult large pine weevil *Hylobius abietis* (Coleoptera: Curculionidae) and its parasite *Bracon hylobii* (Hymenoptera: Braconidae). *Bulletin of entomological research*, 91, 109-115.
- Moreira, X., Zas, R., & Sampedro, L. (2012). Methyl jasmonate as chemical elicitor of induced responses and anti-herbivory resistance in young conifer trees. In *Plant Defence: Biological Control*, 345-362. Springer Netherlands.
- Nilsson, U., & Örlander, G. (1995). Effects of regeneration methods on drought damage to newly planted Norway spruce seedlings. *Canadian Journal of Forest Research*, 25, 790-802.
- Nilsson, U., Luoranen, J., Kolström, T., Örlander, G., & Puttonen, P. (2010). Reforestation with planting in northern Europe. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 25, 283-294.

- Nordenhem, H. (1989). Age, sexual development, and seasonal occurrence of the pine weevil *Hylobius abietis* (L.). *Journal of Applied Entomology*, 108, 260-270.
- Nordenhem, H., & Eidmann, H. H. (1991). Response of the pine weevil *Hylobius abietis* L.(Col., Curculionidae) to host volatiles in different phases of its adult life cycle. *Journal of Applied Entomology*, 112, 353-358.
- Nordlander, G., Eidmann, H. H., Jacobsson, U., Nordenhem, H., & Sjödin, K. (1986). Orientation of the pine weevil *Hylobius abietis* to underground sources of host volatiles. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 41, 91-100.
- Nordlander et. Al 1997. Nordlander, G., Nordenhem, H., & Bylund, H. (1997). Oviposition patterns of the pine weevil *Hylobius abietis*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 85, 1-9.
- Nordlander, G., Örlander, G., Petersson, M., Bylund, H., Wallertz, K., Nordenhem, H., & Långström, B. (2000). Snytbaggebekämpning utan insekticider. *Slutrapport för ett TEMA-forskningsprogram. Rapport*, 1.
- Nordlander, G., Petersson, M., von Hofsten, H., & Lindström, A. (2001). Plantskydd mot snytbagge: principerna och verkligheten. *Skogforsk, Resultat*, 12. 4 p.
- Nordlander, G., Örlander, G., & Langvall, O. (2003). Feeding by the pine weevil *Hylobius abietis* in relation to sun exposure and distance to forest edges. *Agricultural and Forest Entomology*, 5, 191-198.
- Nordlander, G., Bylund, H., Örlander, G., & Wallertz, K. (2003a). Pine weevil population density and damage to coniferous seedlings in a regeneration area with and without shelterwood. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 18, 438-448.
- Nordlander, G., Örlander, G., & Langvall, O. (2003b). Feeding by the pine weevil *Hylobius abietis* in relation to sun exposure and distance to forest edges. *Agricultural and Forest Entomology*, 5, 191-198.
- Nordlander, G., Bylund, H., & Björklund, N. (2005). Soil type and microtopography influencing feeding above and below ground by the pine weevil *Hylobius abietis*. *Agricultural and Forest Entomology*, 7, 107-113.
- Petersson, M., & Örlander, G. (2003). Effectiveness of combinations of shelterwood, scarification, and feeding barriers to reduce pine weevil damage. *Canadian Journal of Forest Research*, 33, 64-73.
- Petersson, M., Nordlander, G., & Örlander, G. (2006). Why vegetation increases pine weevil damage: Bridge or shelter? *Forest ecology and Management*, 225, 368-377.
- Pettersson, M., Kännaste, A., Lindström, A., Hellqvist, C., Stattin, E., Långström, B., & Borg-Karlson, A. K. (2008). Mini-seedlings of *Picea abies* are less attacked by *Hylobius abietis* than conventional ones: Is plant chemistry the explanation?. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 23, 299-306.

- Pye, A. E., & Claesson, R. (1981). Oviposition of the large pine weevil, *Hylobius abietis* (Coleoptera, Curculionidae), in relation to the soil surface. In *Annales entomologici fennici*, 47, 21-24.
- Sallas, L., Vuorinen, M., Kainulainen, P., & Holopainen, J. K. (1999). Effects of planting on concentrations of terpenes, resin acids and total phenolics in *Pinus sylvestris* seedlings. *Scandinavian journal of forest research*, 14, 218-226.
- Sampedro, L., Moreira, X., Martíns, P., & Zas, R. (2009). Growth and nutritional response of *Pinus pinaster* after a large pine weevil (*Hylobius abietis*) attack. *Trees*, 23, 1189-1197.
- Sampedro, L., Moreira, X., & Zas, R. (2011). Resistance and response of *Pinus pinaster* seedlings to *Hylobius abietis* after induction with methyl jasmonate. *Plant Ecology*, 212, 397-401.
- Selander, J., & Immonen, A. (1992). Effect of fertilization and watering of Scots pine seedlings on the feeding preference of the pine weevil (*Hylobius abietis* L.). *Silva fennica*, 26, 75-84.
- Solbreck, C., & Gyldberg, B. (1979). Temporal flight pattern of the large pine weevil, *Hylobius abietis* L. (Coleoptera, Curculionidae), with special reference to the influence of weather. *Zeitschrift für angewandte Entomologie*, 88, 532-536.
- Solbreck, C. (1980). Dispersal distances of migrating pine weevils, *Hylobius abietis*, Coleoptera: Curculionidae. *Entomologia experimentalis et applicata*, 28, 123-131.
- Thorsen, Å. A., Mattsson, S., & Weslien, J. (2001). Influence of stem diameter on the survival and growth of containerized Norway spruce seedlings attacked by pine weevils (*Hylobius* spp.). *Scandinavian Journal of Forest Research*, 16, 54-66.
- Thuresson, T., Samuelsson, H., & Claesson, S. (2003). Konsekvenser av ett förbud mot permترینbehandlung av skogsplantor. *Skogsstyrelsen, meddelande*, 2, 1-65.
- Toivonen, R., & Viiri, H. (2006). Adult large pine weevils *Hylobius abietis* feed on silver birch *Betula pendula* even in the presence of conifer seedlings. *Agricultural and Forest Entomology*, 8, 121-128.
- von Sydow, F., & Örlander, G. (1994). The influence of shelterwood density on *Hylobius abietis* (L.) occurrence and feeding on planted conifers. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 9, 367-375.
- Von Sydow, F. (1997). Abundance of pine weevils (*Hylobius abietis*) and damage to conifer seedlings in relation to silvicultural practices. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 12, 157-167.
- Von Sydow, F., & Birgersson, G. (1997). Conifer stump condition and pine weevil (*Hylobius abietis*) reproduction. *Canadian Journal of Forest Research*, 27, 1254-1262.

- Wainhouse, D., Boswell, R., & Ashburner, R. (2004). Maturation feeding and reproductive development in adult pine weevil, *Hylobius abietis* (Coleoptera: Curculionidae). *Bulletin of entomological research – London*, 94, 81-88.
- Wallertz, K. (2005). Pine weevil *Hylobius abietis* feeding in shelterwood systems. *Alnarp : Sveriges lantbruksuniv.* ISBN 91-576-6875-2
- Wallertz, K., Örlander, G., & Luoranen, J. (2005). Damage by pine weevil *Hylobius abietis* to conifer seedlings after shelterwood removal. *Scandinavian journal of forest research*, 20, 412-420.
- Wallertz, K., Nordlander, G., & Örlander, G. (2006). Feeding on roots in the humus layer by adult pine weevil, *Hylobius abietis*. *Agricultural and Forest Entomology*, 8, 273-279.
- Zas, R., Sampedro, L., Prada, E., Lombardero, M. J., & Fernández-López, J. (2006). Fertilization increases *Hylobius abietis* L. damage in *Pinus pinaster* Ait. seedlings. *Forest Ecology and Management*, 222, 137-144.
- Öhrn, P. (2006). Effekten av metyljasmonat som skydd mot gnag av snytbagge (*Hylobius abietis*) på gran-och tallplantor. Examensarbete i entomologi. 2006-1. *SLU department of entomology*, 27 p.
- Örlander, G., Nilsson, U., & Hällgren, J. E. (1996). Competition for water and nutrients between ground vegetation and planted *Picea abies*. *NZJ For. Sci*, 26, 99-117.
- Örlander, G., Nilsson, U., & Nordlander, G. (1997). Pine weevil abundance on clear-cuttings of different ages: A 6-year study using pitfall traps. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 12, 225-240.
- Örlander, G., & Nilsson, U. (1999). Effect of reforestation methods on pine weevil (*Hylobius abietis*) damage and seedling survival. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 14, 341-354.
- Örlander, G., & Nordlander, G. (2003). Effects of field vegetation control on pine weevil (*Hylobius abietis*) damage to newly planted Norway spruce seedlings. *Annals of forest science*, 60, 667-671.

6.1 Internettkilder

Skogforsk:

<http://www.skogforsk.se/upload/P%C3%A5%20v%C3%A4g%20mot%20insekticidfri%C3%A5terb eskogning.pdf> (Lest: 06.11.13)

Meteorologisk institutt:

<http://metlex.met.no/wiki/Termometre> (Lest 07.11.13)

FSC:

<http://se.fsc.org/download.fm-standard-sweden-v2-1.281.pdf> (Lest 04.12.13)

ekol.slu2:

<http://www2.ekol.slu.se/snytbagge/snytbaggeprogrammet.php> (Lest 25.11.13)

7 Vedlegg

Vedlegg 1:

Inventering hösten 2011, efter en säsong i fält

1. Höjd på plantan (cm)

2. Toppskottslängd (cm)

3. Sidoskott

0 = toppskott mätt

1 = sidoskott mätt

4. Rothalsdiameter, tiondels mm

5. Snytbaggegnag, omfattning

Mäts i tiondels cm², och anges med en decimal t.ex 3.2

6. Snytbaggegnagets betydelse

0 = Ingen skada

1 = Obetydlig/tveksam

2 = Något skadad

3 = Svårt skadad

4 = Livshotande skada

5 = Död

7. Annan skada

0 = Ingen skada

1 = Svamp

2 = Frost

3 = Torka

4 = Syrebrist

5 = Vegetation

6 = Vilt (Älg, Rådjur, Hare, Sork etc)

7 = Insekt, annan än snytbagge

8 = Reserv

9 = Okänd

9. Annan skada, betydelse

0 = Ingen skada

1 = Obetydlig/tveksam skada

2 = Något skadad

3 = Starkt skadad

4 = Livshotande skada

5 = Död

Vedlegg 2: Vegetasjonsomfang.



Vegetasjonsomfang 0 – intet omfang



Vegetasjonsomfang 1 – lite omfang



Vegetasjonsomfang 2 – Middels omfang



Vegetasjonsomfang 3 – Stort omfang