

Rötskador i helikoptertoppade granar invid kraftledningsgator i södra Sverige



Joakim Björnehall

Handledare: Jonas Rönnberg

Extern handledare: Jan-Erik Bjermkvist

Sveriges lantbruksuniversitet
Examensarbete, Biologi 30p
Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap
Alnarp 2008



Sammanfattning

I och med förändringarna i ellagen och den nya elförordningen (2006:1138) måste alla ledningar över 25 kV samt ledningar med regionskaraktär göras trädsäkra. Ett alternativ till konventionell stämpling och avverkning av de farliga kantträden är att använda sig av toppkapning med helikopter. Syftet med studien var att undersöka och bedöma riskerna med rötskador i helikoptertoppade granar invid kraftledningsgator i södra Sverige. Data insamlades från träd i kraftledningsgator som toppats under olika år och årstid. Totalt 75,7 % av granarna i studien var missfärgade varav 10,3 % var infekterade med rotticka. Rötans spridningshastighet minskade över tiden och var i medel efter fem år 19,5 cm per vegetationsperiod och år. Under fem år hade missfärgningen i medel spridit sig 97,4 cm med en variation på 10 cm till 340 cm. Tillväxtnedsättningen efter toppning innebar en minskning av medelårsringsbredden 0,5 mm per år. Riskerna med rötskador och helikoptertoppning är relativt små, speciellt om man avverkar de toppade träden inom rimlig tid efter ingreppet. Troligtvis blir även rötskadornas omfattning mindre om åtgärden utförs under sommaren istället för på vintern.

Förord

Denna studie har utförts inom ramen för jägmästarprogrammet vid Sveriges lantbruksuniversitet. Arbetet omfattar 30 högskolepoäng på D-nivå inom ämnet biologi och har genomförts på institutionen för sydsvensk skogsvetenskap.

Jag vill ta tillfället i akt och tacka mina handledare Jonas Rönnberg, institutionen för sydsvensk skogsvetenskap, SLU och Jan-Erik Bjermkvist, Svenska kraftnät för vägledning och stöd. För hjälp med fältarbete och praktiska detaljer vill jag tacka Jonas Nilsson, Elektro Sandberg och Röjab Syd AB. Slutligen vill jag även tacka alla berörda markägare för att jag fick utföra fältarbetet på deras mark, utan er hade det inte gått att genomföra studien.

Umeå i maj 2008

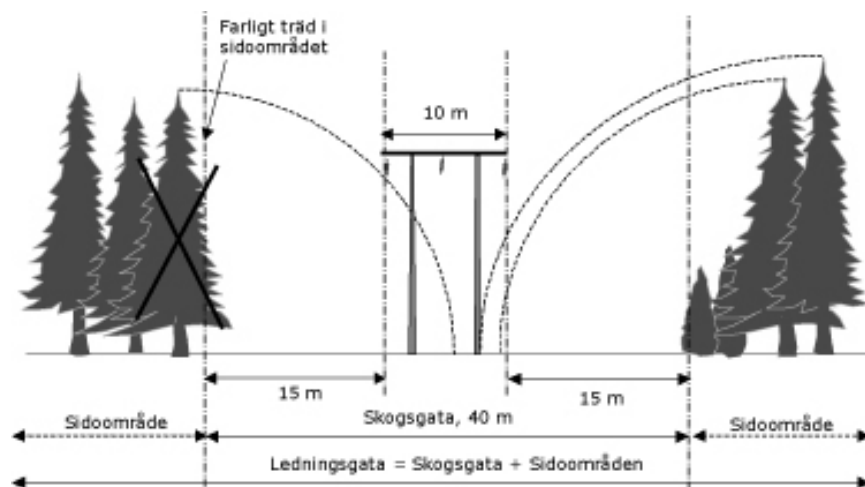
Joakim Björnehall

Innehållsförteckning	Sida
Inledning	4
Syfte	6
Material & metod	7
Urval och inventeringsmetod	7
<i>Undersökta objekt</i>	7
<i>Mätningar i fält</i>	9
<i>Mätningar i laboratorium</i>	9
Statistik	9
Resultat	10
Diskussion	14
Slutsats	16
Referenser	17

Inledning

I och med de många elavbrott som följde stormen Gudrun under vintern 2005 framarbetades en förändring i ellagen som ger elabonenterna rätt till ersättning om de varit utan el längre än 12 timmar. Dessutom skall inget elavbrott pågå längre än 24 timmar förutom vid undantagsfall (Miljö- och samhällsbyggnadsdepartementet 2006). Åtgärdsprogram för att leveranssäkra elförsörjningen har funnits tidigare men lagförändringen har medfört att elbolagen har fått ett ökat tryck på sig att genomföra förbättringar. De olika metoder man använder sig av för att göra kraftledningarna säkrare är bl.a. nedgrävning av kabel, byte av oisolerad kabel till isolerad samt att göra ledningsgatorna bredare och trädsäkra (Miljö- och samhällsbyggnadsdepartementet 2006). Vilken metod som används beror på dess lämplighet i det enskilda fallet och kan t.ex. vara beroende på vilka ingrepp man kan tänkas göra i landskapsbilden. I skogsmark är oftast det lämpligaste alternativet att bredda och trädsäkra ledningarna. Förändringarna i ellagen samt i den nya el-förordningen (2006:1138) innebär bl.a. att alla ledningar över 25 kV samt ledningar med regionskaraktär skall göras trädsäkra.

Med trädsäker menas att inget träd kan falla på ledningen. Detta sker genom att en kalgata på mellan 25-50 m skapas och löses in samt att perifera farliga träd i kantzonen identifieras och tas bort (Figur 1). Besiktningar för att identifiera farliga träd sker återkommande vanligtvis efter 8-10 år och man tar då i beaktning trädets längd, tillväxt och avstånd till ledningen (Svenska kraftnät 2004). Alternativet till att inte använda sig av denna typ av besiktning för att uppnå trädsäkerhet är väldigt breda kraftledningsgator som då tar i anspråk ytterligare av produktiv skogsmark (Karlsson 2007).



Figur 1. Schematisk bild som identifierar ett farligt träd i kantzonen (sidoområdet) samt preciserar skogsgata, ledningsgata och sidoområde med typiska värden (E.ON 2007).

Avverkningskostnaderna för de farliga träden kan lätt bli höga om de är få och utspridda längs efter kraftledningen. Ett alternativ till att på konventionellt sätt gå in och avverka de farliga träden är att använda sig av en helikopter som med hjälp av ett kapaggregat på en arm kan kapa toppen av de farliga träden. Att använda sig av toppning är lämpligt när det handlar om välskötta ledningsgator med få och klena träd som det annars skulle bli extra kostsamt att avverka per m^3 fub. De toppade träden avverkas oftast med resterande kantträd efter en eller två besiktningssperioder vilket ger fler stammar och då en lägre avverkningskostnad per m^3 fub. De positiva fördelarna utöver en lägre avverkningskostnad är bl.a. att fältarbetet blir billigare,

intrången i beståndet blir färre vilket i sin tur leder till mindre mark- och fällskador samt att markägarens avverkningsplaner inte blir störda (Elforsk 1999).

Helikoptern som används vid toppningen är utrustad med en ca 10 m lång bom. Längst ned på bommen är kapagregatet monterat där en två-taktsmotor driver två stora cirkelsågar som roterar åt samma håll. Aggregatet har inga problem att kapa toppar över 15 cm i diameter. Vilka träd som skall toppas avgörs med hjälp av en kamera som monteras på bommen och en monitor inne i cockpit på helikoptern. Kameran kan ställas i önskad vinkel mot faslinan. Om piloten följer faslinan med hjälp av kameran ut i kantzonen kommer träden att toppas i en tänkt linje från faslinan. Vinkeln på denna linje kommer att bli densamma som kameran ställts in på och på så vis kan man ta bort de farliga träden. Hur många kilometer ledningsgata som kan toppas per timme beror naturligtvis på mängden farliga träd men prestationen ligger på mellan 1,5 – 3 km/timme (båda sidor om ledningsgatan). Med ca. 5 timmars effektiv flygtid per dag innebär det ett dagsverke på 7 – 15 km toppad ledningsgata (Elforsk 1999).

I god tid innan åtgärden utförs aviseras den till markägare och ordsbefolkning så att ingen vistas nära ledningen när arbetet pågår. En person följer också med helikoptern på marken för att se till så att inga toppar landar olämpligt, t.ex. på stigar eller i diken.

Genom att man toppar träden kommer man att ta bort en del av trädens fotosyntetiserande förmåga som leder till en viss tillväxtnedsättning samtidigt som trädet utsätts för stress. Beroende på andra faktorer som till exempel skuggning och skadegörare kan toppningen också innebära minskad överlevnad. I och med att man blottlägger ved genom toppningen skapas också en inkörsport för röta. Rötan kan förstöra stora delar av det ekonomiska värdet i det toppade trädet beroende på hur snabbt den sprider sig i stammen. Utbytet av trädet skiljer sig markant om rötan exempelvis endast går in i den översta massavedsbiten jämfört med om den går in i t.ex. 2: a stocken.

Beroende på vilken art av rötsvamp som angriper ett träd kan man få olika allvarliga konsekvenser. Arter som t.ex. rotticka (*Heterobasidion spp.*) och honungsskivling (*Armillaria ostoyae*) har en förmåga att sprida sig mellan trädindivider och kan på så vis skada stora delar av bestånd (Eidman & Klingström 1990, Wahlström 1992, Bendz-Hellgren 1995). Rottickan sprids främst med sporer i luft och vatten och kan infektera träd där den kommer i kontakt med färsk vedyta. Om t.ex. en stubbe blir infekterad av rotticka kan svampen växa vidare ned till rötterna och via dessa sprida sig till friska träd om deras rotsystem sitter ihop (Bendz-Hellgren 1995). Svampens sporer gror bäst vid temperaturer på 15-28°C medan minusgrader i stort sett omöjliggör infektion (Persson et. al. 1992). Rottickan är den vanligaste orsaken till rotröta i Sverige där den har uppskattats till att orsaka skogsbruket skador för mellan 500 – 1000 miljoner kronor (Rönnerberg et al. 2006). Honungsskivlingen sprider sig till skillnad mot rottickan huvudsakligen i marken med rhizomorfer som kan penetrera rötterna på friska träd. Honungsskivlingen kan även den sprida sig med sporer, dock är denna spridningsväg av mindre betydelse då den sällan leder till etablering av nya individer (Wahlström 1992, Bendz-Hellgren 1995). Rotticka infekterar oftast träd via skador långt nere på stammen eller på rötterna, medan skador längre upp på stammen till stor del infekteras av blödskind (*Stereum sanguinolentum*) som inte sprider sig mellan individer (Ali el Atta & Hayes 1987, Hallaksela 1993, Vasiliauskas & Stenlid 1998a, Rönnerberg et al. 2006).

Tidigare har studier gjorts om hur rötsvampar angriper och sprids i träd efterföljande skador högre upp i trädet som t.ex. snöbrott. Lagerberg (1919) noterade en genomsnittliga årlig spridning av toppröta på 32,4 cm i snabbväxande granar (*Picea abies*) samt 15,5 cm i

trögväxande dito varav den största årliga spridningen var 112,5 cm. Korhonen et al. (2000) uppmätte i sin studie med helikoptertoppade träd genomsnittliga spridningshastigheter av toppröta på 22,7 cm per år för gran och 13 cm per år för tall (*Pinus sylvestris*) under de första tre åren efter toppning. Vidare kan sägas att spridningshastigheten är störst initialt efter skadan och efter ett par år är spridningshastigheten markant sänkt (Lagerberg 1919, Korhonen et al. 2000, Čermák et al. 2004).

Studierna ovan är gjorda på träd som blivit skadade vintertid då träden varit i vila. Under vegetationsperioden har träd större motståndskraft mot parasiter jämfört med när de är i vila på grund av att trädets biokemiska försvar är aktivt på ett helt annat sätt. Olika arter av rötsvampar förekommer i olika mängd under skilda perioder av året vilket betyder att spormängder och infektionsrisker varierar (Vasiliauskas 1998, Hallaksela 1993, Vasiliauskas & Stenlid 1998a, Vasiliauskas et al. 2005). Detta kan således ha betydelse för skadeförloppet på träden i och med att det påverkar vilken art av rötsvamp som koloniserar, samt dess förutsättningar för tillväxt. Detta är intressant bl.a. ur ett operativt perspektiv för att utröna vid vilken tidpunkt som toppning borde utföras för att minimera skador. Även om studier om spridningshastighet av röta, infektionsrisk m.m. är gjorda finns det väldigt få studier som kombinerat detta med toppning. Huruvida den information som finns idag passar de omständigheter som är knutna till toppning är således i viss omfattning ej utredda.

Syfte

Toppning som metod för att träsäkra kraftledningsgator är som tidigare nämnts en metod med många fördelar, dock förekommer inte metoden utan avigsidor och kan t.ex. sammankopplas med rötskador och tillväxtnedsättningar. Syftet med denna studie var att undersöka och bedöma riskerna med rötskador i helikoptertoppade granar invid kraftledningsgator i södra Sverige. Detta skall ske genom att bestämma spridningshastigheten och längden hos eventuell missfärgningen samt undersöka vilka faktorer som påverkar den. Vidare skall andelen toppade träd infekterade med rotticka fastställas samt toppningens effekt på tillväxten. Hypoteserna att sommartoppning leder till minskade rötangrepp samt att större kapdiameter leder till ökade rötangrepp testas också.

Material och metod

Urval och inventeringsmetod

I Sverige är antalet toppade ledningar begränsat eftersom metoden som sådan inte har använts under någon längre tid. Den första toppningen tillkom som ett försök i närheten av Lessebo (Småland). Ledningar som blivit behandlade med toppning i Sverige är till största delen koncentrerade till norra Skåne och södra delarna av Småland, varför studien också utfördes i detta område. På grund av dess större förekomst och ekonomiska betydelse i området, samt studiens begränsade omfattning valdes gran som enda trädslag i studien (Karlsson 2006). Ståndortsindex (SI) varierade mellan G27-G37 på de inventerade områdena och åldern på de toppade träden var mellan 18-193 år.

Av de tillgängliga objekten, valdes sådana ut som blivit toppade vid olika år (2007, 2005 och 2002) för att kunna upptäcka skillnader i spridningshastighet. Fältarbetet och mätningarna utfördes under senhösten 2007 vilket innebär att det gått 1, 3 respektive 5 vegetationsperioder sedan toppningen utfördes för de olika ledningarna. En spridning av objekten geografiskt samt i tid (med avseende på tidpunkt på året för toppning) eftersträvades också. Detta eftersträvades för att få ett slumpmässigt urval av inventeringsområden samt för att kunna upptäcka skillnader i spridningshastighet beroende på om toppningen var utförd under vegetationsperioden eller ej.

Två geografiskt skilda ledningar som toppats samma år men vid olika tidpunkt (där denna möjlighet fanns) valdes ut. Efter vardera ledning valdes 10 st. inventeringspunkter ut där vägar korsade de aktuella ledningarna. Vid varje sådan inventeringspunkt eftersträvades det att ta prover från 6 st. toppade granar. Mätningar gjordes endast på gran eftersom det var det enda intressanta trädslaget i denna studie. För att undvika beroende mellan träden bestämdes minsta avstånd dem emellan till 15 m. Avståndet mellan inventeringspunkterna varierade mellan några hundra meter till några kilometer beroende på om ledningen korsades av väg samt om det fanns toppade träd inom området. Anledningen till att inventeringspunkterna placerades där väg korsar ledning var för att underlätta arbetet i fält samt för att förenkla uttransport av virket.

Undersökta objekt

Ledningar toppade år 2002

1. 130 kV Hemsjö – Hensmåla – Emmaboda, toppat juli och augusti.
2. 130 kV Traryd – Delary, toppat december.

Ledningar toppade år 2005

1. 130 kV Haga – Lessebo V, toppat april.
2. 50 kV Ryd – Hemsjö, toppat april.

Ledningar toppade år 2007

1. 130 kV Osby – Broby, Torsebro – Arkelstorp, toppat maj.
2. 130 kV Lessebo V – Nybro, toppat maj.

De olika ledningarna är markerade i figur 2.



Figur 2. De inventerade ledningssträckorna är gråmarkerade samt utmärkta med år för toppning samt löpnummer.

Mätningar i fält

I fält registrerades följande variabler: SI, grönkrongräns, toppningshöjd, toppningsdiameter, brösthöjdsdiameter, brösthöjdsålder, missfärgningens längd, medelårsringsbredden från 5 år före toppning samt medelårsringsbredden av åren efter toppning.

Efter att trädet fällt kapades det i brösthöjd där ålder och årsringsbredder registrerades. Från kapskåret i toppen gjordes markeringar för varje meter som sedan fungerade som referensmärken för mätning av missfärgningens längd. Efter detta kapades en 10 cm lång bit från toppen varefter minst 10 cm långa bitar kapades tills det att missfärgningen försvann. En 2 cm tjock trissa från varje missfärgat träd plockades ut för senare analys i laboratorium. Trissan plockades ut 1/3 in i missfärgningen från toppen sett och stoppades omedelbart ned i plastpåsar som förslöts och märktes, varefter de lagrades i kylrum.

Mätningar i laboratorium

För att identifiera eventuell rotticka på trissorna fick de ligga mörkt i rumstemperatur under 7 dagar, varefter konidier tillhörande svampen skall ha vuxit ut i de fall att trissan är infekterad. Konidierna identifierades med lupp under 20-80x förstoring.

Statistik

För att kunna se de olika variablernas individuella inverkan på rötans spridningshastighet, samt för att om möjligt kunna skapa en modell över spridningshastigheten skapades en regressionsmodell. För vissa variabler användes t-test. Vid alla statistiska test användes en signifikansnivå $p < 0,05$.

Resultat

Totalt ingick 243 granar i studien varav 184 var missfärgade (75,7 %). På 19 av de 184 missfärgade trissorna kunde rotticka identifieras (10,3 %). Inga träd som dött p.g.a. toppningen kunde observeras. I tabell 1 redovisas antalet undersökta träd per ledningsgata, andelen missfärgade träd och andelen missfärgade träd infekterade med rotticka. Även missfärgningslängder och spridningshastigheter för de olika ledningsgatorna presenteras.

Tabell 1. Presentation av uppmätta resultat för de olika ledningsgatorna. Fetmarkerad siffror visar medelvärden för ledningsgator som toppades det året. S = sommar, V = vinter, siffror i parantes är identitetsnummer motsvarande samma som i objektbeskrivningen.

	2002	2002(1)S	2002(2)V	2005	2005(1)S	2005(2)S	2007	2007(1)S	2007(2)S
Antal träd	81	53	28	90	54	36	72	35	37
Missfärgade (%)	91,4	86,8	100,0	75,6	79,6	69,4	58,3	40,0	75,7
Rotticka (%)	16,2	19,6	10,7	7,4	7,0	8,0	4,8	14,3	0,0
Missfärgningslängd (cm)	97,4	68,8	146,8	80,7	71,3	100,4	41,6	48,3	39,2
Minlängd (cm)	10	10	20	10	10	30	10	10	20
Maxlängd (cm)	340	290	340	250	170	250	150	110	150
Spridningshastighet (cm vp. ⁻¹)	19,5	13,8	29,4	26,9	23,8	33,5	41,6	48,3	39,2
Minsprid. (cm vp. ⁻¹)	2,0	2,0	4,0	3,3	3,3	10,0	10,0	10,0	20,0
Maxsprid. (cm vp. ⁻¹)	58,0	58,0	68,0	83,3	56,7	76,7	150,0	10,0	150,0

Missfärgningen hade spridit sig minst i granarna som toppats 2007 (41,6 cm) och längst i de som toppats 2002 (97,4 cm). Det var skillnad i rötans medelspridning, både mellan ledningsgator som toppats samma år och olika år ($p < 0,001$). Skillnaderna i rötlängd mellan ledningsgator toppade samma år var störst år 2002 (Figur 3). Ledningsgatorna toppade 2002 var även de enda paret som toppades vid olika årstider.

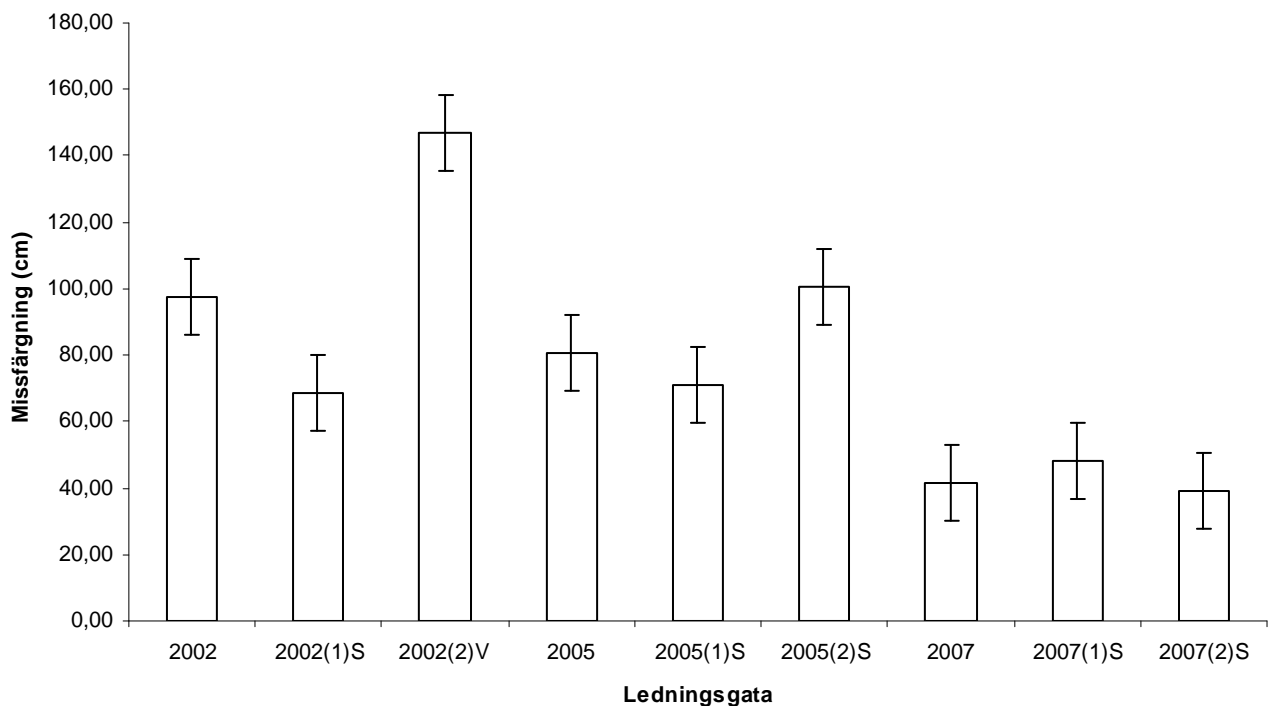
Ledningsgata 2002(1) var toppad i juli/augusti och hade en medelspridning av missfärgning på 68,8 cm. Detta skall jämföras med ledningsgata 2002(2) som var toppad i decembers samma år och hade en spridning på 146,8 cm, se figur 3 och tabell 1.

Den genomsnittliga spridningshastigheten i cm missfärgning per vegetationsperiod (vp.) var störst för träden toppade 2007 (41,6 cm vp.⁻¹) och minst för de som toppades 2002 (19,5 cm vp.⁻¹) (Figur 4 och Tabell 1). Medelspridningshastigheten räknat på alla år tillsammans var 26,9 cm vp.⁻¹. Skillnaden i spridningshastighet var statistiskt säkerställd ($p < 0,001$) både mellan ledningsgator som toppats samma år och olika år.

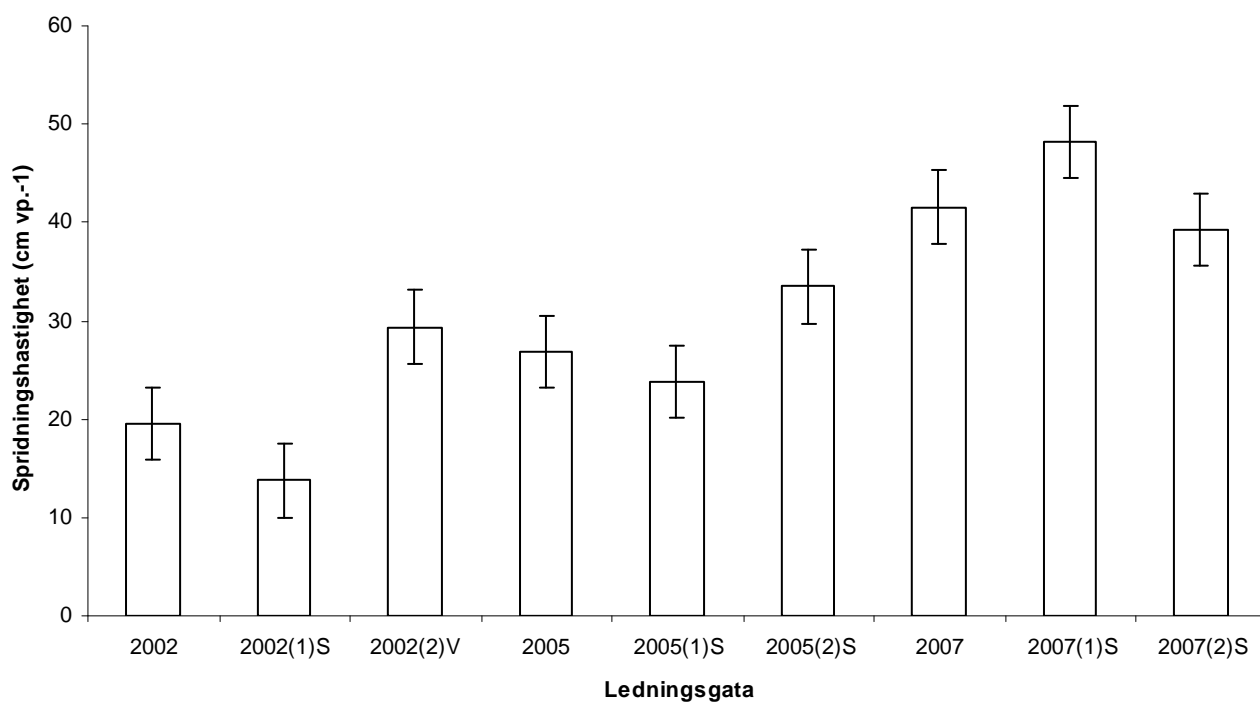
I de granar som toppades i juli/augusti 2002(1) hade missfärgningen en genomsnittlig spridningshastighet på 13,8 cm vp.⁻¹ jämfört med de som toppades i december 2002(2) där den var 29,4 cm vp.⁻¹ (Figur 4 och Tabell 1).

Spridningshastigheten av missfärgningen var 28,8 cm vp.⁻¹ för de träd som var infekterade med rotticka medan motsvarande värde var 26,7 cm vp.⁻¹ för de träd som inte var infekterade av rotticka.

Regressionsmodellen över missfärgningens längd visar att längden ökar med tiden som gått sedan ingreppet samt att en stor toppningsdiameter ger mer missfärgning (Tabell 2). De andra variablerna som ingick i studien (SI, grönkrongräns, toppningshöjd, brösthöjdsdiameter, brösthöjdsålder och årsringsbredd) redovisas inte i regressionen p.g.a. att sambanden med missfärgningen var för svaga. Skillnaderna i tillväxt före och efter toppning var signifikanta och visade på en medelminskning i årsringsbredd på 0,5 mm/år efter toppning (Figur 6). Det är en hög variation i materialet men resultatet visar dock på ett samband där större toppningsdiameter ger minskad årsringsbredd efter toppning.



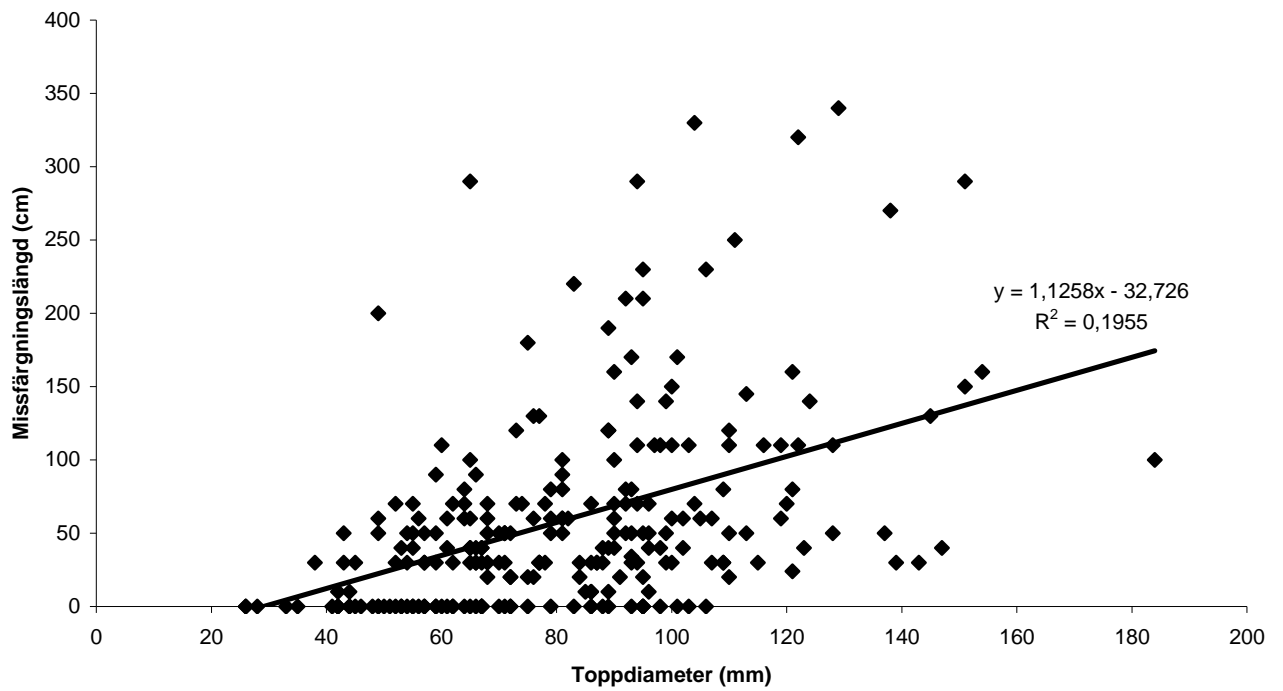
Figur 3. Missfärgningens medellängd i cm för de inventerade ledningsgatorna uppdelat på toppningsår. S = sommar, V = vinter, siffror i parentes är identitetsnummer motsvarande samma som i objektbeskrivningen. Felstaplar visar medelfel.



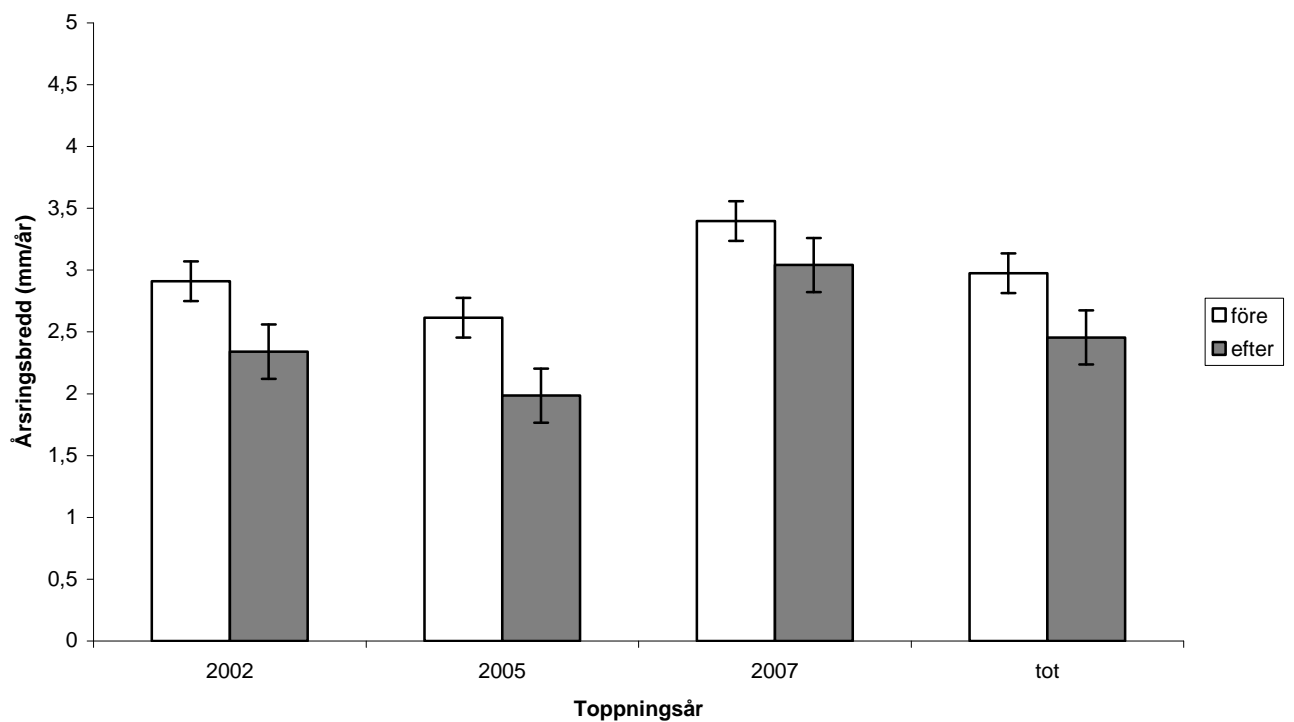
Figur 4. Den genomsnittliga spridningshastigheten av missfärgningen för de inventerade ledningsgatorna per toppningsår i cm vp.⁻¹. S = sommar, V = vinter, siffror i parentes är identitetsnummer motsvarande samma som i objektbeskrivningen. Felstaplar visar medelfel.

Tabell 2. Koefficienter och sammanfattande statistik för regressionen över missfärgningens längd i cm.

	Koefficient	Medelfel	P-värde
Intercept	-33,3767	10,22367	0,0013
Månader sedan toppning	2,26074	0,65398	0,0006
Månader sedan toppning ²	-0,01678	0,00934	0,0737
Toppdiameter (mm)	0,00607	0,000739	<,0001
MSE	55,15442		
CV(funktion)	93,63881		
R ²	0,3247		
n	243		



Figur 5. Toppningsdiameter plottat mot missfärgningslängd, med trendlinje.



Figur 6. Medeltillväxt i årsringsbredd före och efter toppning för de olika toppningsåren samt totalt, felstaplar visar medelfel.

Diskussion

Spridningshastigheten hos rötan är hög initialt efter kolonisation men bromsas ner efter ett par år vilket stämmer väl överens med tidigare studier av bl.a. Lagerberg (1919), Čermák et al. (2004) och Korhonen et al. (2000). I Finland utförde Korhonen et al. (2002) en studie med helikoptertoppning där de uppmätte medelspridningshastigheter av rötan på 22,7 cm per år för gran. I min studie uppmätte jag en liknande medelspridningshastighet för de träd som toppats 2005 (19,5 cm vp.⁻¹). Lagerberg (1919) som gjorde sina studier efterföljande snöbrott uppmätte betydligt högre spridningshastigheter på 32,4 cm per år.

Blödskind är en ofta förekommande rötsvamp vid skador i toppen på träd där rottickan är mindre vanlig, varför det också är troligt att den är den dominerande rötsvampen i denna studie (Korhonen et al. 2000, Vasiliauskas & Stenlid 1998, Ali el Atta & Hayes 1987, Hallaksela 1993). Vidare kan det sägas att blödskind även är frekvent förekommande som skadegörare efter körskador och via brutna grenar. Huse (1978) kunde i Norge notera medelspridningshastigheter av blödskind på 11,6 cm per år efterföljande körskador. I Sverige har Vasiliauskas & Stenlid (1998b) uppmätt motsvarande värden på 42 cm per år. Spridningshastigheten varierar relativt mycket mellan olika studier och kan bero på många faktorer. En orsak till variationen kan komma från att olika träddarter och trädindivider har olika motståndskraft mot patogener, samtidigt som också olika svamparter och svampindivider kan vara olika aggressiva (Vasiliauskas & Stenlid 1998b, Hallaksela 1993).

En gemensam slutsats från många studier inklusive denna (Figur 5) är att ytan frilagd ved är positivt korrelerad med omfattningen av rötan vilket då ger att man oftast får mer röta i de träd som toppats vid en större diameter (Korhonen et al. 2002, Lagerberg 1919, Vasiliauskas & Stenlid 1998a). Samma resonemang ger att ett helikoptertoppat träd borde få mindre röta jämfört med ett toppbrutet vid samma diameter då ytan i det senare fallet blir större p.g.a. ojämnheten i brottet. Detta kan också vara en förklaring till varför Lagerberg (1919) fått en högre spridningshastighet.

Ett av delmålen i denna studie var att se huruvida det var någon skillnad i skadeomfattning beroende på om man toppade träden under vegetationsperioden eller ej. Tyvärr kunde detta bara testas för träd toppade under 2002 eftersom få ledningsgator är toppade under vintern. I de träd som toppades under sommaren 2002 hade missfärgningen spridit sig 67,3 cm medan den i de träd som toppades under vintern 2002 hade spridit sig 146,8 cm. Missfärgningen har alltså spridit sig mer än dubbelt så långt i de granar som toppades på vintern. Resultatet är utan tvekan intressant men ytterligare studier med fler upprepningar bör utföras innan man kan säga något med säkerhet då det rör sig om en enskild jämförelse.

Något som dock ytterligare kan tala för sommartoppning är att blödskind som troligtvis är den dominerande rötsvampen i denna studie, har en högre kolonisation i temperaturintervallet -8,5 - +5°C. Detta skulle innebära att man får ökade rötskador i och med att man toppar på vintern precis som det antyds i min studie (Kallio & Hallaksela 1979).

En risk med sommartoppning är dock att man riskerar att få angrepp av andra svamparter på grund av ändrade konkurrensförhållanden (Vasiliauskas & Stenlid 1998a, Vasiliauskas et al. 2005). Man kan t.ex. tänka sig att man skulle få en ökad infektion av rotticka. Dock infekterar rottickan i mindre utsträckning skador längre upp på stammen, vilket gör att den innebär ett mindre hot då vi pratar om skador i toppen på träd (Ali el Atta & Hayes 1987, Hallaksela 1993, Vasiliauskas & Stenlid 1998a, Rönnberg et al. 2006).

Angående tidpunkt för toppning skall man också komma ihåg att det kan finnas andra faktorer än risken för röta att ta hänsyn till. Vid vissa tidpunkter under året är ledningsområden välbesökta av både människor och ibland boskap som inte uppskattar den störning som helikoptern utgör med fallande toppar och buller. Exempelvis skulle det inte vara en god idé att utföra toppningen under älgjaks- eller svamp och bärplockningstider. Fåglarnas häckningsperiod kan vara ytterligare en tid då man skall undvika att utföra åtgärden.

En förhoppning i denna studie var också att en modell över spridningen och dess faktorer skulle kunna skapas. Variationen i materialet var dock för stor för att man skulle kunna skapa en praktiskt användbar modell. Grunden i detta ligger troligtvis i den stora variationen av aggressivitet hos de olika rötsvampsindividerna respektive variationen av resistens hos trädindividerna (Vasiliauskas & Stenlid 1998b, Hallaksela 1993).

Som det nämndes i inledningen är angrepp av vissa rötsvampar allvarligare än andra, varav angrepp av rotticka kan sägas vara den allvarligaste (Rönneberg et al. 2006). I studien var 10,3 % av de missfärgade träden infekterade med rotticka. Detta är ingen hög siffra och den innehåller troligtvis också en del felkällor då man inte helt kan utesluta att en del sporer från rotticka, via luften infekterat provtagningarna vid upparbetningen i fält. En del i rottickans betydelse som skadegörare i skogen är knutet till att den kan växa ned ut i rötterna och sprida sig vidare till närbelägna träd. Detta är dock inte troligt i kombination med toppning som metod om man syftar till att tar ner träden efter en till två besiktningsperioder (8 – 16 år). Missfärgningen har spridit sig som mest 340 cm på 5 år i de toppade träden och i medel endast 97,4 cm. Detta skulle innebära att man efter 16 år som mest har en missfärgningslängd på 10,9 m medan en mer sannolik längd bli 3,1 m.

En stor del av den ekonomiska förlust som det kan innebära att toppa träden är naturligtvis kopplad till hur långt rötan sprider sig över tid. Med de medelspridningshastigheter över 5 år som jag registrerat är det troligt att de i de flesta fall kommer att innebära en förkortning eller bortfall av den sista massavedsbiten. En toppning kan naturligtvis leda till andra ekonomiska förluster som t.ex. tillväxtnedsättningar i och med förlorad fotosyntetiserande biomassa. Mina mätningar av årsringsbredder visade på en minskning efter toppning på 0,5 mm/år men det fanns en stor variation i materialet. För att få bättre kvalitet i jämförelsen mellan årsringsbredder borde även närstående ej toppade träd ha tagits med som referens. Att tillväxten minskar när en del av den gröna biomassan tas bort låter logiskt, dock skall man ha i åtanke att många faktorer kan påverka tillväxten som t.ex. konkurrens, skadegörare och abiotiska förhållanden.

Skillnaden i spridningshastighet som upptäcktes mellan träd toppade under och utanför vegetationsperioden tål att granskas mer för att se om de tendenser som visade sig i denna studie är generella. Liknande studier skulle också behöva utföras i nordligare delar av landet för att se om skadorna är av samma omfattning där, samtidigt som även toppning av de andra kommersiella trädslagen borde studeras, exempelvis tall och björk (*Betula pendula*). Slutligen kan man tycka att det borde göras en noggrannare studie över de tillväxteffekter som toppningen ger upphov till. Dock ska det sägas att det är svårt att kunna isolera just toppningens effekt på tillväxten i ett naturligt system där väldigt många olika faktorer påverkar. En ledningsgata är dessutom mer komplex då den är utsatt för stora kanteffekter vilket gör att den inte kan jämföras med studier från bestånd.

Slutsats

Sammanfattningsvis kan man säga att de risker som är förknippade med helikoptertoppning och rötskador är relativt små. Detta speciellt om man avverkar de toppade träden inom rimlig tid så att rötan endast berör den översta massavedsbiten. Rottickan är inget problem i samband med toppning om man ser till riskerna att den skulle sprida sig vidare i beståndet via rotkontakt. Detta då tanken är att träden skall avverkas innan rötan spridit sig så långt. Antagligen blir rötskadornas omfattning mindre om åtgärden utförs under sommaren istället för på vintern.

Referenser

- Ali el Atta, H & Hayes, J. 1987. Decay in Norway spruce caused by *Stereum sanguinolentum* Alb. & Schw. ex Fr. developing from extraction wounds. *Forestry* 60, 101-111.
- Bendz-Hellgren, M. 1995. Fakta om rotröta. Rotticka. Skog och forskning 2, 6-7.
- Čermák, P. Jankovský, L. Glogar, J. 2004. Progress of spreading *Stereum sanguinolentum* (Alb. et Schw.: Fr.) Fr. wound rot and its impact on the stability of spruce stands. *Journal of forest science*. 50(8), 360-365.
- Eidman, H. Klingman A. 1990. Skadegörare i skogen. Stockholm. 355 s.
- Elforsk. 1999. Toppning av träd vid underhåll av ledningsgator. Rapport 99:42.
- E.ON. 2007. <http://www.eon.se/templates/InformationPage.aspx?id=72951>. 2007-02-15.
- Hallaksela, A-M, 1993. Early interactions of *Heterobasidion annosum* and *Stereum sanguinolentum* with non-decay fungi and bacteria following inoculation into stems of *Picea abies*. *European journal of forest pathology* 23, 416-430.
- Huse, K. 1978. Sårskader etter tynning i granskog. *Norsk skogsbruk* 24, 30.
- Kallio, T. Hallaksela, A-M. 1979. Biological control of *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. In Finland. *European journal of forest pathology* 9, 298-308.
- Karlsson, B. 2006. Trakthyggesbruk med gran och självföryngrad björk, en jämförande studie. *Skogforsk. Redogörelse 2006:4*. 48 s.
- Karlsson, B. 2007. Helikoptertoppning. Stencil. Opublicerad.
- Korhonen, H. Hallaksela, A-M. Piri, T. 2000. Svamp- och insektsskador hos träd som toppkapats invid en kraftledningsgata; Del 2 – Trädens tillstånd tre år efter toppkapningen. Beställd undersökning från Finrid Verkko OY. Metla.
- Lagerberg, T. 1919. Snöbrott och toppröta hos granen. *Meddelande från statens skogsförsöksanstalt*. 16:5, 115-162.
- Miljö- och samhällsbyggnadsdepartementet. 2006. Nya regler om leveranssäkra elnät. Faktablad, artikelnummer M2006.01.
- Persson, J. Bendz, M. Stenlid, J. 1992. Rotröta - biologi och förebyggande åtgärder. *Skogforsk. Resultat 1992:1*. 4 s.
- Rönnerberg, J. Berglund, M Norman, J. 2006. Rotrötan - En bok om ruttet i allmänhet med granen och rottickan i synnerhet. <http://www-gran.slu.se/Webbok/PDFdokument/R%C3%B6tbok%20fullst%C3%A4ndig%201%2020060626.pdf>. 2007-01-18.
- Svenska kraftnät. 2004. Riktlinjer för skogligt underhåll av 400 och 220 kV ledningar. TR 12-

013:2.

Vasiliauskas, R. Lygis, V. Larsson, K.-H. Stenlid, J. 2005. Airborne fungal colonisation of coarse woody debris in North Temperate *Picea abies* forest: impact of season and local spatial scale. *Mycology research*. 109(4), 487-496.

Vasiliauskas, R. 1998. Ecology of fungi colonizing wounds of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.), with special emphasis on *Stereum sanguinolentum* (Alb. & Schw.: Fr.) Fr. Swedish university of agricultural science. *Acta universitatis agriculturae suecia – silvestria* 79. pp. 109.

Vasiliauskas, R. Stenlid, J. 1998a. Fungi inhabiting stems of *Picea abies* in a managed stand in Lithuania. *Forest ecology and management*. 109, 119-126.

Vasiliauskas, R. Stenlid, J. 1998b. Spread of *Stereum sanguinolentum* vegetative compatibility groups within a stand and within stems of *Picea abies*. *Silva fennica*. 32(4), 301-309.

Wahlström, K. T. 1992. Infection biology of *Armillaria* species: in vitro pectinolytic activity, infection strategy field distribution and host responses. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. 46 s.