



Katning av tallar på impediment i naturvårdssyfte

Hur påverkas mortalitet, tillväxt och
kronutglesning?

Emma Mattsson och Lena Ostermann

Examensarbete • 60 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för fisk, vilt och miljö
Jägmästarprogrammet
Umeå 2025



Katning av tallar på impediment i naturvårdssyfte. Hur påverkas mortalitet, tillväxt och kronutglesning?

Partial bark removal of Scots pines on low-productive forest land for conservation purposes: How are mortality, radial growth, and crown thinning affected?

Emma Mattsson och Lena Ostermann

Handledare:	Mats Dynesius, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för Vilt, fisk och miljö
Bitr. handledare:	Mattias Edman, Mitt universitet, Institutionen för naturvetenskap, design och hållbar utveckling
Examinator:	Therese Löfroth, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för Vilt, fisk och miljö

Omfattning:	60 hp
Nivå och fördjupning:	Avancerad nivå, A2E
Kurstitel:	Masterarbete i skogsvetenskap
Kurskod:	EX0968
Program/utbildning:	Jägmästarprogrammet
Kursansvarig inst.:	Institutionen för Vilt, fisk och miljö
Utgivningsort:	Umeå
Utgivningsår:	2025
Serie:	Examensarbete / SLU, Institutionen för vilt, fisk och miljö Examensarbete
Serienummer:	2025:2
Omslagsbild:	Katade tallar på myrmark. Foto: Emma Mattsson, 2024.
Upphovsrätt:	Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.
Nyckelord:	Katning, naturvård, naturvårdsåtgärd, impediment, kelo

Sammanfattning

Katning är en veteraniseringsmetod där bark tas bort från nedre delen av stammen, med undantag för en smal barkremsa som lämnas för att möjliggöra fortsatt näringstransport. Målet är att aktivera tallens försvarsmekanism, kådproduktionen, samtidigt som skadorna minskar trädets vitalitet utan att döda det. Historiskt har tallar katats av olika anledningar, till exempel för tjärbränning eller för att framställa rötbeständigt virke. Idag är katning främst en naturvårdande åtgärd och kan utföras på olika sätt, exempelvis med skördaraggregat, motorsåg eller för hand med yxa eller barkspade. Katning som naturvårdsåtgärd syftar till att få eftertraktade egenskaper som är viktiga för vissa insekter, svampar och lavar. Trädet blir även mer beständigt och chansen att det blir stående död ved, så kallad keloved, ökar.

I en studie katades 852 tallar på 5 lokaler i östra delarna av mellersta Norrland i Sverige på de skogliga impedimenten håll- och myrmark. Syftet med katning för naturvårdsändamål på impediment är att återskapa naturliga strukturer för att höja naturvärden utan att inkräkta på konventionellt skogsbruk. I denna studie har vi undersökt hur katning påverkat trädens mortalitet, tillväxt och kronutglesning, med fokus på faktorerna: diameter, ståndort och katningens intensitet. Målet med katning som naturvårdsåtgärd är att främja utvecklingen av senvuxna träd med kådimpregnerad ved, utan att träden snabbt dör. Målet med vår studie är att utveckla rekommendationer för naturvårdsarbete som kan vägleda hur katning bör utföras för att förbättra effekten av naturvårdsåtgärden.

Vi återbesökte lokalerna under hösten 2024, fem år efter att katningen utfördes, för att utvärdera hur träden hade påverkats av katningen. Tallar på impediment har generellt en lägre tillväxt än tallar på produktiv skogsmark och i vårt data finns det en gradient, där vissa träd har en högre tillväxt, medan andra har en lägre tillväxt. Våra resultat visar att varken mortaliteten eller tillväxten hos träd med högre tillväxt påverkas av andelen borttagen bark, ståndort eller diameter. Däremot har träd med låg tillväxt större risk att dö ju mer intensivt de katas, särskilt om de står på myrmark. Hos de träd som överlevde behandlingen är årsringsbredden oförändrad före och efter katning. Däremot tenderade katade träd att ha högre grad av kronutglesning jämfört med obehandlade träd, vilket indikerar minskad vitalitet. Vår slutsats är att träd med mycket låg tillväxt inte bör katas, eftersom de har en hög risk att inte överleva behandlingen. Träd med högre tillväxt kan däremot med fördel katas med hög intensitet.

Nyckelord: Katning, naturvård, naturvårdsåtgärd, impediment, kelo.

Abstract

Partial bark removal is a veteranization method where bark is removed from the lower part of the tree trunk, leaving a narrow strip intact to allow nutrient transport. The purpose of this treatment is to activate the tree's defense mechanism, resin production, while reducing its vitality without killing it. Historically, Scots pines were de-barked for various purposes, such as tar burning or producing rot-resistant wood. Today, partial bark removal is primarily used for nature conservation and can be carried out using harvesters, chainsaws, or by hand with an axe or special bark-removal tool. As a conservation measure, it aims to stimulate the development of tree characteristics that are important for certain insects, fungi, and lichens. The treatment also increases the tree's durability and the likelihood of it becoming standing deadwood (kelo), a rare but valuable nature asset.

In this study, 852 Scots pines were subjected to partial bark removal across five locations in southeastern central Norrland in Sweden, placed on forested rock and mire sites. The purpose was to restore natural structures and increase ecological values without interfering with conventional forestry. We investigated how partial bark removal impacted tree mortality, radial growth, and crown thinning, with a focus on tree diameter, site type, and bark removal intensity. The aim of partial bark removal in conservation work is to promote the development of slow-growing trees with resin-impregnated wood, without causing rapid mortality. Our study seeks to provide recommendations for how partial bark removal should be conducted to improve its success as a conservation measure.

We revisited the study sites in autumn 2024, five years after the bark removal, to evaluate how the trees had been affected by the treatment. Pines on rocky and mire sites generally grow slower than those on productive forest land, and our data shows a growth gradient, with some trees showing higher growth and others lower. The results indicate that for trees with good growth, neither mortality nor radial growth is affected by bark removal intensity, site type, or diameter. However, slow-growing trees have a higher risk of mortality with more intense bark removal, especially if they are located on mire land. For the trees that survived the treatment, the annual growth rings remained unchanged before and after bark removal. However, treated trees exhibited greater crown thinning compared to untreated trees, indicating reduced vitality. Our conclusion is that trees with very low radial growth should not undergo partial bark removal, as they have a high risk of not surviving the treatment. Trees with better growth can benefit from higher-intensity bark removal.

Keywords: Partial bark removal, nature conservation, conservation measure, low-productive forest land, kelo.

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	8
Figurförteckning	9
1. Inledning	11
1.1 Bakgrund	11
1.1.1 Skogsbrukets historia och påverkan på biologisk mångfald	11
1.1.2 Naturvård idag	12
1.1.3 Keloved	13
1.1.4 Katning	14
1.2 Teori	17
1.2.1 Skaderespons på katning	17
1.2.2 Tallens vitalitet på impediment	18
1.3 Syfte och frågeställningar	19
2. Metod och Material	21
2.1 Vitalitet och katningsgrad	21
2.2 Försöksområden	21
2.3 Datainsamling	24
2.3.1 Inventering av katade tallar	24
2.3.2 Tillväxt hos katade tallar som dött	26
2.3.3 Tillväxt hos överlevande katade tallar	29
2.3.4 Kronutglesning hos överlevande katade tallar	33
2.4 Databearbetning och statistiska analyser	33
2.4.1 Montering och analys av borrhål	33
2.4.2 Statistiska analyser katade tallar som dött	35
2.4.3 Statistiska analyser överlevande tallar	37
3. Resultat	38
3.1 Alla katade tallar	38
3.2 Tallar som dött	41
3.2.1 Beskrivande statistik	41
3.2.2 Statistisk analys	43
3.3 Överlevande tallar	44
3.3.1 Beskrivande statistik	44
3.3.2 Statistisk analys	46
4. Diskussion	48
4.1 Utvärdering av resultat för tallar som dött	48
4.2 Utvärdering av resultat för tillväxt hos överlevande tallar	49
4.3 Utvärdering av resultat för kronutglesning hos överlevande tallar	50
4.4 Skillnad mellan tillväxt och kronutglesning	51

4.5	Jämförelse av resultat för mortalitet och vitalitet.....	51
4.6	Överlevnadsbias	52
4.7	Slutsats	52
	Populärvetenskaplig sammanfattning	54
	Referenser.....	55
	Tack till... ..	59
	Bilaga A	60
	Bilaga B	63

Tabellförteckning

Tabell 1. Tabellen visar ett av de tre replikaten i vår studiedesign. Diameterklass d1 omfattar träd med $Dbh \leq 14$ cm, medan d2 avser träd med $Dbh \geq 15$ cm. Behandling k0 representerar obehandlade referensträd, medan k1 respektive k2 består av träd med lägst respektive högst maximal katningsgrad inom cirkelprovytan.	30
Tabell 1. Tillväxt under de fem åren före katning (2015–2019) för överlevande och döda träd.	41
Tabell 2. Medelförändringen i årsringsbredd (mm) mellan de fem åren före och efter katning hos överlevande tallar för respektive ståndort (häll och myr) och behandling (k0 = Obehandlade referensträd, k1 = Det träd som har lägst maximal katningsgrad inom cirkelprovytan och k2 = Det träd som har högst maximal katningsgrad inom cirkelprovytan). Stickprovsstorleken är densamma för alla sex grupper (n = 12). En negativ tillväxtskillnad indikerar ökad årsringsbredd efter katningen 2019, medan ett positivt värde tyder på minskad årsringsbredd efter behandlingen.	44
Tabell 3. Genomsnittlig kronutglesning fem år efter katning av tallar för respektive ståndort (häll och myr) och behandling (k0 = Obehandlade referensträd, k1 = Det träd som har lägst maximal katningsgrad inom cirkelprovytan och k2 = Det träd som har högst maximal katningsgrad inom cirkelprovytan). Stickprovsstorleken är densamma för alla grupper (n = 12). Kronutglesning är ett mått mellan 1 och 100 % där en högre kronutglesning indikerar sämre vitalitet.	45

Figurförteckning

Figur 1. Ett katat träd fem år efter katning. Foto: Emma Mattsson.	15
Figur 2. Studiens fem försöksområden. Varje försöksområde omfattar två lokaler, myr- (röd) och hållmark (mörkröd). De tio platsmarkörerna visar den geografiska medelpunkten av fyra cirkelprovytor för vardera lokal. Se exakta koordinater i Bilaga A. Kartdata © [2024] Google.	22
Figur 3. Katade tallar på myrmark fem år efter katning. Foto: Emma Mattsson	23
Figur 4. Katade tallar på hållmark fem år efter katning. Foto: Lena Ostermann.....	24
Figur 5. Schematisk bild över parametrarna som ingår i beräkningen av katningsgrad och maximal katningsgrad. Variablerna a_1 och a_2 är katningens bredd vid den övre respektive undre delen av det katade området, och c_1 och c_2 är trädets omkrets vid motsvarande höjder. Variabeln a_3 är katningens bredd vid den höjd där den kvarvarande barkremsan är som smalast och c_3 är trädets omkrets vid samma höjd. Katningens maxhöjd betecknas som h . Variabeln b motsvarar arean av kvarvarande barkytor inom den uppmätta arean blottad splintved.....	26
Figur 6. En katad tall som dött på myrmark. Den röda pricken visar vart borrprover från döda träd har tagits. Foto: Lena Ostermann.....	28
Figur 7. En katad överlevande tall på myrmark. Fyra borrprover har tagits i olika riktningar enligt pilarna, på en höjd av 1,8 m. Foto: Lena Ostermann.	32
Figur 8. En trälist med fastlimmade borrprover från katade tallar som dött. Foto: Lena Ostermann.	33
Figur 9. Exempel på borrprov från en katad tall som dött på myrmark. Den nedre blå rektangeln markerar bredden av de fem yttersta årsringarna, vilket motsvarar tillväxten under de fem åren före katning. Rektangeln har sedan kopierats till linjalen med 0,5 mm gradering, där den mäts med 0,25 mm noggrannhet. Den uppmätta tillväxten på detta borrprov är 0,75 mm.	34
Figur 10. Exempel på borrprov från en överlevande, katad tall på myrmark. Den nedre orange rektangeln markerar bredden av de fem yttersta årsringarna, vilket motsvarar tillväxten under de fem åren efter katningen. Den nedre blå rektangeln motsvarar tillväxten under de fem åren före katningen. Rektanglarna har sedan kopierats till linjalen med 0,5 mm gradering, där de mäts med 0,25 mm noggrannhet. Den uppmätta tillväxten på detta borrprov är 3,25 mm efter katning (orange) och 2,25 mm före katning (blå).	35
Figur 11. Antalet katade tallar per lokal, uppdelat efter ståndort (Häll/Myr) och om de har dött eller överlevt fem år efter katning.	38

Figur 12. Diameterfördelning för de 850 katade tallarna på ståndorterna hållmark (vänster) och myrmark (höger). Den vertikala streckade linjen visar medelvärdet för diametern på hållmark (18,4 cm), respektive myr (15,7 cm). Hållmark har en median på 17 cm och myrmarken 15 cm. Staplarna visar andel överlevande (ljusgrå) och döda (mörkgrå) katade tallar.	39
Figur 13. Fördelning av katningsgrad för de 850 katade tallarna.	40
Figur 14. Fördelning av maximal katningsgrad för de 850 katade tallarna.	40
Figur 15. Fördelning av sammanlagd tillväxt under de fem åren före katning (2015–2019) för döda och överlevande katade tallar på båda ståndorterna hållmark (mörkgrå) och myr (ljusgrå). Boxarna visar spridningen mellan den övre och undre kvartilen och innehåller alltså de mittersta 50 % av värdena. Whiskers sträcker sig till de minsta och största värdena inom 1,5 gånger detta avstånd. De svarta punkterna visar värden utanför detta intervall. Linjen i boxarna markerar medianen och de röda punkterna visar medelvärdet. Se tabell 1 för stickprovsstorlek.	42
Figur 16. Fördelning av maximal katningsgrad för de 850 döda och överlevande katade tallarna på ståndorterna hållmark (mörkgrå) och myr (ljusgrå). För tolkning av boxplot, se figur 15.	43
Figur 17. Fördelning av tillväxtförändringen (mm) mellan de fem åren före (2015–2019) och efter (2020–2024) katning av tallar för hållmark (mörkgrå) och myr (ljusgrå) och behandling (k0 = Obehandlade referensträd, k1 = Det träd som har lägst maximal katningsgrad inom cirkelprovytan och k2 = Det träd som har högst maximal katningsgrad inom cirkelprovytan). Stickprovsstorleken är densamma för alla grupper (n = 12). En negativ tillväxtskillnad indikerar ökad årsringsbredd efter katningen 2019, medan ett positivt värde tyder på minskad årsringsbredd efter behandlingen. För tolkning av boxplot, se figur 15.	45
Figur 18. Genomsnittlig kronutglesning (%) fem år efter katning (2024) av tallar för ståndorterna hållmark (mörkgrå) och myr (ljusgrå) och behandling (k0 = Obehandlade referensträd, k1 = Det träd som har lägst maximal katningsgrad inom cirkelprovytan och k2 = Det träd som har högst maximal katningsgrad inom cirkelprovytan). Stickprovsstorleken är densamma för alla grupper (n = 12). Kronutglesning är ett mått mellan 1 och 100 %, där en högre kronutglesning indikerar sämre vitalitet. För tolkning av boxplot, se figur 15. ...	46

1. Inledning

1.1 Bakgrund

1.1.1 Skogsbrukets historia och påverkan på biologisk mångfald

Globalt, liksom i Sverige, är den främsta anledningen till minskningen av biologisk mångfald den mänskliga exploateringen av mark (Naturvårdsverket 2020). Sveriges skogar har sedan 1700-talet genomgått stora strukturella förändringar där gammal, olikåldrig skog med mycket död och skadad ved har övergått till mer jämnåriga bestånd med minskad biodiversitet (Östlund et al. 1997).

I början av 1800-talet upplevde flera länder i Europa virkesbrist eftersom träd avverkadades utan att återväxt säkerställdes. Detta skapade ett behov av ett hållbart skogsbruk (Lundmark et al. 2017). En skogsbruksmetod från Tyskland där avverkningar sker strukturerat i ett område åt gången hade spridit sig till flera länder i Europa och introducerades till Sverige under 1800-talet (ibid.). Metoden benämns som trakthyggesbruk och har sedan andra världskriget, då efterfrågan av sågat virke, massa och papper ökade, varit det främsta sättet att bruka skog i Sverige (Ekelund och Hamilton 2001). Till skillnad från tidigare skogsbruksmetod, måste nu markägaren säkerställa återväxt efter avverkning (ibid.). Trakthyggesbruk främjar homogena skogar med hög produktion och kort omloppstid (ibid.). Detta har orsakat fragmentering av skogslandskapet, vilket har haft en negativ effekt på många organismer (Larsson Ekström et al. 2023).

Av Sveriges totala skogsmarksareal på 27,9 miljoner hektar, dominerar idag likåldriga bestånd i åldersklassen 41–60 år och endast 12,9 % är äldre än 140 år (SLU Riksskogstaxeringen 2024). På skogsmarken är tall (*Pinus sylvestris*) det mest förekommande trädslaget som utgör 40 % av det totala virkesförrådet (ibid.).

Denna studie fokuserar på talldominerad myr- och hällmark som klassificeras som improduktiv skogsmark, vilket definieras som mark som kan bära träd med en höjd på minst 5 meter och en kronslutenhet på minst 10 %, men som utan produktionshöjande åtgärder inte kan producera mer än en skogskubikmeter virke per hektar och år (Skogsstyrelsen 2023). Enligt skogsvårdslagen (SFS 1979:429) får skogliga impediment som är större än 0,1 hektar inte avverkas. Av den totala skogsmarksarealen i Sverige utgör 4,4 miljoner hektar skogliga impediment, varav 2,0 miljoner hektar är myrimpediment och 0,7 miljoner hektar är hällimpediment.

På dagens produktiva skogsmark (23,5 miljoner ha (SLU Riksskogstaxeringen 2024)), där trakthyggesbruk tillämpas, avverkas träd innan naturliga processer som självgallring, fejning av djur, patogener samt störningar från stormar och

bränder hinner orsaka betydande skador (Santaniello et al. 2017). Skogsbränder har varit en naturlig störning i Sveriges skogar sedan de första träden invandrade och har därför haft en betydande påverkan på skogsekosystemen (Stokland et al. 2012). Många arter i vårt skogslandskap, som tallen, är därför anpassade till skogsbränder (Granström 2001). Tallen, med sin tjocka bark och högt sittande grenar, är morfologiskt motståndskraftig mot brand och kan överleva intensiva bränder. Vidare är det flera arter som har utvecklat anpassningar som gör att de kan kolonisera och utnyttja brandskadad tallved som substrat (Stokland et al. 2012). Brandskadade skogar och de organismer som är beroende av dessa var mer förekommande innan industrialiseringen på 1800-talet, då man började bekämpa skogsbränder mer effektivt vilket förändrade Sveriges brandregim (Granström 2001). Under en stor del av 1900-talet avlägsnades dessutom sjuka och döda träd från skogsmarken för att skapa ”friska” skogar med högre avkastning (Östlund et al. 1997). Dessa förändringar är några av de anledningarna till att mängden död och skadad ved i Sveriges skogslandskap har minskat och därmed även den biologiska mångfalden (ibid.).

1.1.2 Naturvård idag

Sveriges senaste skogsvårdslag från 1979 beskriver skogen som en nationell tillgång som ska skötas hållbart och ge god avkastning samtidigt som den biologiska mångfalden bibehålls (SFS 1979:429). Efter kritik mot skogsvårdslagen, från bland annat miljöorganisationer och privata skogsägare, beslutade riksdagen 1993 om *miljömålet* och *produktionsmålet* som balanserar bevarande av naturliga strukturer och ett effektivt skogsbruk (Ekelund och Hamilton 2001).

Sverige, som är medlem i FN, arbetar för att nå de globala målen som fastställdes 2015 i samband med Agenda 2030. Ett mål är nummer 15: *Ekosystem och biologisk mångfald* som syftar till att

Skydda, återställa och främja ett hållbart nyttjande av landbaserade ekosystem, hållbart bruka skogar, bekämpa ökenspridning, hejda och vrida tillbaka markförstörelsen samt hejda förlusten av biologisk mångfald. (United Nations Development Programme 2024)

Sveriges miljömål fastställdes av riksdagen 1999 och arbetet med målen har förlängts från 2020 till 2030 i samband med de globala målen (Sveriges Miljömål 2020).

Sveriges 16 miljömål beskriver vilket tillstånd Sveriges miljö ska uppnå genom olika typer av miljöarbete. Målet *Levande skogar* syftar till att ”Skogens och skogsmarkens värde för biologisk produktion ska skyddas samtidigt som den biologiska mångfalden bevaras samt kulturmiljövärden och sociala värden värnas” (Naturvårdsverket 2023). Samtidigt har avverkningar och mänsklig påverkan förändrat skogslandskapet och dess biologiska mångfald negativt och

det saknas tillräckligt med styrmedel för att långsiktigt bevara biologisk mångfald och ekosystemtjänster (ibid.). I Skogsstyrelsens rapport om miljömålet *Levande skogar* påpekas det att en ökad andel död ved i skogen skulle gynna mångfalden (Skogsstyrelsen 2022). Dessutom krävs det en variation i död ved eftersom olika arter är anpassade till specifika typer, kvalitéer och nedbrytningsstadier av död ved (Skogsstyrelsen 2022; Stokland et al. 2012). Ett träds vedkvalitet påverkas av dödsorsaken, exempelvis storm, torka eller naturligt åldrande, samt av trädets storlek, vitalitet och ålder vid dödstillfället (Stokland et al. 2012). Stående döda tallar som har växt långsamt och innehåller kådindränkt ved utgör ett substrat som gynnar många arter, inklusive rödlistade. Förekomsten av sådana tallar är dock låg i dagens skogslandskap (Skogsstyrelsen 2022).

1.1.3 Keloved

När tallved skadas utsöndras kåda som kemiskt och mekaniskt skyddar mot angrepp, en process kallad kådimpregnering (Krokene et al. 2008). Kådimpregnerad splintved blir nästan lika rötbeständig som kärnved (Gref et al. 1999). Gamla tallar som utsatts för upprepade bränder och därmed har kådimpregnerad ved, i samband med att det har vuxit långsamt och utvecklat täta årsringar – så kallad senvuxenhet – samt hög andel kärnved utvecklar en mycket långlivad, nedbrytningsresistent vedstruktur (Niemelä et al. 2002). En tall med dessa egenskaper som sedan långsamt dör, tappar barken och får en silvergrå yta, definieras som kelo enligt Niemelä et al. (2002). Begreppet kelo härstammar från finskan och betyder torraka (ibid.). På grund av den långsamma nedbrytningen kan en tall med keloved, även kallad keloträd eller silverfura, stå som död ved i flera hundra år innan den slutligen faller (Kuuluvainen et al. 2017; Niemelä et al. 2002) och blir en långvarigt kvarliggande låga.

Sedan människans ankomst till de boreala skogarna har antalet keloträd minskat. En orsak till detta är att keloved är ett utmärkt bränsle på grund av den höga halten av lättantändlig kåda, vilket har använts för bränning under en lång tidsperiod (Kuuluvainen et al. 2017). Idag beror minskningen främst på att det knappt brinner i Sveriges skogar och att modernt skogsbruk hindrar tallar från att nå den ålder som krävs för att utveckla keloved (Kuuluvainen et al. 2017; Niemelä et al. 2002), en process som tar mellan 500 och 1000 år från fröstadiet (Kuuluvainen et al. 2017). På samma sätt som tallen är anpassad till skogsbränder, är många svampar, lavar och insekter specialiserade på att utnyttja keloträd som substrat (Niemelä et al. 2002; Naturvårdsverket 2014; Santaniello et al. 2017; Skogsstyrelsen 2022; Larsson Ekström et al. 2023). Den minskade förekomsten av substratet leder till att dessa arter blir mindre vanliga, vilket i sin tur ökar efterfrågan på naturvårdsåtgärder som främjar kådimpregnering av tallar.

1.1.4 Katning

Att nyskapa keloved med naturvårdsarbete är en lång process eftersom träd har en lång omloppstid. Detta kan göras med exempelvis naturvårdsbränning, fläckvis bränning, punktbränning, mekanisk veteranisering eller genom att låta träd bli gamla. Veteranisering är en metod som syftar till att avsiktligt skada eller döda levande träd i naturvårdssyfte. Katning är en veteraniseringsmetod som idag utförs på tallar som en naturvårdande åtgärd för att på lång sikt hjälpa missgynnade arter som exempelvis vedlevande skalbaggar, svampar och lavar. Metoden innebär att den nedre delen av en levande tall avbarkas, med undantag för en remsa av bark, så kallad livrand, som lämnas kvar (Borgegård 1973) (Fig. 1). Katning ska efterlikna naturliga skador, vilket ökar ett trädets kådproduktion (Gustafsson et al. 2003) samtidigt som dess vitalitet minskar. Målet med katning är att skada trädet tillräckligt för att aktivera dess försvarsmekanismer och minska dess tillväxt, men utan att det dör av skadorna. Detta påskyndar trädens åldrande, med förhoppningen om att de kan utvecklas till långlivade, kådimpregnerade torrakor och sedermera lågor när de slutligen dör.



Figur 1. Ett katat träd fem år efter katning. Foto: Emma Mattsson.

Naturvårdsbränning och katning

Naturvårdsbränning är idag den vanligaste metoden för att återskapa livsmiljöer för arter som är beroende av brand. Dock är metoden inte alltid genomförbar av praktiska, etiska eller ekonomiska skäl. Exempelvis kan säkerhetskrav för naturvårdsbränning vara svåra att uppfylla, särskilt i närheten av bebyggelser (Nilsson 2005). I skogar med höga naturvärden, som exempelvis har rikligt med

död ved av hög kvalité, sällsynta arter eller värdefulla strukturer, kan nyttan med bränning vara begränsad eller till och med skadlig för de befintliga naturvärdena (Eriksson et al. 2013; Nilsson 2005; Stokland et al. 2012). Bränning vid platser med hög avrinning kan påverka vattenmiljön negativt (Nilsson 2005). Samråd med samer kan också leda till att bränning avråds om det skulle påverka deras renbetesmarker negativt (Cogos et al. 2021). Dessutom är naturvårdsbränning en kostsam och resurskrävande metod som kräver noggrann planering och specialkompetens, vilket kan begränsa dess användning i praktiken.

Där naturvårdsbränning inte är genomförbart av ovanstående skäl kan fläckvis bränning eller punktbränning i vissa fall vara ett alternativ, medan katning alltid förblir en möjlig, enkel och prisvärd (Nystrand 2024) metod. De olika naturvårdsåtgärderna ger dock olika påverkan på de skadade tallarna. I en studie av Munters (2024) undersöktes grad av kådimpregnering hos tallar efter naturvårdsbränning, punktbränning och katning. Det visade sig att naturvårdsbrända och katade tallar hade likvärdigt radiellt kåddjup, medan punktbrända tallar tydligt visade den djupaste radiella kådimpregneringen. Samtidigt visade de naturvårdsbrända träden störst spridning av kådimpregnering i höjddled. Studien visade också att kådimpregneringen hos de katade tallarna var koncentrerad till det skadade området och aldrig förekom högre upp på stammen (Munters 2024). Ytterligare skillnad mellan olika typer av bränning och katning är den stora värmeutvecklingen som uteblir vid katning. Den höga temperaturen kan, utöver att påverka floemet och kambiet som skadas vid katning, även skada tallens krona och ytliga rötter. Detta påverkar trädets fysiologiska processer och leder till nedsatt vitalitet och ökad mortalitet (Bär et al. 2019). Eftersom tallvedens egenskaper skiljer efter olika typer av bränning och katning, kan också den artsammansättning som gynnas av metoderna troligen skilja.

Katningens historia

När det refereras till katning idag syftar det på en naturvårdande åtgärd, men så har det inte alltid varit i Sverige. Under 1770-talet förbjöds katning i Västerbottens län eftersom det ansågs bidra till skogsskövling (Andre 1993; Borgegård 1973). På den tiden användes kådrik tallved, särskilt från gamla stubbar, som råvara för att framställa tjära. För att få ved med hög kådimpregnering katades stora tallar som ett komplement till stubbarna (ibid.). Att kata tallar ansågs vara virkesslöseri, men jämfört med stubbrytning var katning ett mindre arbetskrävande sätt att framställa tjärved (Andre 1993). De katade tallarna återbesöktes flera gånger, där flisor högs från det avbarkade området för att ytterligare stimulera kådproduktionen, efter ca. tio år skördades tjärveden som då var mycket kådrik (Wetterberg 2018). Trots förbudet fortsatte träd att katas eftersom det var ett effektivt sätt att producera tjärved. När sågverken började

etableras under senare delen av 1800-talet blev tillgången på stubbar riklig, vilket successivt minskade behovet av katning. (Borgegård 1973).

Utöver katning för att främja tjärved barkades tallar förr för att få hårt och rötbeständigt virke, som ofta användes till fönstersnickerier. I detta syfte både ringbarkades och katades tallar för att virket skulle bli kådimpregnerat (Anonym 1985). Detta ska inte ha skett i större skala sedan 1860 (ibid.).

1.2 Teori

1.2.1 Skaderespons på katning

I det katade området tas bark, floem, kambium och en del av xylemet bort. Barken, som delvist består av döda celler, fungerar som tallens primära försvar och isolering (Krokene et al. 2008). Den innehåller även parenkymceller som producerar och lagrar fenoliska föreningar, vilka är giftiga för svampar och insekter (ibid.). Floemet består huvudsakligen av levande celler och innehåller också viktiga försvarsmekanismer (ibid.). Dess funktion är att transportera näring och vatten från rötterna till stammen och kronan samt att bidra till energilagring och metabolism (Kramer & Kozlowski 1960). Kambiet är trädets tillväxtzon, belägen mellan floemet och xylemet, som bildar floem utåt och xylem inåt (ibid.). Xylemet, som består av döda celler, transporterar vatten och mineraler från rötterna upp i stammen och kronan (ibid.).

När ett angrepp eller en stamskada inträffar, aktiverar tallen en kemisk försvarsmekanism där fenoler och kåda frigörs (Krokene et al. 2008). Kådan innehåller ämnen som är giftiga för svampar och insekter samt att det är klistrigt, vilket kan förhindra intrång i trädet (ibid.). Efter ett angrepp bildar tallen traumatiska hartskanaler där kådan flödar och splintveden (xylemet) indränks i kåda. Utöver den omedelbara effekten av gift och minskad genomtränglighet, gör kådimpregneringen att trädet blir mer motståndskraftigt mot röta på lång sikt (Gustafsson et al. 2003).

En del av de kolhydrater som bildas i barren under fotosyntesen transporteras till rötterna, där en stor del förbrukas av rötterna och mykorrhiza, medan resten lagras som energi inför trädets nästa växtsäsong (Kramer & Kozlowski 1960). Trädets biokemiska processer och därmed också tillväxt påverkas av både interna, såsom ålder och genetik, samt externa faktorer, som ståndort och klimat (ibid.).

När en stamskada inträffar, som vid katning, förstörs floemet och därmed delar av trädets transportvägar för vatten och näring (Kramer & Kozlowski 1960). Under den följande tillväxtsäsongen utvecklar trädet nya transportvägar (ibid.), men tillväxt uteblir där kambiet är skadat (van der Maaten et al. 2017). En studie på tallar som använts för kådtappning, en metod som orsakar stamskador liknande de vid katning, visar att trädets vitalitet knappt påverkas (Zaluma et al. 2022). Det sker dock en ökad tillväxt i den kvarvarande barkremsan samt direkt ovanför

skadan (van der Maaten et al. 2017; Zaluma et al. 2022; Magnuszewski & Tomusiak 2013), men inte 30 cm ovanför skadan (Magnuszewski & Tomusiak 2013). Van der Maaten et al. (2017) visade också att diametertillväxten i relation till klimatet inte påverkades i de skadade tallarna jämfört med de oskadade. Magnuszewski och Tomusiak (2013) belyser dock att man ska ta i beaktning att olika metoder för kådproduktion hos tallar inte alltid kan direkt jämföras.

1.2.2 Tallens vitalitet på impediment

Myrmark har begränsad syretillgång på grund av den höga grundvattennivån, vilket hämmar nedbrytning av organiskt material. Istället ackumuleras detta material och bildar torv. Torvmarker är ofta mineralfattiga, särskilt om de får vattentillförsel enbart från den mineralfattiga nederbörden (mosse) och inte från omgivande marker (kärr). Detta beror på att torvmarker mest består av delvis nedbrutet organiskt material och innehåller därför betydligt färre mineraler än exempelvis mineraljord.

Förutom att torv har brist på mineraler, får även träden svårare att ta upp mineraler i den syrefattiga miljön (Kozłowski 1985; Kramer & Kozłowski 1960; Pritchett & Fisher 1987). Trädrötternas cellandning, som omvandlar socker till energi med hjälp av syre, är en viktig process för ett välmående träd. Denna energi är nödvändig för att rötterna aktivt ska kunna ta upp mineralämnena direkt från marken eller via mykorrhiza. I en syrefattig miljö minskar energiutvinningen, vilket hämmar mineralupptaget och därmed fotosyntesen, vilket påverkar trädets vitalitet negativt (Kozłowski 1985). För att maximera upptaget av det begränsande syret tenderar trädens rötter i dessa miljöer att växa ytligt (ibid.). Om marken är vattenmättad under lång tid påverkas rotsystemet negativt genom minskad tillväxt och ökad rotmortalitet på grund av syrebristen (Kozłowski 1985; Repo et al. 2020; Kramer & Kozłowski 1960).

Hällmark kännetecknas av ett mycket tunt eller obefintligt jordtäckande, vilket, i kombination med sluttning, resulterar i snabb avrinning och begränsad näringstillgång, vilket påverkar produktion av biomassa negativt. Därtill förekommer hållkar, där dräneringen är begränsad och vatten samt torv ansamlas. Markvegetationen är ofta artfattig, med lavar på hållarna och risarter i svackor. Den sparsamma växtligheten genererar lite dött organiskt material för nedbrytning, vilket leder till låg näringsomsättning (Pritchett & Fisher 1987). Den begränsande tillgången på vatten och näring är en av orsakerna till den låga produktionen av träd på hällmark (ibid.). Träd på hällmark växer inte på de blottlagda, torra hållarna utan i skrevor och svackor mellan hållarna, där jordansamlingar kan förekomma. Den låga produktionen per hektar på hällmark beror även på att träden står glest, vilket är en konsekvens av den begränsade tillgången på lämpliga växtplatser. Den låga tillväxten per hektar på hällmark innebär därför inte nödvändigtvis att enskilda träd växer långsamt. Vissa individer

skulle kunna ha likvärdig eller högre tillväxt än tallar i en sluten skog på produktiv skogsmark, eftersom träden på hållmark står glest och därför har bättre tillgång till solljus.

1.3 Syfte och frågeställningar

Syftet med denna studie är att undersöka hur tallens storlek, ståndort och katningsgrad påverkar hur dess vitalitet och mortalitet påverkats fem år efter katning. Katningens mål är att främja utvecklingen av senvuxna träd med kådimpregnerad ved, utan att träden snabbt dör. Det finns en kunskapslucka kring hur detta bäst kan uppnås. Målet med studien är att utveckla rekommendationer för naturvårdsarbete som kan vägleda hur katning bör utföras för att förbättra effekten av naturvårdsåtgärden. Följande frågeställningar kommer att besvaras:

1. Påverkar ståndort (myr/hållmark), trädets diameter, tillväxt och katningsgrad mortaliteten hos katade tallar?
2. Har den genomsnittliga tillväxten under de första fem åren (2020–2024) efter katning förändrats hos katade tallar jämfört med obehandlade träd och hur relaterar denna förändring till katningsgrad och ståndort (myr-/hållmark)?
3. Skiljer kronutglesning hos katade tallar fem år efter katning jämfört med kronutglesning hos obehandlade träd och hur relaterar denna förändring till katningsgrad och ståndort (myr-/hållmark)?

Vår hypotes för frågeställning 1 är att mortaliteten är högre på myrmark jämfört med hållmark. Vi baserar detta på att avlägsnandet av floemet vid katning minskar sockertransporten från kronan till rötterna, vilket påverkar rötternas funktion negativt. Syrebrist för rötterna gör att en större andel av tallarna på myrmark redan har lägre vitalitet, vilket bidrar till att träden på myrmark förväntas påverkas mer negativt av katningen än de på hållmark. Vidare antar vi att mindre träd har högre mortalitet än större träd, då en större andel av splintveden tas bort vid katning. Eftersom små träd har lägre vedvolym innebär detta att en större proportion av deras splintved riskerar att avlägsnas, vilket kan försämra transporten av vatten och näringsämnen och öka risken för dödlighet. Slutligen förväntar vi oss att mortaliteten ökar med ökad katningsgrad.

Våra hypoteser för frågeställning 2 är att tillväxten minskar efter katning och att träd med högre katningsgrad förväntas uppvisa en större minskning i tillväxt jämfört med träd med lägre katningsgrad. Dessutom antar vi att träd på myrmark uppvisar en större minskning i tillväxt jämfört med träd på hållmark, av samma anledning som nämns för frågeställning 1.

Våra hypoteser för frågeställning 3 är desamma som för frågeställning 2, men istället för att tillväxten minskar, antar vi att kronutglesningen ökar.

2. Metod och Material

2.1 Vitalitet och katningsgrad

I vår studie undersöker vi bland annat vitaliteten hos katade och obehandlade tallar. Vi använder två olika mått på vitalitet: tillväxt och kronutglesning. Tillväxt bestäms objektivt genom mätning av trädens årsringsbredd, där ett mått på tillväxt är den sammanlagda årsringsbredden för de fem åren före eller efter katningen genomfördes. Kronutglesning är istället ett subjektivt mått där vi bedömer hur mycket av trädkronan som har glesats ut i förhållande till det mest fylliga trädet i området fem år efter katningen. Tillväxten under de fem åren efter katningen och kronutglesningen fem år efter katningen har en måttlig negativ korrelation (Spearman's $r = -0,42$). Vilket betyder att träd som har en lägre tillväxt också tenderar att ha en hög kronutglesning.

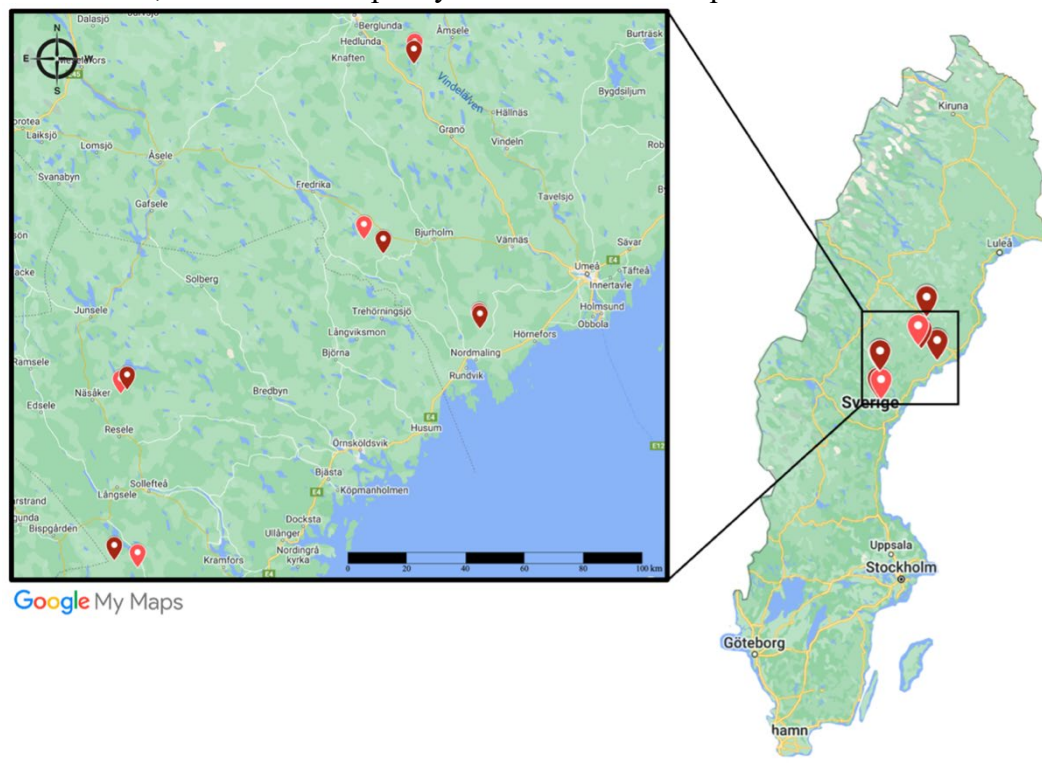
För att bestämma omfattningen av katningen används begreppet katningsgrad, vilket vi definierar som förhållandet mellan katningens yta och hela mantelytan på berörd stamdel, uttryckt i procent. Katningens yta definieras som area exponerad splintved fem år efter katningen och vi betraktar övervallningen under dessa år som försumbar i sammanhanget. Utöver katningsgrad använder vi även begreppet maximal katningsgrad i studien, vilket definieras som andelen blottad splintved vid den höjd där den kvarvarande barkremsan, livranden, är som smalast. De två begreppen är starkt linjärt korrelerade (Pearson's $r = 0,90$), vilket innebär att ett träd med hög katningsgrad också tenderar att ha hög maximal katningsgrad.

2.2 Försöksområden

Vår studie bygger på ett forskningsprojekt som anlades 2019 (SLU 2023) i Västerbotten och Västernorrlands län. Inom projektet skadades tallar på skogliga impediment genom katning och dödades genom ringbarkning, med syftet att utvärdera effekterna av dessa åtgärder på vedlevande insekter. Dessa naturvårdsåtgärder utfördes på skogliga impediment, med målet att höja naturvärden utan att påverka träd avsedda för skogsbruk. I försöket studerades kortsiktiga effekter av dessa åtgärder på skalbaggar (ibid.), och i vår studie undersöktes tallarna som skadades genom katning.

Vi samlade in studiens datamaterial från fem försöksområden belägna på talldominerade impediment i norra Sverige (Karlsbäck, Norrmark, Näsåker, Sörgränge och Tjäderberget (Fig. 2)), på mark som ägs av skogsföretaget SCA. Varje försöksområde omfattar två lokaler, en på myrmark (Fig. 3) och en på hållmark (Fig. 4), vilket ger totalt tio lokaler. På varje lokal finns fyra cirkelprovytor med en radie på 15 meter (m). Inom varje cirkelprovyta har åtta levande tallar mellan 6,5 och 18,5 centimeter (cm) i brösthöjdsdiameter (D_{bh}),

fördelade över diameterklasser, ringbarkats med motorsåg. Kvarvarande levande tallar med brösthöjdsdiameter över 10,5 cm har katats med motorsåg. Ringbarkningen och katningen genomfördes under perioden 4 oktober till 4 november 2019. Instruktionen för katningen var att på hälften av tallarna skulle barken avlägsnas från 50 % av omkretsen, från marknivå upp till ca. 1,3 m höjd, medan på den andra hälften skulle 75 % av omkretsen avbarkas. Totalt katades 852 träd, varav 412 på myrmark och 440 på hållmark. Antalet katade tallar varierade mellan de tio lokalerna (Fig. 11). Två katade träd, ett på myrmark och ett på hållmark, uteslöts från studien eftersom katningsgraden för dessa träd inte kunde inventeras med samma metodik som för de övriga träden. Detta berodde på att de växte alldeles intill ett annat träd respektive en stor sten, vilket gjorde det omöjligt att mäta runt träden. Det totala antalet katade tallar som ingår studien är därför 850. Utöver de 850 katade tallarna ingår även 24 obehandlade, levande referensträd, där hälften står på myr- och andra hälften på hållmark.



Figur 2. Studiens fem försöksområden. Varje försöksområde omfattar två lokaler, myr- (röd) och hållmark (mörkröd). De tio platsmarkörerna visar den geografiska medelpunkten av fyra cirkelprovytor för vardera lokal. Se exakta koordinater i Bilaga A. Kartdata © [2024] Google.



Figur 3. Katade tallar på myrmark fem år efter katning. Foto: Emma Mattsson



Figur 4. Katade tallar på hållmark fem år efter katning. Foto: Lena Ostermann.

2.3 Datainsamling

2.3.1 Inventering av katade tallar

Fem år efter att tallarna katades, mellan 23 september och 16 oktober 2024, återbesökte vi de tio lokalerna för att samla in data om de katade träden. För att besvara våra frågeställningar mätte vi alla de 850 katade trädens

brösthöjdsdiameter, katningsgrad, maximala katningsgrad och grad av kronutglesning. Utöver detta togs borrhöjdsprover från ett urval av de överlevande katade träden, levande obehandlade referensträd samt från samtliga katade tallar som dött.

Brösthöjdsdiameter (cm) mätte vi med en klave som var riktad mot provytans centrum. Katningsgrad, uttryckt i procent, definierade vi som förhållandet mellan katningens yta och hela mantelytan på berörd stamdel. Katningens yta definieras som area exponerad splintved. De berörda områdena mättes med måttband och tumstock, och katningsgraden (K) beräknades sedan enligt

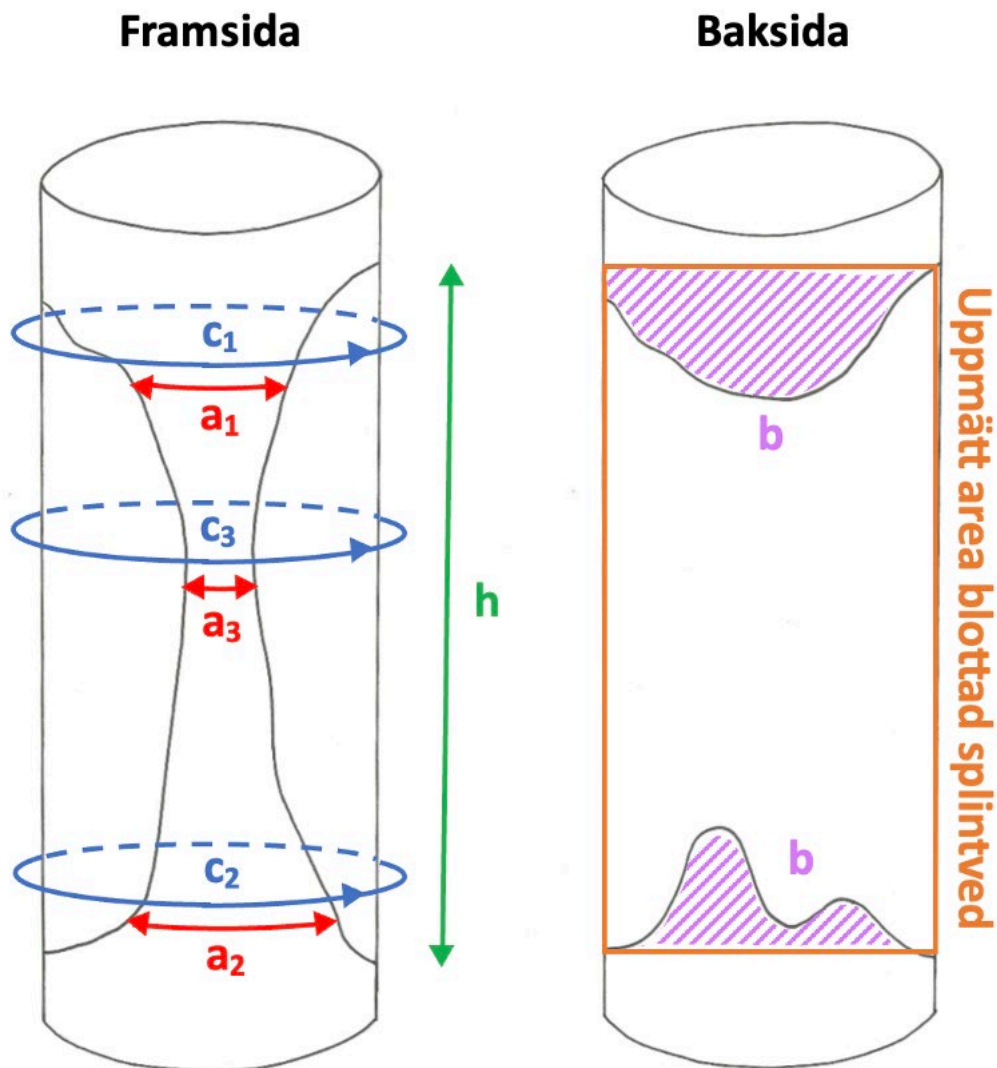
$$K = \frac{\frac{a_1 + a_2}{2} \times h - b \times 100}{\frac{c_1 + c_2}{2} \times h}, \quad (\text{Ekvation 1})$$

där a_1 och a_2 representerar katningens bredd (i cm) vid den övre respektive undre delen av det katade området, och c_1 och c_2 är trädets omkrets (i cm) vid motsvarande höjder. Katningens maxhöjd (i cm) betecknas som h . Eftersom katningen sällan var jämnt utförd, uppskattade vi arean (i dm²) av de barkytor som fanns kvar innanför den uppmätta katade ytan, b (Fig. 5). Utöver katningsgrad beräknade vi även den maximala katningsgraden ($K_{\max}$) enligt

$$K_{\max} = \frac{a_3}{c_3}, \quad (\text{Ekvation 2})$$

där a_3 representerar katningens bredd (i cm) på den höjd där den kvarvarande barkremsan är som smalast, och c_3 är trädets omkrets (i cm) vid samma höjd (Fig. 5).

Graden av kronutglesning bestämde vi enligt Riksskogstaxeringens fältinstruktion (SLU 2024).



Figur 5. Schematisk bild över parametrarna som ingår i beräkningen av katningsgrad och maximal katningsgrad. Variablerna a_1 och a_2 är katningens bredd vid den övre respektive undre delen av det katade området, och c_1 och c_2 är trädets omkrets vid motsvarande höjder. Variabeln a_3 är katningens bredd vid den höjd där den kvarvarande barkremsan är som smalast och c_3 är trädets omkrets vid samma höjd. Katningens maxhöjd betecknas som h . Variabeln b motsvarar arean av kvarvarande barkytor inom den uppmätta arean blottad splintved.

2.3.2 Tillväxt hos katade tallar som dött

För att besvara frågeställning nummer 1 borrade vi vedprover från samtliga katade träd som dött för att mäta bredden på de sista fem årsringarna innan katningen (2015–2019) som ett mått på vitalitet. För samtliga borrhov i studien använde vi en tillväxtborr från Haglöf med en borrhovdiameter på 5,15 millimeter (mm). Vi borrhov träderna så att proverna omfattade minst tio av de yttersta årsringarna (ca. 4 cm). Borrhovtagningen utfördes precis ovanför den exponerade splintveden, där barken ofta var skadad av motorsågen men fortfarande fanns kvar på trädet (Fig. 6). Vi antog att träden inte bildat ytterligare årsringar i området mot den blottade

splinten efter katningen, då detta område var skadat. Genom att borra träden där inga nya årsringar hade bildats efter katningen kunde vi datera de fem åren innan katningen, då de fem yttersta årsringarna fanns i våra borrhövar.

I samband med borrhöven noterade vi angrepp av större mörghorre (*Tomicus piniperda*) och mindre mörghorre (*Tomicus minor*) genom att ta bort bark i brösthöjd och undersöka eventuella larvgångar. Detta gjorde vi för att samla extra underlag till diskussionen och det var inte tidskrävande data att inventera. Större och mindre mörghorre angriper försvagade tallar och bär ofta med sig blånadsvamp som kan döda trädet (Långström & Solheim 2001).



Figur 6. En katad tall som dött på myrmark. Den röda pricken visar vart borrhprover från döda träd har tagits. Foto: Lena Ostermann.

2.3.3 Tillväxt hos överlevande katade tallar

Studiedesign för provträd

Vi samlade in borrhövar för att undersöka de katade trädens tillväxt under de fem åren före och efter katning, för att besvara frågeställning nummer 2. Vi konstruerade en studiedesign med stickprov där endast två levande träd per cirkelprovyta valdes för provtagning, för att säkerställa en rimlig arbetsinsats. Provträden valdes genom ett urval av överlevande katade träd och obehandlade referensträd. Referensträden inkluderades för att kunna skilja effekten av katning från andra faktorer som påverkar tillväxten, framförallt variationer i väderförhållanden mellan olika år.

Designen innefattar två blockvariabler som tre behandlingar är slumpade inom. Ena blockvariabeln representerar de två ståndorterna myr- och hällmark. Den andra blockvariabeln är två diameterklasser:

- d1 ($D_{bh} \leq 14$ cm)
- d2 ($D_{bh} \geq 15$ cm)

Vi fastställde gränserna för diameterklasserna utifrån behovet att ha minst två träd i varje diameterklass på alla cirkelprovytor för att kunna genomföra studiedesignen. Beslutet baserade vi på diameterdata från 2019 insamlad från samma cirkelprovytor. Diameterklasserna ingår som en designvariabel, även om frågeställning nummer 2 inte direkt inkluderar trädens storlek. Anledningen är att om någon annan variabel korrelerar med trädens storlek, kan denna variation förklaras och därmed inte bidra till oförklarad variation i resultaten, även kallad brus.

Behandlingarna kategoriserades i tre klasser baserat på trädens maximala katningsgrad. Behandlingarna definierades enligt följande:

- k0: Obehandlade referensträd
- k1: Det träd som har lägst maximal katningsgrad inom cirkelprovytan
- k2: Det träd som har högst maximal katningsgrad inom cirkelprovytan

Studiedesignen består av tre replikat, där varje replikat innehåller 12 cirkelprovytor. Varje provyta inom ett replikat har en unik kombination av ståndort, diameterklass och behandling (Tabell 1). De 12 provytorna per replikat är jämnt fördelade, med 6 ytor på hällmark och 6 ytor på myrmark. Inom varje ståndort är cirkelprovytorna fördelade lika mellan de två diameterklasserna d1 och d2. De två provträden på varje provyta har alltid olika behandlingar, men samma diameterklass och är parade enligt de tre kombinationerna: k0:k1, k1:k2 och k2:k0

(Tabell 1). Totalt innefattar designen 72 levande provträd varav 48 tallar är katade och 24 tallar är obehandlade.

De tre replikaten omfattar tillsammans 36 cirkelprovytor av de totalt 40, vilket säkerställer en balanserad studiedesign där varje unik kombination av ståndort, diameterklass och behandling förekommer lika många gånger. Fyra av de totalt 40 cirkelprovytorerna slumpades därför bort som provytor för borrhövsprovtagning. Vi genomförde bortslumpningen med hjälp av en tärning och fördelade de bortslumpade provytorerna så att det blev en per försöksområde och två per ståndort (se detaljer i Bilaga A).

Tabell 1. Tabellen visar ett av de tre replikaten i vår studiedesign. Diameterklass d1 omfattar träd med $Dbh \leq 14$ cm, medan d2 avser träd med $Dbh \geq 15$ cm. Behandling k0 representerar obehandlade referensträd, medan k1 respektive k2 består av träd med lägst respektive högst maximal katningsgrad inom cirkelprovytan.

Cirkelprovyta	Ståndort	Diameterklass	Behandling	
			Träd 1	Träd 2
1	Myr	d1	k0	k1
2	Myr	d1	k1	k2
3	Myr	d1	k2	k0
4	Myr	d2	k0	k1
5	Myr	d2	k1	k2
6	Myr	d2	k2	k0
7	Häll	d1	k0	k1
8	Häll	d1	k1	k2
9	Häll	d1	k2	k0
10	Häll	d2	k0	k1
11	Häll	d2	k1	k2
12	Häll	d2	k2	k0

Datainsamling av provträd

Provträd med behandling k1 och k2 valde vi utifrån den lägsta respektive högsta maximala katningsgraden inom diameterklassen inom den aktuella provytan. När ett k0-träd skulle väljas, bestämde vi först k1 eller k2 som vanligt, och därefter k0 som det närmsta trädet utanför cirkelprovytan med samma diameter ± 2 cm. Döda träd, samt träd med tydliga stamskador uteslöts från att vara k0-träd.

Vi mätte provträdets tillväxt, de fem åren före och de fem åren efter katningen, med borrhövsprover från provträden. När vi utformade metoden inför provtagningen observerade vi att årsringsbredden varierade i stammen. Vid 1,3 m höjd, ovanför den kvarvarande barkremsan, var de senaste årsringarna ofta bredare än på andra delar av stammen, vilket indikerade en reaktion på skadan, vilket även har påvisats i andra studier (van der Maaten et al. 2017; Zaluma et al. 2022; Magnuszewski & Tomusiak 2013). För att undvika provtagning i det mest

påtagliga reaktionsområdet, samtidigt som provtagningen kunde genomföras utan användning av stege, beslutade vi att utföra borrhningen på en höjd av 1,8 m. Men även vid denna höjd observerade vi att variationer i årsringsbredden kunde förekomma runtom stammen. För att ta hänsyn till denna variation i årsringsbredd valde vi att ta fyra borrprover från varje provträd. Det första borrprovet tog vi mitt ovanför den kvarvarande barkremsan, det andra på motsatt sida av stammen, och de två sista placerades mitt emot varandra så att borrhpunkterna tillsammans formade ett kors genom stammen (Fig. 7).



Figur 7. En katad överlevande tall på myrmark. Fyra borrhögar har tagits i olika riktningar enligt pilarna, på en höjd av 1,8 m. Foto: Lena Ostermann.

2.3.4 Kronutglesning hos överlevande katade tallar

Som tidigare nämnt bestämde vi kronutglesning för samtliga 850 katade träd enligt Riksskogstaxeringens fältinstruktion (SLU 2024). För att besvara frågeställning 3 använde vi samma studiedesign och provträd som vid mätning av tillväxt, se underrubrik *Studiedesign för provträd*.

2.4 Databearbetning och statistiska analyser

2.4.1 Montering och analys av borrhspån

Vi limmade fast alla borrhspån på trälistor (Fig. 8). Trälisterna tillverkade vi av granpanel som redan hade två parallella skåror, vardera 3 mm breda.

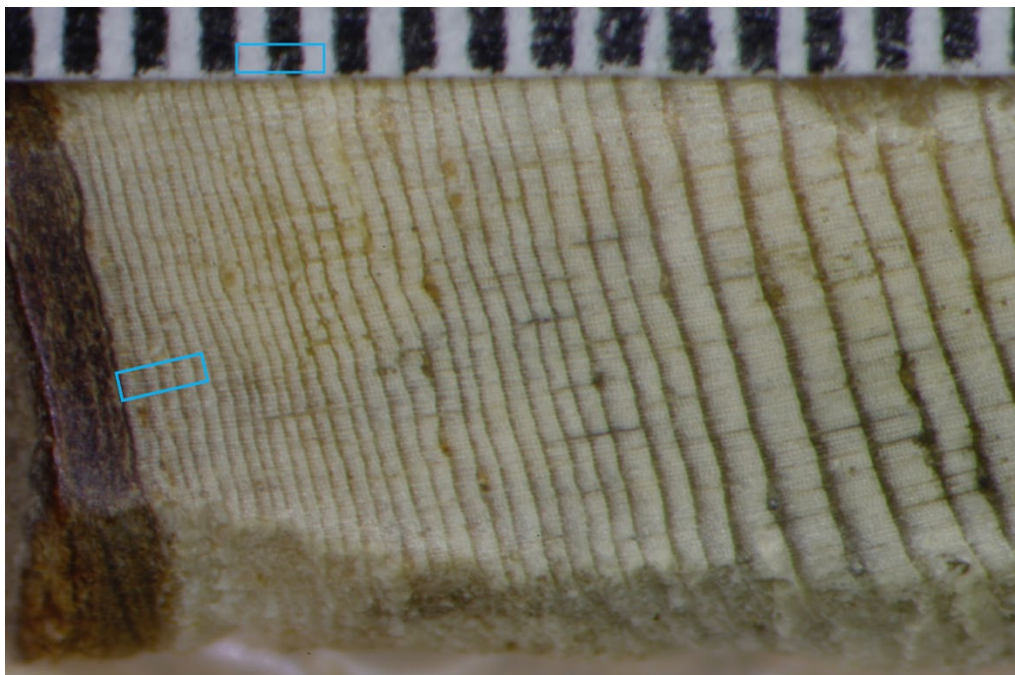


Figur 8. En trälist med fastlimmade borrhprover från katade tallar som dött. Foto: Lena Ostermann.

När limmet hade torkat slipade vi proverna i ett dragskåp med en handhållen slipmaskin, först med sandpapper med kornstorlek P400 och därefter med P1200. Vi slipade proverna tills hela ovansidan hade en jämn och plan yta för att tydligare urskilja de enskilda årsringarna. Slipdammet blåste vi bort från proverna med hjälp av en tryckluftsanordning monterad i dragskåpet.

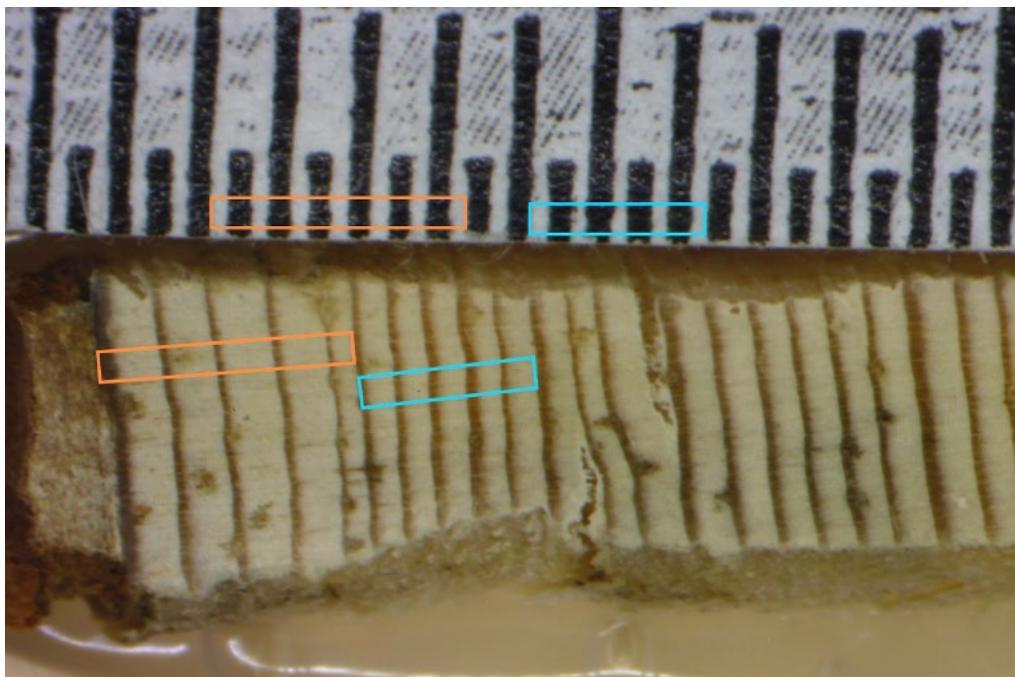
Vi fotograferade samtliga borrhprov tillsammans med en linjal med hjälp av ett mikroskop utrustat med en systemkamera. Linjalen hade en gradering med 0,5 mm intervall (Fig. 9 och 10).

Vi analyserade bilderna från de träden som dött genom att mäta bredden av de fem yttersta årsringarna, som motsvarar tillväxten under de fem åren innan katningen utfördes (Fig. 9). Ett av de 120 borrhproverna kunde inte analyseras eftersom det skadades under monteringen, det borrhprovet exkluderades i den statistiska analysen för tillväxt på träd som dött.



Figur 9. Exempel på borrhprov från en katad tall som dött på myrmark. Den nedre blå rektangeln markerar bredden av de fem yttersta årsringarna, vilket motsvarar tillväxten under de fem åren före katning. Rektangeln har sedan kopierats till linjalen med 0,5 mm gradering, där den mäts med 0,25 mm noggrannhet. Den uppmätta tillväxten på detta borrhprov är 0,75 mm.

För de överlevande provträden mätte vi först de fem yttersta årsringarna för att bedöma tillväxt efter katningen, och därefter de fem föregående årsringarna för att bedöma tillväxt före katningen, (Fig. 10). Sju av de 288 borrhproverna kunde inte analyseras på grund av skador.



Figur 10. Exempel på borrhprov från en överlevande, katad tall på myrmark. Den nedre orange rektangeln markerar bredden av de fem yttersta årsringarna, vilket motsvarar tillväxten under de fem åren efter katningen. Den nedre blå rektangeln motsvarar tillväxten under de fem åren före katningen. Rektanglarna har sedan kopierats till linjalen med 0,5 mm gradering, där de mäts med 0,25 mm noggrannhet. Den uppmätta tillväxten på detta borrhprov är 3,25 mm efter katning (orange) och 2,25 mm före katning (blå).

Bilderna analyserade vi i Word, där rektangelverktyget i funktionen 'Former' användes för att mäta årsringarna. Vi placerade rektangeln vid ytterkanterna av de fem årsringarna som skulle mätas och kopierade sedan upp den till linjalen för att avläsa den totala bredden på årsringarna, vilken avrundades till närmaste 0,25 mm (Fig. 9 och 10).

Eftersom vi analyserade fyra borrhprover från varje överlevande provträd så beräknade vi två medelvärden för vardera träd i Excel: ett för perioden före katning och ett för perioden efter katning. För träd där ett borrhprov inte gick att analysera baserade vi medelvärdet på tre borrhprover istället för fyra. Skillnaden mellan dessa medelvärden beräknade vi sedan enligt:

$$\text{Tillväxtskillnad} = \text{Årsringsbredd före katning} - \text{Årsringsbredd efter katning.} \\ (\text{Ekvation 3})$$

2.4.2 Statistiska analyser katade tallar som dött

För att besvara frågeställning nummer 1 utförde vi två separata statistiska analyser i R Studio (R Core Team 2022). Vi valde detta tillvägagångssätt eftersom diameter, ståndort och katningsgrad samlades in för samtliga träd i studien, medan tillväxtdata hade en mindre stickprovsstorlek, vilket försvårade möjligheten att

kombinera dem i samma analys. Variabeln tillväxt analyserades därav separat och jämfördes mot resterande variabler genom beskrivande statistik.

Analys för tillväxt

Tallarnas tillväxt från de fem åren innan katningen (år 2015–2019) är insamlad för samtliga 120 katade tallar som dött och 48 överlevande katade provträd med behandlingarna k1 och k2. Eftersom ett borrprov skadades vid montering inkluderas endast 119 av de tallarna som dött i analysen för tillväxt. Data från de obehandlade referensträden (k0) är exkluderat eftersom frågeställningen enbart berör utfallet för katade tallar. För att undersöka om tillväxten påverkar mortaliteten hos de katade tallarna har vi genomfört ett parat Wilcoxon signed rank-test. Paren utgörs av medelvärde för överlevande och döda katade träd på de provytor där båda värdena finns (n=27).

För att identifiera ett tröskelvärde för tillväxt, som kan förutsäga om ett träd kommer att överleva katningen, genomförde vi en ROC-analys (Receiver Operating Characteristic). Vi använde den binära variabeln "mortalitet" (död eller levande) som den beroende variabeln och "tillväxt" som den oberoende variabeln. En ROC-kurva konstruerades för att visualisera relationen mellan sensitivitet och specificitet vid olika tröskelvärden.

Analys för diameter, ståndort och katningsgrad

Eftersom mortalitet har ett binärt utfall genomförde vi sedan en logistisk regression för att testa effekten på mortaliteten av diameter, ståndort och katningsgrad. Innan vi utförde regressionen undersökte vi om katningsgrad respektive maximal katningsgrad bäst predikterar om ett träd är överlevande eller dött. För att göra det jämförde vi AIC-värdet för två logistiska regressioner där katningsgrad respektive maximal katningsgrad var inkluderade. Det visade sig att modellen med maximal katningsgrad hade det lägsta AIC-värdet och därav fungerar bäst som förklaringsvariabel i regressionen. Den logistiska regressionen inkluderade de 850 katade tallarna, varav 120 döda katade tallar och utfördes enligt följande:

$$\text{Mortalitet} \sim \text{diameter} + \text{maximal katningsgrad} + \text{ståndort} + (1 \mid \text{provyta}).$$

(Ekvation 4)

Modellen inkluderar förklaringsvariablerna diameter, maximal katningsgrad och ståndort. För att ta hänsyn till variationen mellan provytorna, så kallad grupperingseffekt, behandlade vi provytorna som "fixed". Vi testade interaktionseffekterna mellan diameter:ståndort samt katningsgrad:ståndort i en separat modell och de var ej signifikanta. Testerna utfördes separat för att undvika att interaktionseffekterna påverkar resultaten för huvudeffekterna, vilket inte var syftet.

2.4.3 Statistiska analyser överlevande tallar

För att besvara frågeställning nummer 2 och 3 genomförde vi två separata variansanalyser (ANOVA) i R Studio (R Core Team 2022). I studiedesignen är två provträd med olika behandlingar parade för varje cirkelprovyta.

Responsvariabeln för analysen för tillväxt är skillnaden mellan de två provträdens tillväxtförändringar, där tillväxtförändringen för varje provträd beräknats enligt Ekvation 3. För att jämföra behandlingarna har vi beräknat skillnaden mellan träden med lägre katningsgrad och träden med högre katningsgrad.

Responsvariabeln för analysen för kronutglesning är istället skillnaden mellan de två parade provträdens kronutglesningar.

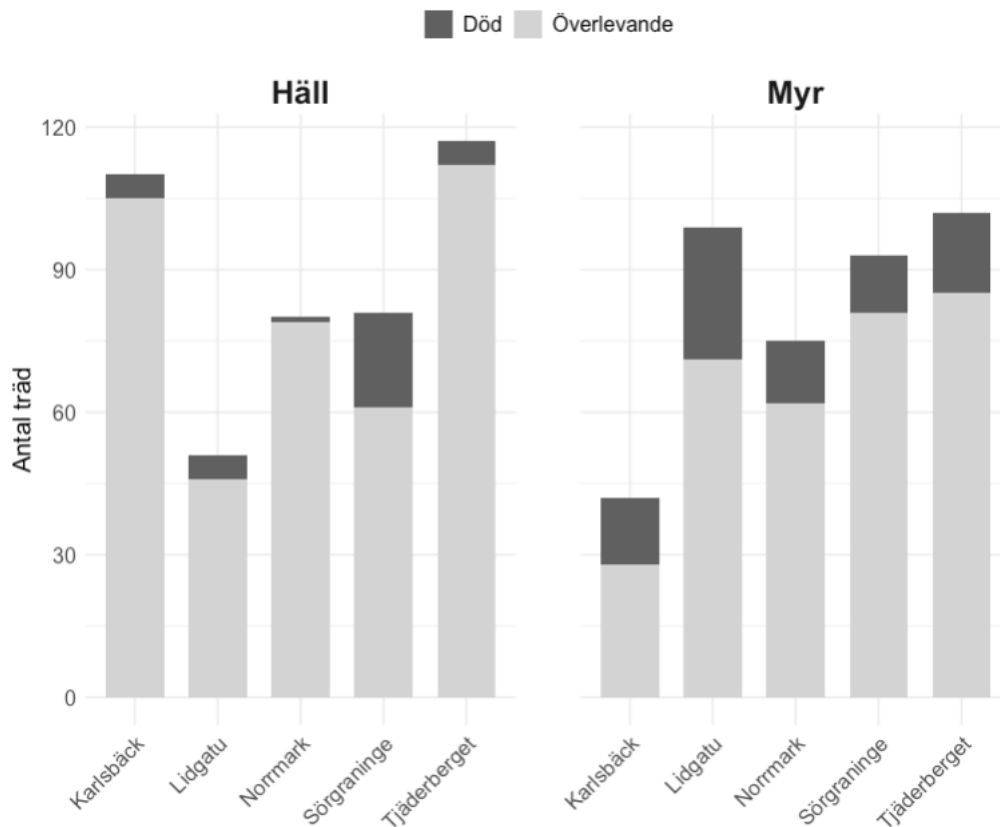
Innan analyserna genomfördes, testades tre centrala antaganden för ANOVA: normalfördelning av data, vilket testades både grafiskt och med Shapiro-Wilk-test; homogen varians, vilket testades med Levene's test; samt oberoende observationer, vilket säkerställdes genom studiedesignen. Samtliga antaganden uppfylldes för båda analyserna.

De genomförda analyserna testade effekten av de tre oberoende kategoriska variablerna behandling, diameterklass och ståndort på de kontinuerliga responsvariablerna tillväxtskillnad respektive kronutglesning, inklusive deras interaktioner.

3. Resultat

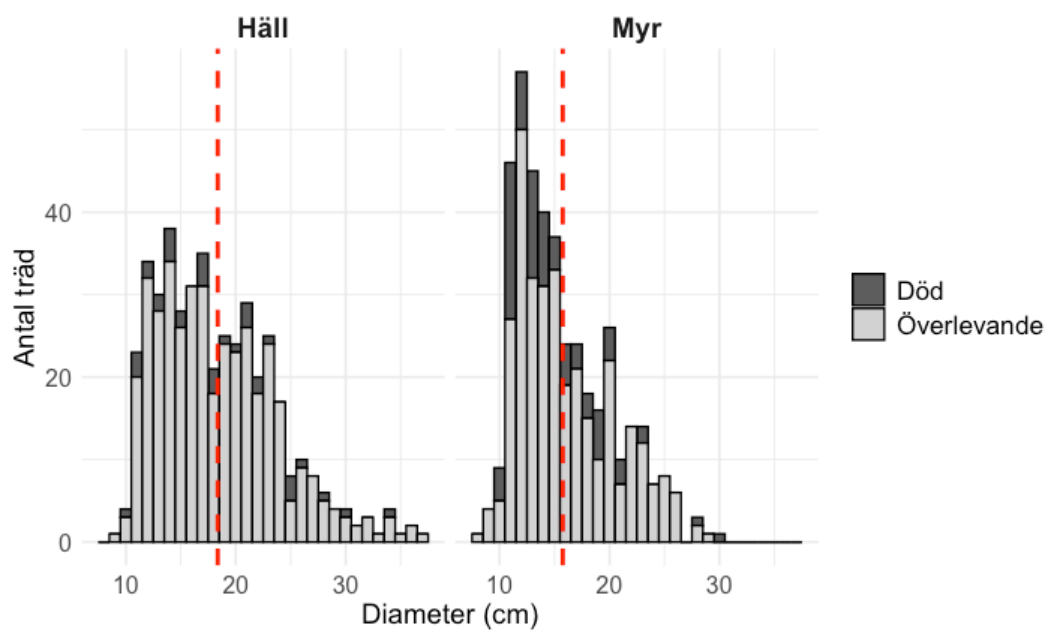
3.1 Alla katade tallar

Av de 850 katade träden hade 120 dött, vilket innebär att 86 % av de katade tallarna hade överlevt fem år efter katningen utfördes. Generellt är det fler katade tallar som hade dött på myr, förutom i Sörgraninge där det är en större andel träd som hade dött på hållmarken (Fig. 11). Andelen och antalet tallar som dött efter katningen varierade mellan de tio lokalerna (Fig. 11). Av de katade tallarna på myrmark dog 20 % efter katningen, och på hållmarken 8 %. Av de 120 katade tallar som dött stod 70 % av dem på myrmark och 30 % på hållmark, vilket motsvarar 84 träd på myr och 36 på hållmark.



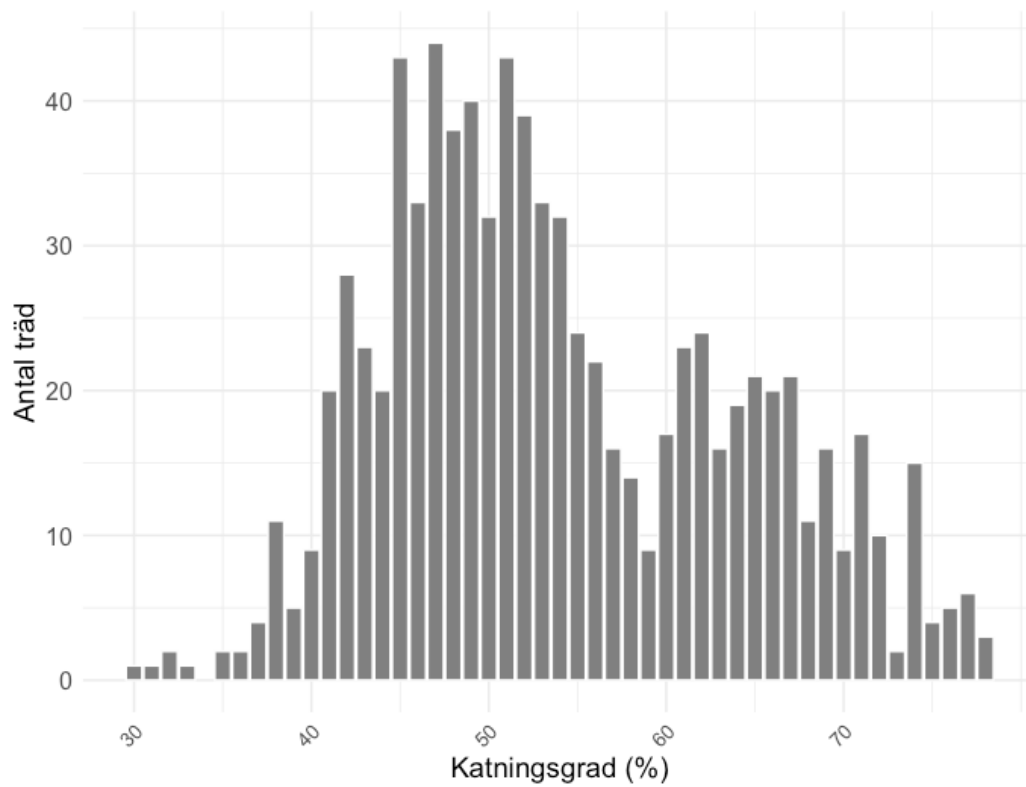
Figur 11. Antalet katade tallar per lokal, uppdelat efter ståndort (Häll/Myr) och om de har dött eller överlevt fem år efter katning.

De katade tallarna var större på hållmark än på myrmark (Fig. 12).

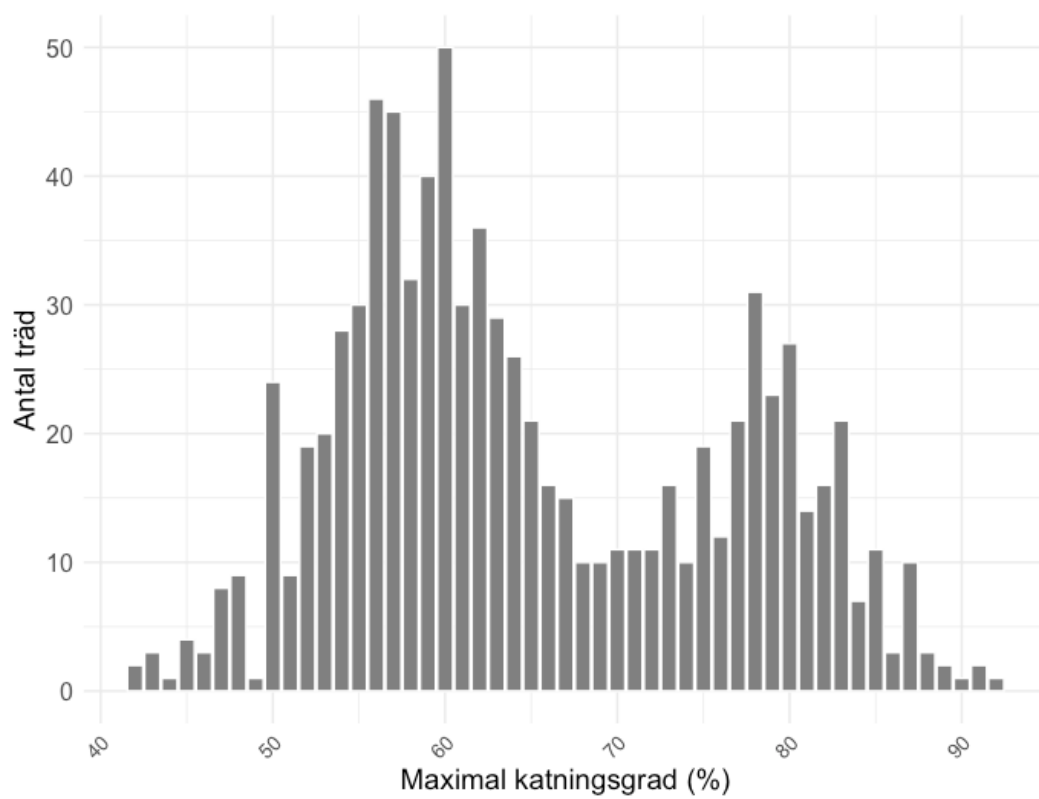


Figur 12. Diameterfördelning för de 850 katade tallarna på ståndorterna hällmark (vänster) och myrmark (höger). Den vertikala streckade linjen visar medelvärdet för diametern på hällmark (18,4 cm), respektive myr (15,7 cm). Hällmark har en median på 17 cm och myrmarken 15 cm. Staplarna visar andel överlevande (ljusgrå) och döda (mörkgrå) katade tallar.

Katningsgraden och den maximala katningsgraden hos tallarna uppvisar en bimodal fördelning (Fig. 13 och 14). Både katningsgrad och maximal katningsgrad indikerar förekomsten av två nivåer av katningsintensitet, vilket överensstämmer med instruktionen som gavs inför katningen.



Figur 13. Fördelning av katningsgrad för de 850 katade tallarna.



Figur 14. Fördelning av maximal katningsgrad för de 850 katade tallarna.

3.2 Tallar som dött

3.2.1 Beskrivande statistik

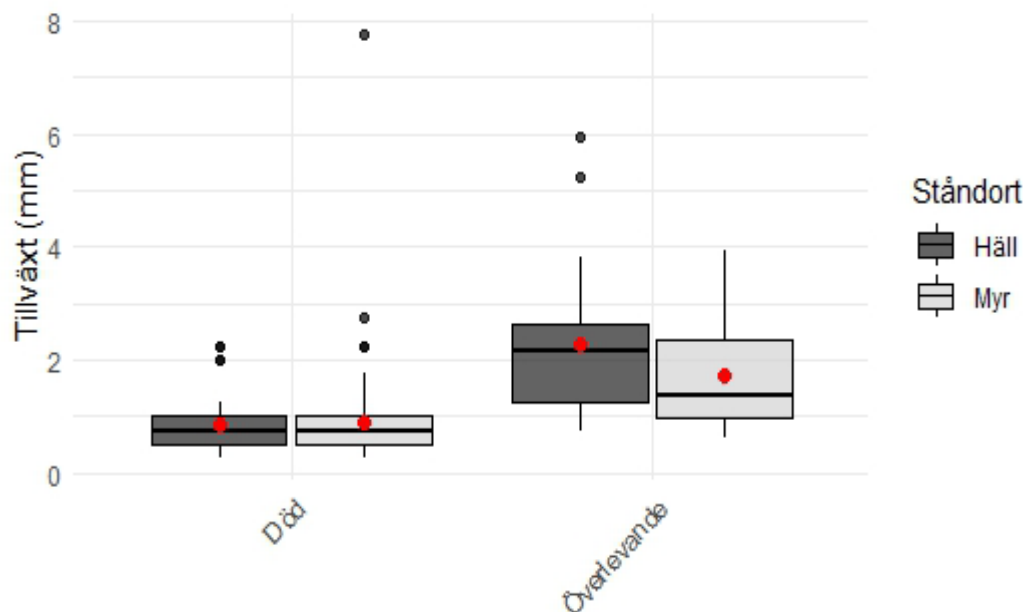
Som ovan nämnt är det både fler tallar och en större andel av tallarna som dött på myr än på häll (Fig. 11).

Medelvärde och medianen för diametern hos överlevande tallar på hällmark är 18,4 cm respektive 17 cm och motsvarande värden för döda tallar på hällmark är 18,4 cm och 17,5 cm. Detta tyder på att diameterspridningen är likvärdig mellan överlevande och döda tallar på hällmarken. Däremot, medelvärde och medianen för diametern hos överlevande tallar på myrmark är 16,0 respektive 15,0 cm, medan de för döda tallar på myr är 14,7 och 13,0 cm (Fig. 12).

Tallar som överlevt fem år efter katning hade en tydligt större tillväxt innan katningen än de som dött (Tabell 1 och Fig. 15). De överlevande tallarna på hällmark har en större tillväxt innan katning än de på myren medan de tallarna som har dött hade en liknande tillväxt innan katningen på båda ståndorterna (Tabell och Fig. 15).

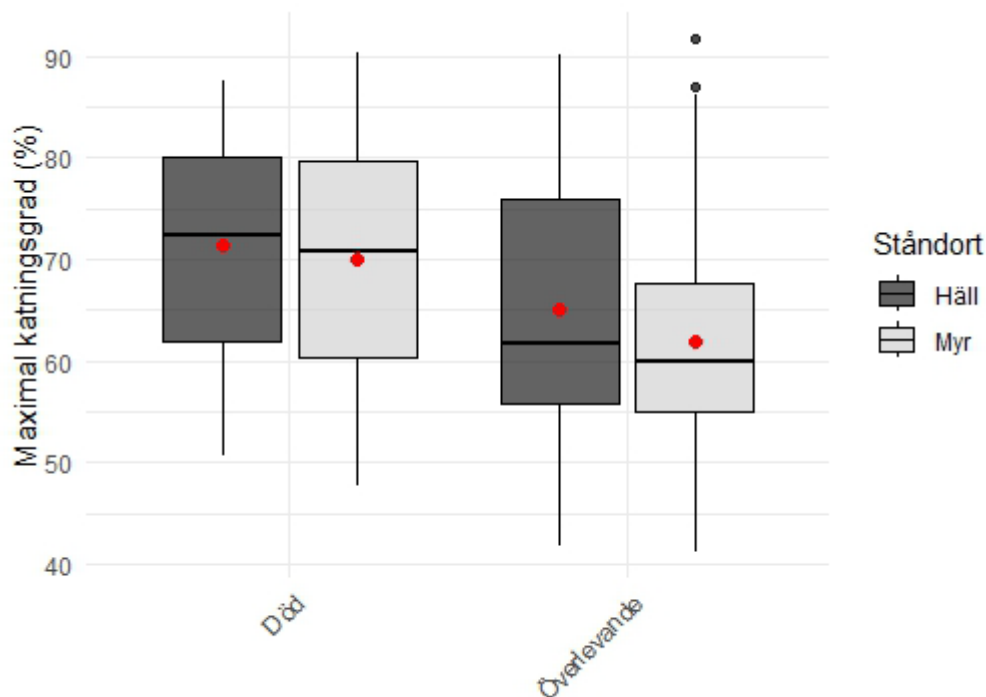
Tabell 2. Tillväxt under de fem åren före katning (2015–2019) för överlevande och döda träd.

	Stånd- ort	Medel- värde (mm)	Med- ian (mm)	Standard- avvikelse (mm)	Stand- ardfel (mm)	Min (mm)	Max (mm)	n
Död	Häll	0,85	0,75	0,53	0,0887	0,25	2,25	36
Död	Myr	0,91	0,75	0,89	0,0979	0,25	7,75	83
Överlevande	Häll	2,28	2,17	1,35	0,276	0,75	5,94	24
Överlevande	Myr	1,71	1,38	0,99	0,20	0,63	3,94	24
Samtliga	Häll	1,42	1,00	1,17	0,15	0,25	5,94	60
Samtliga	Myr	1,09	0,75	0,97	0,094	0,25	7,75	107



Figur 15. Fördelning av sammanlagd tillväxt under de fem åren före katning (2015–2019) för döda och överlevande katade tallar på båda ståndorterna hällmark (mörkgrå) och myr (ljusgrå). Boxarna visar spridningen mellan den övre och undre kvartilen och innehåller alltså de mittersta 50 % av värdena. Whiskers sträcker sig till de minsta och största värdena inom 1,5 gånger detta avstånd. De svarta punkterna visar värden utanför detta intervall. Linjen i boxarna markerar medianen och de röda punkterna visar medelvärdet. Se tabell 1 för stickprovsstorlek.

Den maximala katningsgraden är generellt högre för träd som dött jämfört med de som överlevt (Fig. 16). På hällmark är medelvärdet och medianen för den maximala katningsgraden hos de träd som dött 71 respektive 72 %, medan motsvarande värden för överlevande tallar är 65 och 62 %. På myrmark är medelvärdet och medianen för den maximala katningsgraden hos de träd som dött 70 respektive 71 %, medan motsvarande värden för överlevande tallar är 62 och 60 %. Både medelvärden och medianer visar alltså på en liten skillnad i maximal katningsgrad mellan ståndorterna, där träden på hällmark har katats något mer intensivt än de på myrmark (Fig. 16).



Figur 16. Fördelning av maximal katningsgrad för de 850 döda och överlevande katade tallarna på ståndorterna hällmark (mörkgrå) och myr (ljusgrå). För tolkning av boxplot, se figur 15.

3.2.2 Statistisk analys

Analys för tillväxt

De tallar som dött hade en tydligt sämre tillväxt under de fem åren före katningen (2015–2019) än de tallar som överlevt (Wilcoxon signed-rank test, $V = 59,5$, $\alpha = 0,05$, $p = 0,00194$) (Fig. 15). Testet är baserat på 27 parade observationer av tillväxtmedelvärden hos överlevande träd och träd som dött inom respektive provyta. Medelvärdet för skillnaden mellan överlevande och döda träd är 0,74 mm och median 0,69 ($n=27$). Den största positiva skillnaden mellan paren är 1,88 mm och den största negativa skillnaden är -3 mm. Positiv skillnad innebär att tillväxten hos ett träd som överlevde var större än tillväxten hos ett träd som dog inom samma provyta och en negativ skillnad innebär istället att tillväxten hos ett träd som överlevde var lägre än tillväxten hos ett träd som dog.

Standardavvikelsen på 1,08 mm visar att det finns en måttlig variation i skillnaderna i tillväxt mellan de överlevande och döda tallarna. Det relativt låga standardfelet (0,21 mm) visar att medelvärdet för skillnaderna mellan grupperna är uppskattat med hög precision.

Resultatet från ROC-analys visade att det optimala tröskelvärde för tillväxt är 1,03 mm. Detta innebär att om ett träd har en sammanlagd årsringsbredd från de fem åren före katningen över detta värde, är det mer sannolikt att det överlever

katningen, medan träd med en sammanlagd årsringsbredd under detta tröskelvärde tenderar att dö.

Analys för diameter, ståndort och katningsgrad

Förklaringsvariabeln maximal katningsgrad ger lägre AIC- värde än variabeln katningsgrad (591,43 vs. 610,13). Båda måtten för katningsgrad predikterar ett katat träds mortalitet väl där, katningsgraden har en prediktionsförmåga på 86,8 % och den maximala katningsgraden har 87,3 %. Vi väljer att presentera resultat för maximal katningsgrad eftersom den predikterar mortaliteten bäst.

Resultaten från logistisk regression, med signifikansnivå 0,05, visar att:

- en katad tall som står på myr har lägre sannolikhet att överleva katning än på hållmark ($p = 0,0011$)
- ju större diameter en katad tall har desto större är sannolikheten att den överlever katning ($p = 0,0111$)
- ju mer en tall har blivit katad, desto större är sannolikheten att den inte överlever katning ($p = 3,93 \times 10^{-11}$)

Det föreligger inga interaktionseffekter ($\alpha = 0,05$, $p > 0,05$).

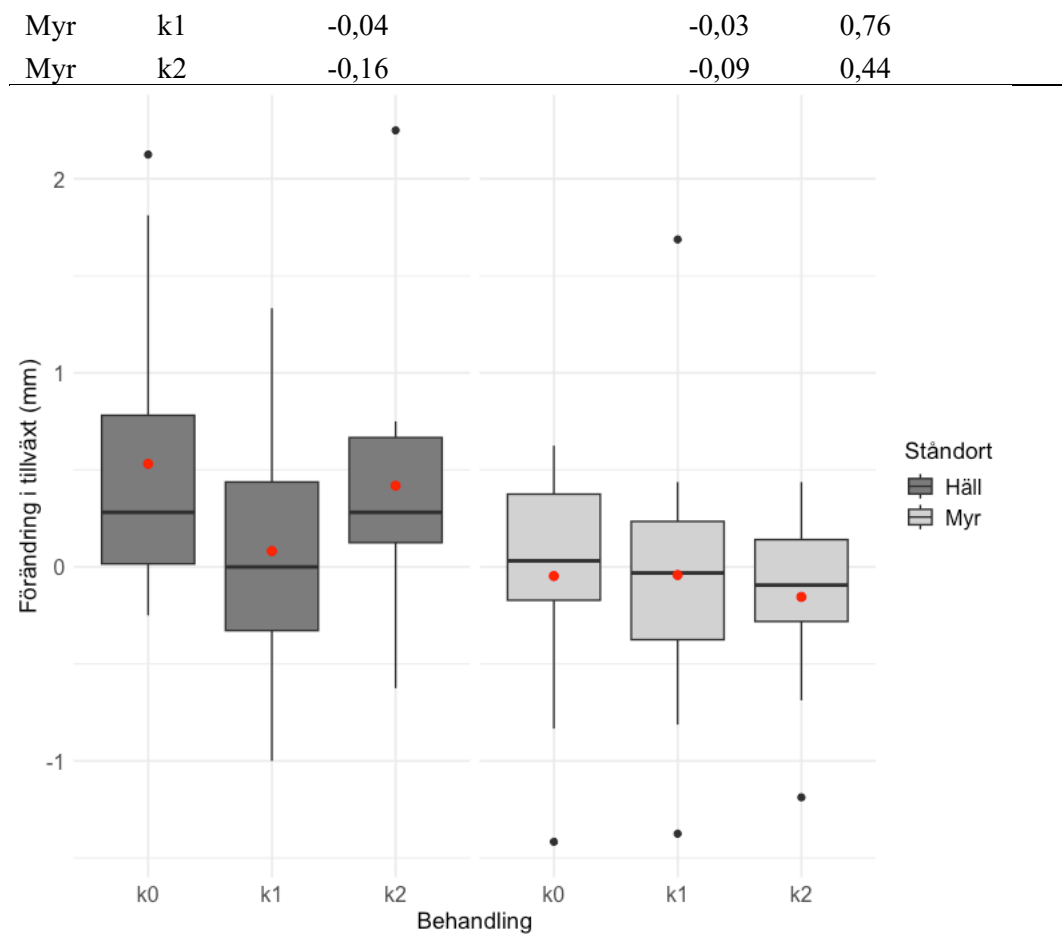
3.3 Överlevande tallar

3.3.1 Beskrivande statistik

Tillväxten förändrades ungefär lika mycket hos katade tallar och referenstallar mellan de två femårsperioderna före och efter katning (Tabell 2 och Fig. 17). En svag trend visar att tallar på hållmark har fått en ökad årsringsbredd efter katning, medan tallar på myrmark istället har fått en minskning i tillväxt (Tabell 2 och Fig. 17). Samtidigt finns det en relativt stor spridning inom grupperna, med vissa avvikande extremvärden (Fig. 17).

Tabell 3. Medelförändringen i årsringsbredd (mm) mellan de fem åren före och efter katning hos överlevande tallar för respektive ståndort (häll och myr) och behandling (k0 = Obehandlade referensträd, k1 = Det träd som har lägst maximal katningsgrad inom cirkelprovytan och k2 = Det träd som har högst maximal katningsgrad inom cirkelprovytan). Stickprovsstorleken är densamma för alla sex grupper ($n = 12$). En negativ tillväxtskillnad indikerar ökad årsringsbredd efter katningen 2019, medan ett positivt värde tyder på minskad årsringsbredd efter behandlingen.

Ståndort	Behandling	Medeltillväxtskillnad före och efter katning (mm)	Median (mm)	Standardavvikelse (mm)
Häll	k0	0,53	0,28	0,79
Häll	k1	0,08	0,00	0,64
Häll	k2	0,42	0,28	0,70
Myr	k0	-0,05	0,03	0,59



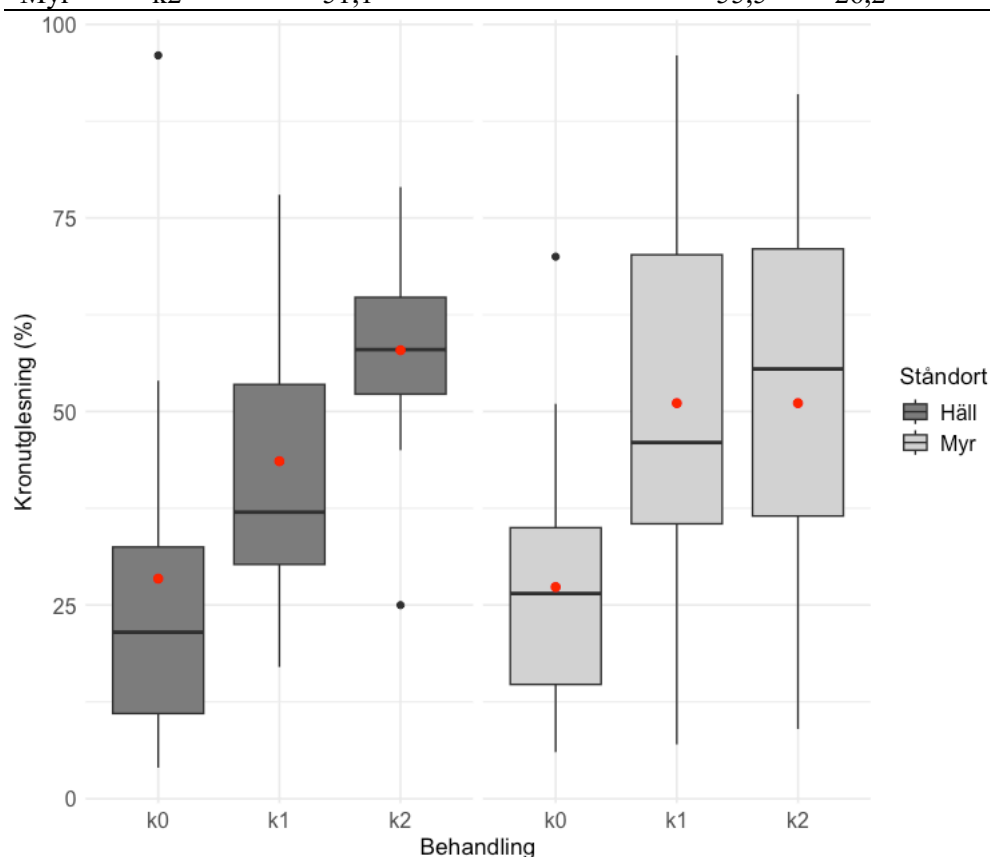
Figur 17. Fördelning av tillväxtförändringen (mm) mellan de fem åren före (2015–2019) och efter (2020–2024) katning av tallar för hållmark (mörkgrå) och myr (ljusgrå) och behandling (k0 = Obehandlade referensträd, k1 = Det träd som har lägst maximal katningsgrad inom cirkelprovytan och k2 = Det träd som har högst maximal katningsgrad inom cirkelprovytan). Stickprovsstorleken är densamma för alla grupper ($n = 12$). En negativ tillväxtskillnad indikerar ökad årsringsbredd efter katningen 2019, medan ett positivt värde tyder på minskad årsringsbredd efter behandlingen. För tolkning av boxplot, se figur 15.

Till skillnad från förändringen i tillväxt kan en tydlig skillnad i kronutglesning observeras mellan de tre behandlingarna (Tabell 3 och Fig. 18). På hållmarken skiljer sig både medelvärde och median mellan behandlingarna, där k0 har den lägsta kronutglesningen och k2 den högsta. På myrmarken är den största skillnaden mellan k0 och de två behandlingarna k1 och k2, vilka är mer lika varandra. Myrmarken uppvisar dessutom en generellt större spridning i kronutglesning jämfört med hållmarken (Fig. 18).

Tabell 4. Genomsnittlig kronutglesning fem år efter katning av tallar för respektive ståndort (häll och myr) och behandling (k0 = Obehandlade referensträd, k1 = Det träd som har lägst maximal katningsgrad inom cirkelprovytan och k2 = Det träd som har högst maximal katningsgrad inom cirkelprovytan). Stickprovsstorleken är densamma för

alla grupper ($n = 12$). Kronutglesning är ett mått mellan 1 och 100 % där en högre kronutglesning indikerar sämre vitalitet.

Ståndort	Behandling	Genomsnittlig kronutglesning efter katning (%)	Median (%)	Standardavvikelse (%)
Häll	k0	28,4	21,5	25,4
Häll	k1	43,6	37,0	19,6
Häll	k2	57,9	58,0	14,8
Myr	k0	27,3	26,5	19,1
Myr	k1	51,1	46,0	29,1
Myr	k2	51,1	55,5	26,2



Figur 18. Genomsnittlig kronutglesning (%) fem år efter katning (2024) av tallar för ståndorterna hällmark (mörkgrå) och myr (ljusgrå) och behandling (k0 = Obehandlade referensträd, k1 = Det träd som har lägst maximal katningsgrad inom cirkelprovytan och k2 = Det träd som har högst maximal katningsgrad inom cirkelprovytan). Stickprovsstorleken är densamma för alla grupper ($n = 12$). Kronutglesning är ett mått mellan 1 och 100 %, där en högre kronutglesning indikerar sämre vitalitet. För tolkning av boxplot, se figur 15.

3.3.2 Statistisk analys

Vi kunde inte visa någon statistiskt signifikant skillnad i tillväxt mellan katade och obehandlade träd under de fem åren efter behandling, oavsett katningsgrad,

ståndort eller deras interaktioner (ANOVA, $\alpha = 0,05$, $p > 0,05$ för alla faktorer och interaktioner). För fullständiga resultat, se Bilaga B.

Vi kunde inte heller visa någon statistisk signifikant skillnad i kronutglesning mellan katade och obehandlade träd fem år efter behandlingen, oavsett katningsgrad, ståndort eller deras interaktioner (ANOVA, $\alpha = 0,05$, $p > 0,05$ för alla faktorer och interaktioner). För fullständiga resultat, se Bilaga B.

4. Diskussion

4.1 Utvärdering av resultat för tallar som dött

Som vi förväntat oss så påverkar ståndort (myr-/hällmark), trädets diameter, tillväxt och katningsgrad mortaliteten hos katade tallar. Generellt växer tallarna på hällmarken fortare och har därmed också en grövre diameter. Jag testade hur variablerna diameter och tillväxt korrelerar och det visade sig att diameter har en positiv effekt på tillväxten, vilket innebär att större träd har vuxit snabbare. Att det var fler träd som överlevde på hällmarken kan därmed bero på att fler träd hade en större diameter och därmed oftast också en högre tillväxt (Fig. 12 och 15).

Tallarna som dog på hällmarken hade samma låga tillväxt som de som dog på myrmarken medan de överlevande tallarna på hällmarken hade betydligt större tillväxt än de överlevande på myren (Fig. 15). Det tyder på att träd med en viss låg tillväxt har större sannolikhet att dö, oavsett ståndort, vilket det beräknade tröskelvärde för fem års tillväxt i årsringsbredd på 1,03 mm indikerar.

Att fler träd dog på myren (Fig. 11 och 12) kan bero på att tallarna på hällen har bättre förutsättningar, vilket återspeglas i den högre tillväxten (Fig. 15). På hällen kan det fläckvis finnas mer jord där träden får bättre förutsättningar att växa, till skillnad från myrmarken där det lokalt är jämna växtförhållanden. På hällen är det även en större diameterspridning (Fig. 12) vilket tyder på att träden har olika förutsättningar till att växa (Kozlowski 1985; Kramer & Kozlowski 1960; Pritchett & Fisher 1987).

Under femårsperioden 2019–2023 dog i genomsnitt 1 tall/hektar ($D_{bh} > 10\text{cm}$) av naturliga orsaker på talldominerade skogliga myrimpediment i Västerbottens och Västernorrlands län, motsvarande var det i genomsnitt 6 tallar/hektar som dog på talldominerade skogliga hällimpediment (Wikberg 2025). I vår studie var det istället 59 katade tallar/hektar på myrimpediment och 25 katade tallar/hektar på hällimpediment som dog under en femårsperiod. Vi kan därför konstatera att katningen har haft en stor påverkan på mortaliteten, särskilt på myrmark, eftersom många fler träd dog utöver den naturliga mortaliteten.

Observationer vi gjorde ute i fält, genom att titta på kronutglesning, tyder på att fler träd kan komma att dö inom de närmsta åren (Fig. 18). Eftersom träden är försvagade kan de attrahera insekter genom doftämnen, vilket i sin tur kan leda till ökad mortalitet bland fler träd (Långström & Solheim 2001). Vi noterade att på 99 av de 120 tallarna som dött fanns det angrepp av större mörghorre och/eller mindre mörghorre, vilket motsvarar ca 83%. Vi vet däremot inte om angreppen skedde innan eller efter att trädet dog eller katades, men vi kan inte utesluta att det i vissa fall har haft en påverkan på om trädet har dött, eftersom insekter som större mörghorre kan angripa och sprida blånadssvamp som dödar trädet (ibid.). Vi

undersökte inte fler faktorer, så som svampangrepp eller andra insektsangrepp som kan ha orsakat att tallarna dog.

När vi bestämde hur våra borrhprover skulle samlas in gjorde vi ett antagande att de träden som dött inte har lagt på sig några årsringar i direkt anslutning till övre kanten av den blottade splinten. Eftersom tallarna kan ha levt 0–5 år efter katningen, kan de också ha lagt på sig mellan 0–5 årsringar.

Träd med långsam tillväxt kan skapa falska årsringar eller bara bilda årsringar på en sida (Linderholm et al. 2002; Kramer & Kozlowski 1960). Falska årsringar kan även bildas när det har blivit frost efter en mild vinter eller när det bara finns en trädkrona på en sida av trädet (Kramer & Kozlowski 1960). Det finns därmed en risk för att vi har mätt för många eller för få årsringar, särskilt på de döda tallarna som hade väldigt små årsringar och vi bara mätte ett borrhprov per träd. Detta bör inte påverka vårt resultat eftersom årsringarna ofta var smalare än vår noggrannhet på 0,25 mm. Det innebär att även om en extra årsring skulle mätas, skulle det inte påverka det uppmätta värdet.

4.2 Utvärdering av resultat för tillväxt hos överlevande tallar

Vi hade hypotesen att tillväxten hos katade tallar minskar efter katningen och att träd med högre katningsgrad (k_2) skulle visa större förändring i tillväxt före och efter behandling jämfört med träd med lägre katningsgrad (k_1). Våra analyser visade dock ingen statistiskt signifikant förändring i tillväxt, varken mellan behandlade (k_1 och k_2) eller obehandlade tallar (k_0). I figur 17 syns det också att förändringen i tillväxt är liknande mellan grupperna. Dock, eftersom analysen hade få replikat och stor variation inom grupperna kan vi inte utesluta att en skillnad kan finnas, även om vi inte lyckades påvisa den.

Vårt resultat gällande förändring i tillväxt hos överlevande tallar fem år efter katning överensstämmer med tidigare studier som visat att tillväxten hos tallar med stamskador, liknande katning, inte minskar (Magnuszewski & Tomusiak 2013; Van der Maaten et al. 2017; Zaluma et al. 2022). Dessa studier har dock inte genomförts på impediment. Vi förväntade oss att tillväxten hos de överlevande tallarna på impediment skulle påverkas mer av katning, eftersom de redan har en nedsatt vitalitet och potentiellt är mer mottagliga för ytterligare stress, jämfört med tallar på produktiv skogsmark. En möjlig förklaring är att de primära begränsande faktorerna för trädens tillväxt – som syrebrist och näringsbrist på myrmark, samt periodisk torka och näringsbrist på hållmark – fortsätter att vara avgörande. En annan möjlig förklaring är att det tar längre tid än fem år efter katning innan en förändring i årsringsbredd kan upptäckas. Vår data för kronutglesning (Fig. 18) tyder på att de överlevande tallarna har glesat ut kronan efter katning, vilket kan leda till minskad tillväxt framöver. När energireserver i rötter och stam, som byggts upp före katningen, tar slut och den

minskade energiproduktionen från den utglesade kronan får effekt, kan det bli svårt för tallarna att upprätthålla sin tillväxt. Dessutom är tallar anpassade för att hantera skador och stress (Krokene et al. 2008), vilket kan förklara varför de inte påverkats nämnvärt, även under dessa förhållanden.

Tillväxten visade inte heller någon signifikant skillnad mellan myr- och hållmark. Vår hypotes var att överlevande träd på myrmark skulle uppvisa en större minskning i tillväxt än de på hållmark, med tanke på att rotsystem på myrmark begränsas av syrefattiga förhållanden. Samtidigt står även träd på hållmark inför utmaningar med att utveckla sina rotsystem på grund av de karga förhållandena. Dock kan sprickor och skrevor mellan stenblock på hållmark erbjuda bättre fältkapacitet och näringstillgång. Motsägelsefullt mot vår hypotes antyder vår data att katning har en något positiv effekt på tillväxt för träd på myrmark, medan tillväxten minskar för träd på hållmark (Tabell 2 och Fig. 17). Dock, eftersom samma trender observeras även för obehandlade referensträd så är det svårt att dra en slutsats. Eventuellt hade en tydligare trend kunnat urskiljas med fler replikat.

4.3 Utvärdering av resultat för kronutglesning hos överlevande tallar

Eftersom frågeställning 2 och 3 är liknande, var även hypoteserna det, med en förväntan om högre kronutglesning för träd med högre katningsgrad (k_2) jämfört med träd med lägre katningsgrad (k_1). Vi kunde dock inte påvisa någon statistisk signifikant skillnad, varken mellan behandlade (k_1 och k_2) eller obehandlade tallar (k_0). Trots att skillnaden inte är signifikant, visar figur 18 att gruppernas medelvärden skiljer sig åt. På hållmark syns en tydlig skillnad i kronutglesning mellan behandlingarna, där k_0 har den lägsta, följt av k_1 och k_2 har den högsta. Detta mönster överensstämmer med vår hypotes, även om resultatet inte var statistiskt signifikant. På myrmark skiljer också medelvärdena mellan referensträd (k_0) och katade träd (k_1 , k_2), vilket delvis ligger i linje med vår hypotes.

Att den statistiska analysen inte visade signifikanta resultat, trots det tydliga mönstret i figur 18, kan bero på flera faktorer. En möjlig orsak är den stora variationen inom grupperna. När spridningen är stor och grupperna överlappar kan skillnaderna vara slumpmässiga och inte motsvaras av en verklig skillnad. En annan trolig orsak är den lilla stickprovsstorleken. Studiedesignen omfattar endast tre replikat med 24 parade provträd i varje, vilket innebär att varje unik kombination av ståndort, behandling och diameterklass bara upprepas tre gånger. Fler replikat skulle sannolikt ha ökat precisionen och därmed den statistiska styrkan, vilket hade ökat möjligheten att upptäcka verkliga skillnader om de finns.

Den andra hypotesen för frågeställning 3 var att träd på myrmark skulle uppvisa en större grad av kronutglesning jämfört med träd på hållmark. Analyserna visade dock ingen statistisk signifikant skillnad de två ståndorterna.

Figur 18 visar att medelvärde för kronutglesningen, både för katade träd och obehandlade träd är liknande på myr- och hållmark, men att spridningen är större på myrmark.

4.4 Skillnad mellan tillväxt och kronutglesning

Vi valde två olika mått på trädens vitalitet: tillväxt i årsringsbredd och kronutglesning, som mäter vitaliteten på olika sätt. Tillväxt reflekterar ett genomsnitt av trädens årsringsbredd under fem år före och efter katningen, medan kronutglesning endast motsvarar vitaliteten vid inventeringstillfället, fem år efter behandlingen, utan att ta hänsyn till trädens tidigare tillstånd.

En fördel med tillväxt som mått på vitalitet är att trädens historiska tillväxt kan dateras, vilket gör det möjligt att jämföra förändringar före och efter katning för varje individ. I variansanalysen innebär detta att responsvariabeln är skillnaden i förändring i årsringsbredd mellan två parade träd inom varje cirkelprovyta. Kronutglesningen mäts däremot enbart efter katningen, vilket innebär att vi inte kan jämföra förändringen före och efter katning. En nackdel med detta är att vi tvingas anta att en hög kronutglesning är en konsekvens av katningen. I verkligheten kan ett träd med hög kronutglesning fem år efter behandlingen redan ha haft samma utglesning innan, vilket vi inte har undersökt i denna studie.

En styrka med kronutglesning är att den ger en direkt bedömning av trädens vitalitet vid inventeringstillfället, vilket kan fånga effekter som inte syns i tillväxtmåttet. Eftersom energireserver i rötter och stam kan hålla tillväxten oförändrad under de första åren efter katningen, kan årsringsbredden ge ett missvisande medelvärde. Som tidigare nämnt har varken analys eller figur 17 visat någon tydlig skillnad i sammanlagd tillväxt under de fem åren efter katning. Det är möjligt att en förändring hade blivit synlig om årsringsbredden mätts årligen istället för som ett genomsnitt över fem år, eller om tillväxten mätts över en längre tidsperiod. Tidigare studier visar dock att tillväxten hos tallar med stamskador liknande katning knappt påverkas (Magnuszewski & Tomusiak 2013; Van der Maaten et al. 2017; Zaluma et al. 2022), inte ens efter ca. 40–60 år (Magnuszewski & Tomusiak 2013; Zaluma et al. 2022). Zaluma et al. (2022) beskriver att deras studie ”...visade att kådtappning, även på lång sikt, har liten påverkan på hälsotillståndet och vitaliteten hos tallar (*P. sylvestris*), även i mycket hög ålder.” Kådtappning är, likt katning, en metod där barken tas bort från nedre delen av stammen (Zaluma et al. 2022).

4.5 Jämförelse av resultat för mortalitet och vitalitet

En fråga som uppstår är varför vi ser en tydlig koppling mellan katningsgrad och ståndort gällande mortalitet, men inte minskad vitalitet kopplat till samma faktorer hos de katade träd som överlevt efter fem år? En stor skillnad mellan den

logistiska regressionen för mortalitet, och variansanalysen för överlevande träd är deras olika stickprovsstorlekar, 850 respektive 72. En större stickprovsstorlek gör det lättare att få statistiskt signifikanta resultat även för svaga samband, vilket innebär att det är osannolikt att samband mellan grupper har uppstått av en slump. Däremot innebär inte ett signifikant resultat att sambandet alltid är starkt. I figur 16 framgår det att skillnaden i maximal katningsgrad mellan döda och överlevande träd inte är särskilt stor, men den blir ändå signifikant på grund av den stora stickprovsstorleken (850 tallar), vilket ökar den statistiska styrkan. Jämförelsevis, i analyserna för de överlevande provträden, där stickprovsstorleken är betydligt mindre (72 tallar), minskar den statistiska styrkan. Detta gör det svårare att upptäcka skillnader mellan grupperna. Utöver detta är det viktigt att notera att frågeställning 1 och frågeställningarna 2 och 3 baseras på helt olika studiedesigner och analysmetoder. Skillnader i stickprovsstorlek och metodik bidrar därmed till att jämförelser mellan resultaten måste göras med försiktighet. Det finns även en skillnad mellan metoderna för borrhovtagningen där de tallarna som dött är borrade från ett håll och provträden från fyra sidor. Måttet för tillväxt från provträden är därmed mer precisa eftersom det tar variationen av årsringsbredd runt stammen i beaktning.

4.6 Överlevnadsbias

Överlevnadsbias avser de systematiska fel som uppstår när analyser enbart fokuserar på överlevande individer, vilket leder till att viktig information om dem som inte överlevt går förlorad. Som tidigare nämnt, har forskning dragit slutsatsen att stamskador, likt de som uppstår vid katning, inte påverkar trädens tillväxt. Dessa studier har dock endast analyserat levande träd, vilket innebär en risk för att resultaten är påverkade av överlevnadsbias (Magnuszewski & Tomusiak 2013; Van der Maaten et al. 2017; Zaluma et al. 2022). I vår studie skulle vi, baserat enbart på resultaten från frågeställning 2 och 3, kunna dra slutsatsen att katning inte har någon större påverkan på tallars vitalitet, oavsett ståndort eller katningsgrad. Detta är dock en felaktig slutsats. Resultaten från frågeställning 1 visar att 14 % av de katade träden har dött och det är mycket troligt att katningen är den primära orsaken till mortaliteten, av anledningar som redogjorts under 4.1 Utvärdering av resultat för tallar som dött.

4.7 Slutsats

Sammanfattningsvis visar våra resultat att tallens vitalitet före katning är den mest avgörande faktorn för överlevnad. Även om vi inte kan fastställa en enskild orsak till att vissa katade tallar dör, påverkas mortaliteten av faktorer som ståndort, diameter, tillväxt och katningsgrad.

Tillväxten är den mest avgörande variabeln: träd med högre tillväxt innan katning har större chans att överleva, även under ogynnsamma förhållanden som hög katningsgrad eller myrmark. Träd med hög tillväxt kan dessutom katas upp till 90% men ändå ha en chans att överleva och utveckla mycket kådimpregnerad ved (Fig. 16). Stora träd på impediment tenderar också att ha bättre tillväxt och därmed större chans att överleva katning, vilket gör att dessa träd kan vara en prioriterad kategori för åtgärder. Träd med lägre tillväxt löper däremot större risk att dö, oavsett ståndort, katningsgrad och diameter. Detta understryker vikten av att identifiera trädets vitalitet (tillväxt) innan katning, då svagare individer verkar vara mer sårbara för de påfrestningar som katning innebär. Att bedöma tillväxten i fält kan dock vara tidskrävande, eftersom det kräver borring av träden. Eftersom det finns en måttlig korrelation mellan tillväxt i årsringsbredd och katningsgrad (Spearman's $\rho = -0,42$) kan kronutglesning, i samband med trädets diameter, användas som en indikator för att okulärt uppskatta ett trädets vitalitet.

När det gäller naturvårdsåtgärder kan katning av tallar på både myr- och hållmark vara fördelaktigt för att höja naturvärden på impediment. Även om det finns en högre risk för att katade tallar på myrmark dör efter katning, visar våra resultat att majoriteten överlever behandlingen. Dessutom innebär en död tall efter katning nödvändigtvis inte ett misslyckande, eftersom nyskapande av död ved också är en naturvårdande åtgärd. Tallarna som dog efter katning var ofta senvuxna och hade därmed redan ett av de efterfrågade naturvärdena. Vår studie visar att katning inte är en effektiv metod för att minska tillväxten och skapa senvuxenhet, eftersom vi inte kunde påvisa någon påverkan på tillväxten hos de överlevande träden efter fem år. Det är dock möjligt att katning kan bidra till senvuxenhet på längre sikt, men det är något som framtida forskning får undersöka.

Vår studie omfattar en relativt kort tidsperiod (5 år efter katning) och det vore därför intressant att genomföra en återinventering för att undersöka om fler träd har dött, hur kronutglesningen har utvecklats och om tillväxten har förändrats över tid. Så vitt vi vet är studier på katade tallar på impediment ett outforskat forskningsområde. Det skulle därför vara värdefullt att vidare undersöka potentialen för katning som en naturvårdsåtgärd på impediment.

Populärvetenskaplig sammanfattning

Vad är katning?

Katning är en metod där bark tas bort från nedre delen av en tallstam, med undantag för en smal remsa bark som lämnas kvar för att säkerställa att trädet överlever. Behandlingen syftar till att försvaga trädet utan att döda det, vilket aktiverar tallens försvarsmekanism vilket är att producera kåda.

Varför katar man träd?

Skogarna i Sverige mår generellt väldigt bra tack vare skogsbrukets fokus på högkvalitativt virke. Historiskt har dock skogarna ofta utsatts för många störningar, såsom skogsbränder. Tallen är väl anpassad för att överleva bränder, men efter en brand uppstår skador som förändrar vedens egenskaper. Denna ved skapar livsmiljöer för olika arter av insekter, lavar och svampar. Men eftersom det idag brinner mindre i skogarna minskar förekomsten av brandskadade träd, vilket också hotar de arter som är beroende av dem. Katning används för att efterlikna träd med brandskador genom att försvaga tallen utan att den dör. Detta kommer förhoppningsvis skapa liknande egenskaper i veden som kan gynna de hotade arterna.

Vad har vi gjort?

I vår studie katades 852 tallar på fem platser i östra mellersta Norrland. Dessa områden består av håll- och myrmarker, så kallade impediment, som inte används för kommersiellt skogsbruk. Vi återbesökte de katade tallarna fem år efter behandlingen för att undersöka hur träden hade påverkats. Vi undersökte trädens överlevnad, tillväxt och graden av kronutglesning (barrförlust). Vi undersökte även hur ståndort (håll-/myrmark), trädens diameter och hur stor andel bark som tagits bort från stammen, påverkade resultaten.

Vad kom vi fram till?

Träd med god tillväxt innan katning klarar behandlingen väl, oavsett ståndort eller hur mycket bark som tas bort. Däremot löper träd med låg tillväxt större risk att dö, särskilt om de växer på myrmarker. Bland de träd som överlevde katningen påverkades inte tillväxten efter behandlingen, dock kunde man se att de hade barrförlust, vilket är ett tecken på minskad vitalitet. Vår rekommendation är att undvika att kata tallar med mycket låg tillväxt, eftersom de riskerar att dö. Träd med bättre tillväxt kan däremot katas mer intensivt för att snabbare skapa de önskade naturvärdena.

Referenser

- Andre, P. (1993). Tjärubränneri i Skellefteå socken före 1830. *Skogshistorisk Tidskrift*
- Anonym. (1985). *Var virket bättre förr? En orientering om traditionellt svenskt virkeskunnande*. Riksantikvarieämbetet och Nordiska museet. ISBN 9171082085.
- Borgegård, L.-E. (1973). *Tjärhanteringen i Västerbottens län under 1800-talets senare hälft: en studie av produktion och transporter med särskild hänsyn till Ume- och Vindelälvens dalgångar*. Diss. Umeå universitet.
- Bär, A., Michaletz, S.T. & Mayr, S. (2019). Fire effects on tree physiology. *The New phytologist*, 223 (4), 1728–1741. <https://doi.org/10.1111/nph.15871>
- Cogos, S., Östlund, L. & Roturier, S. (2021). Fire management in the boreal forest of Swedish Sápmi: Prescribed burning and consideration of Sami reindeer herding during 1920–1970. *Environmental management* (New York), 68 (3), 295–309. <https://doi.org/10.1007/s00267-021-01503-9>
- Ekelund, H. & Hamilton, G. (2001). *Skogspolitisk historia*. Jönköping: Skogsstyrelsen. <https://shop.skogsstyrelsen.se/shop/9098/art45/4646045-67b381-1695.pdf> [2025-01-03]
- Eriksson, A.-M., Olsson, J., Jonsson, B., Toivanen, S. & Edman, M. (2013). Effects of restoration fire on dead wood heterogeneity and availability in three *Pinus sylvestris* forests in Sweden. *Silva fennica* (Helsinki, Finland: 1967), 47 (2), 954-. <https://doi.org/10.14214/sf.954>
- Forkman, J. (2011). *Handbok i statistik för fältförsök*. Fältforsk, Sveriges lantbruksuniversitet. https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/faltforsk/utbildning-och-teknik/forsokshandboken/forsokshandbok_del-2_handbok_statistik.pdf
- Google. (2024). *Sverige*. Google My Maps. [Kartografiskt material]. <https://www.google.com/maps/d/> [2024-12-28]
- Granström, A. (2001). Fire management for biodiversity in the European boreal forest. *Scandinavian journal of forest research*, 16 (sup3), 62–69. <https://doi.org/10.1080/028275801300090627>
- Gref, R., Håkansson, C., Henningsson, B. & Hemming, J. (1999). Influence of wood extractives on brown and white rot decay in Scots pine heart-, light – and sapwood. *Material und Organismen*. 33 (2), s. 119-128
- Gustafsson, G., Bergstrom, B., Gref, R. & Ericsson, A. (2003). Changes in chemical constituents in the sapwood of *Pinus sylvestris* due to debarking. *Scandinavian journal of forest research*, 18 (1), 90–96. <https://doi.org/10.1080/02827580308617>
- Kozlowski, T.T. (1985). Soil aeration, flooding and tree growth. *Journal of Arboriculture*, 11(3), ss. 85-96.
- Kramer, P.J. & Kozlowski, T.T. (1960). *Physiology of trees*. McGraw-Hill.

- Krokene, P., Nagy, N.E., Krekling, T. & Schaller, A. (2008). Traumatic resin ducts and polyphenolic parenchyma cells in conifers. In: *Induced Plant Resistance to Herbivory*. Springer Netherlands. 147–169. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8182-8_7
- Kuuluvainen, T., Aakala, T. & Várkonyi, G. (2017). Dead standing pine trees in a boreal forest landscape in the Kalevala National Park, northern Fennoscandia: amount, population characteristics and spatial pattern. *Forest ecosystems*, 4 (1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s40663-017-0098-7>
- Larsson Ekström, A., Sjögren, J., Djupström, L.B., Thor, G. & Löfroth, T. (2023). Reinventory of permanent plots show that kelo lichens face an extinction debt. *Biological conservation*, 288, 110363. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2023.110363>
- Linder, P. & Östlund, L. (1992). Förändringar i norra Sveriges skogar 1870-1991 = Changes in the boreal forests of Sweden 1870-1991. *Svensk Botanisk Tidskrift*
- Linderholm, H.W., Moberg, A. & Grudd, H. (2002). Peatland pines as climate indicators? A regional comparison of the climatic influence on Scots pine growth in Sweden. *Canadian journal of forest research*, 32 (8), 1400–1410. <https://doi.org/10.1139/x02-071>
- Lundmark, H., Josefsson, T. & Östlund, L. (2013). The history of clear-cutting in northern Sweden – Driving forces and myths in boreal silviculture. *Forest ecology and management*, 307, 112–122. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.07.003>
- Lundmark, H., Josefsson, T. & Östlund, L. (2017). The introduction of modern forest management and clear-cutting in Sweden: Ridö State Forest 1832–2014. *European journal of forest research*, 136 (2), 269–285. <https://doi.org/10.1007/s10342-017-1027-6>
- Långström, B. & Solheim, H. (2001). *Vem dödar tallen - mörkborre eller dess blånadssvampar?* [Faktablad]. Nr. 11. Sveriges lantbruksuniversitet. <https://www.slu.se/globalassets/ew/ew-centrala/forskn/popvet-dok/faktaskog/faktaskog01/s01-11.pdf> [2024-01-03]
- Magnuszewski, Michał & Tomusiak, Robert. (2013). Effect of resin-tapping on the radial increment of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) – case study of a stand from Lidzbark Forest District. *Forest Research Papers*. 74. <https://doi.org.2478/frp-2013-0026>
- Munters, E. (2024). *Tallens skaderespons på naturvårdsbränning, punktbränning och katning – en studie med fokus på graden av kådimpregnering i veden*. Sveriges lantbruksuniversitet. Skogsvetarprogrammet.
- Naturvårdsverket. (u.å.). *Om miljöarbetet*. Naturvårdsverket. <https://www.naturvardsverket.se/om-miljoarbetet/> [2024-12-02]
- Naturvårdsverket. (2023). *Sveriges miljömål – Levande skogar*. <https://sverigemiljomal.se/miljomalen/levande-skogar/> [2024-12-02]
- Naturvårdsverket. (2020). *Global utvärdering och biologisk mångfald och ekosystemtjänster*. (6917). Naturvårdsverket. ISBN 978-91-620-6917-9

- Naturvårdsverket (2014). *Åtgärdsprogram för skalbaggar på äldre död tallved, 2014–2018*. (6629). ISBN 978-91-620-6629-1
- Niemelä, T., Wllenius, T. & Kotiranta, H. (2002). The kelo tree, a vanishing substrate of specified wood-inhabiting Fungi. *Polich Botanical Journal*, 47(2): 91-101.
<https://www.researchgate.net/publication/234060692>
- Nystrand, E. (2024). *Resurseffektivitet vid naturvårdsåtgärden katning: Utvärdering av olika katningsutföranden*. Sveriges lantbruksuniversitet. Skogsvetarprogrammet.
- Pritchett, W.L. & Fisher, R.F. (1987). *Properties and management of forest soils*. 2. ed. Wiley.
- R Core Team. (2022). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing (4.2.2), [Programvara]. R Core Team.
<https://www.R-project.org/> [2024-01-21]
- Repo, T., Domisch, T., Kilpeläinen, J., Piirainen, S., Silvennoinen, R. & Lehto, T. (2020). Dynamics of fine-root production and mortality of Scots pine in waterlogged peat soil during the growing season. *Canadian journal of forest research*, 50 (5), 510–518. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2019-0163>
- Repo, T., Launiainen, S., Lehto, T., Sutinen, S., Ruhanen, H., Heiskanen, J., Laurén, A., Silvennoinen, R., Vapaavuori, E. & Finér, L. (2016). The responses of Scots pine seedlings to waterlogging during the growing season. *Canadian Journal of Forest Research*. 46(12): 1439-1450. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2015-0447>
- Santaniello, F., Djupström, L.B., Ranius, T., Weslien, J., Rudolphi, J. & Thor, G. (2017). Large proportion of wood dependent lichens in boreal pine forest are confined to old hard wood. *Biodiversity and conservation*, 26 (6), 1295–1310.
<https://doi.org/10.1007/s10531-017-1301-4>
- SFS 1979:429. *Skogsvårdslag - Allmänna bestämmelser*. Landsbygds- och infrastrukturdepartementet RSL
- Skogsstyrelsen. (2022). *Levande skogar: Fördjupad utvärdering 2023*. (2022-12). Skogsstyrelsen.
- Skogsstyrelsen. (2023). *Skogsvårdslagstiftningen: Gällande regler 1 september 2022*. Skogsstyrelsen. <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/lag-och-tillsyn/skogsvardslagen/skogsvardslagstiftningen-2022.pdf> [2024-12-17]
- SLU. (2024). *Fältinstruktion 2024 – Riksinventeringen av skog*.
https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/rt/dokument/faltinst/ris_fin_24.pdf [2024-10-18]
- SLU. (2023). *Kan tallskogar på hållmarker och myrar bli viktiga för naturvården?*
<https://www.slu.se/institutioner/vilt-fisk-miljo/forskning/restaureringsekologi/aktuell-forskning/kan-tallskogar-pa-hallmarker-och-myrar--bli-viktiga-for-naturvarden/> [2024-10-24]
- SLU Riksskogstaxeringen. (2024). *Skogsdata 2024*. SLU Institutionen för skoglig resurshushållning.
https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/rt/dokument/skogsdata/skogsdata_2024_web.pdf [2024-09-16]

- Stokland, J.N., Jonsson, B.G. & Siitonen, J. (2012). Biodiversity in dead wood. 1st ed. Cambridge University Press.
- Sveriges Miljömål. (2020). *Så fungerar arbetet med Sveriges miljömål*.
<https://www.sverigesmiljomal.se/sa-fungerar-arbetet-med-sveriges-miljomal/> [2024.10.24]
- Sveriges Miljömål. (2023). *Vem gör vad i miljömålssystemet*.
<https://www.sverigesmiljomal.se/sa-fungerar-arbetet-med-sveriges-miljomal/vem-gor-vad-i-miljomalssystemet/> [2024.10.24]
- United Nations Development Programme (2024). Globala målen – Mål 15.
<https://www.globalamalen.se/om-globala-malen/mal-15-ekosystem-och-biologisk-mangfald/> [2024-01-12]
- van der Maaten, E., Mehl, A., Wilmking, M. & van der Maaten-Theunissen, M. (2017). Tapping the tree-ring archive for studying effects of resin extraction on the growth and climate sensitivity of Scots pine. *Forest ecosystems*, 4 (1), 1–7.
<https://doi.org/10.1186/s40663-017-0096-9>
- Wetterberg, G. (2018). *Träd: en vandring i den svenska skogen*. Albert Bonniers Förlag.
- Wikberg, P-E. (2025). Redovisningsansvarig Riksskogstaxeringen, Institutionen för skoglig resurshållning. [Melj] (2025-01-07).
- Zaluma, A., Strike, Z., Rieksts-Riekstiņš, R., Gaitnieks, T. & Vasaitis, R. (2022). Long-term pathological consequences of resin tapping wounds on stems of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *Trees (Berlin, West)*, 36 (5), 1507–1514.
<https://doi.org/10.1007/s00468-022-02307-y>
- Östlund L, Zackrisson O, Axelsson A-L. (1997). The history and transformation of a Scandinavian boreal forest landscape since the 19th century. *Canadian journal of forest research*. 27:1198–1206. <https://doi.org/10.1139/x97-070>

Tack till...

Vår handledare Mats Dynesius som alltid har haft tid för våra frågor och gett oss lösningar när arbetet har känts svårt.

Mattias Edlund som vår biträdande handledare bidragit med kompetens inom ämnet katning.

Emmas pappa Patrik Mattsson som hjälpte oss ur knipa och över en natt sågade till våra trälistor.

Anders Granström som med stor välvilja lärde oss hur montering och provtagning av borrhölar utförs.

Hilda Edlund och Felix Ecker som avsatt tid för att diskutera och hjälpa oss med våra statistiska analyser.

Per-Erik Wikberg på Riksskogstaxeringen som har hjälpt oss att sälla fram rätt data.

Bilaga A

Prov- yta	Ståndort	Diameterklass	Behandling		Inventerad yta	Koordinater (Grader) (Lat, Long)
			Träd 1	Träd 2		
1	Myr	d1	k0	k1	Norrmark Fälla 1	63.66867, 19.52289
2	Myr	d1	k1	k2	Norrmark Fälla 3	63.66778, 19.52301
3	Myr	d1	k2	k0	Norrmark Fälla 2	63.66814, 19.52503
4	Myr	d2	k0	k1	Näsåker Fälla 1	63.46381, 17.07664
5	Myr	d2	k1	k2	Näsåker Fälla 3	63.46186, 17.07561
6	Myr	d2	k2	k0	Näsåker Fälla 4	63.46279, 17.07450
7	Häll	d1	k0	k1	Norrmark Fälla 4	63.66065, 19.52930
8	Häll	d1	k1	k2	Norrmark Fälla 3	63.66197, 19.52902
9	Häll	d1	k2	k0	Norrmark Fälla 1	63.66272, 19.53048
10	Häll	d2	k0	k1	Norrmark Fälla 2	63.66188, 19.53150
11	Häll	d2	k1	k2	Näsåker Fälla 1	63.47345, 17.12150
12	Häll	d2	k2	k0	Tjäderberget Fälla 1	64.45095, 19.07713
13	Myr	d1	k0	k1	Sörgraninge Fälla 3	62.92726, 17.19055
14	Myr	d1	k1	k2	Sörgraninge Fälla 1	62.92830, 17.19376
15	Myr	d1	k2	k0	Tjäderberget Fälla 4	64.47390, 19.08249
16	Myr	d2	k0	k1	Näsåker Fälla 2	63.46271, 17.07660
17	Myr	d2	k1	k2	Karlsbäck Fälla 2	63.93082, 18.73533

18	Myr	d2	k2	k0	Sörgraninge Fälla 2	62.92849, 17.19149
19	Häll	d1	k0	k1	Sörgraninge Fälla 4	62.95168, 17.03840
20	Häll	d1	k1	k2	Sörgraninge Fälla 3	62.95106, 17.03694
21	Häll	d1	k2	k0	Sörgraninge Fälla 1	62.95074, 17.03500
22	Häll	d2	k0	k1	Näsåker Fälla 2	63.47472, 17.12304
23	Häll	d2	k1	k2	Näsåker Fälla 4	63.47445, 17.12190
24	Häll	d2	k2	k0	Näsåker Fälla 3	63.47392, 17.12292
25	Myr	d1	k0	k1	Tjäderberget Fälla 3	64.47282, 19.08260
26	Myr	d1	k1	k2	Tjäderberget Fälla 1	64.47306, 19.07747
27	Myr	d1	k2	k0	Tjäderberget Fälla 2	64.47221, 19.08144
28	Myr	d2	k0	k1	Sörgraninge Fälla 4	62.92644, 17.19023
29	Myr	d2	k1	k2	Karlsbäck Fälla 4	63.92953, 18.73644
30	Myr	d2	k2	k0	Karlsbäck Fälla 1	63.93058, 18.73285
31	Häll	d1	k0	k1	Tjäderberget Fälla 3	64.45234, 19.07619
32	Häll	d1	k1	k2	Tjäderberget Fälla 4	64.45238, 19.07193
33	Häll	d1	k2	k0	Karlsbäck Fälla 4	63.88582, 18.86805
34	Häll	d2	k0	k1	Karlsbäck Fälla 1	63.88699, 18.86709
35	Häll	d2	k1	k2	Karlsbäck Fälla 3	63.88772, 18.86703
36	Häll	d2	k2	k0	Karlsbäck Fälla 2	63.88782, 18.86547
37	Myr		Bortslumpad		Norrmark Fälla 4	63.66685, 19.52211

38	Myr	Bortslumpad	Karlsbäck Fälla 3	63.93134, 18.73417
39	Häll	Bortslumpad	Sörgraninge Fälla 2	62.95151, 17.03466
40	Häll	Bortslumpad	Tjäderberget Fälla 2	64.45093, 19.07536

Bilaga B

Resultat från ANOVA för att besvara frågeställning nummer 2.

	Df	F-värde	p-värde
Behandling	2	0,321	0,728
Diameterklass	1	0,052	0,821
Ståndort	1	1,073	0,311
Behandling : Diameterklass	2	2,157	0,138
Behandling : Ståndort	2	2,244	0,128
Diameterklass : Ståndort	1	0,037	0,849
Behandling : Diameterklass : Ståndort	2	0,895	0,422

Resultat från ANOVA för att besvara frågeställning nummer 3.

	Df	F-värde	p-värde
Behandling	2	1,704	0,203
Diameterklass	1	1,059	0,314
Ståndort	1	0,252	0,620
Behandling : Diameterklass	2	0,112	0,894
Behandling : Ståndort	2	0,720	0,492
Diameterklass : Ståndort	1	0,651	0,428
Behandling : Diameterklass : Ståndort	2	0,240	0,789

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU kan publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver i sådana fall godkänna publiceringen. I samband med att du godkänner publicering kommer SLU även att behandla dina personuppgifter (namn) för att göra arbetet sökbart på internet. Du kan närsomhelst återkalla ditt godkännande genom att kontakta biblioteket.

Även om du väljer att inte publicera arbetet eller återkallar ditt godkännande så kommer det arkiveras digitalt enligt arkivlagstiftningen.

Du hittar länkar till SLU:s publiceringsavtal och SLU:s behandling av personuppgifter och dina rättigheter på den här sidan:

- <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>

Alla författare till arbetet måste kryssa i sitt godkännande. Ta bort eller lägg till rader beroende på antalet författare. Ta bort den här texten när den inte längre behövs.

☒ JA, jag, Emma Mattsson har läst och godkänner avtalet för publicering samt den personuppgiftsbehandling som sker i samband med detta

☒ JA, jag, Lena Ostermann har läst och godkänner avtalet för publicering samt den personuppgiftsbehandling som sker i samband med detta

☐ NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse till att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.