

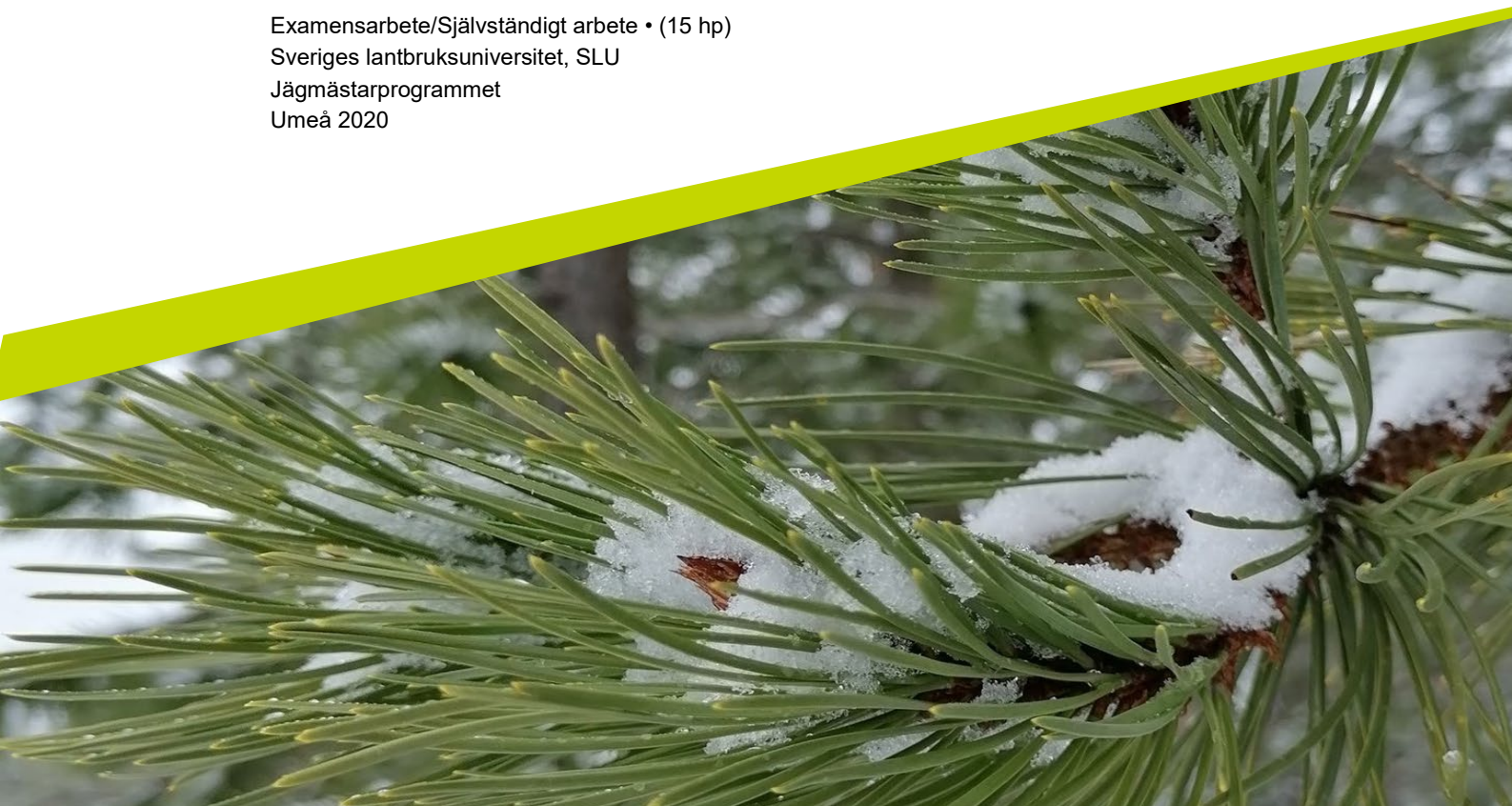


Ståndortens påverkan på övre höjd – en jämförelse mellan tall (*Pinus sylvestris*) och contorta (*Pinus contorta*)

*Influence of site on dominant height – a comparison between Scots pine (*Pinus sylvestris*) and lodgepole pine (*Pinus contorta*)*

Alfred Deutgen & Sixten Walheim

Examensarbete/Självständigt arbete • (15 hp)
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Jägmästarprogrammet
Umeå 2020



Ståndortens påverkan på övre höjd – en jämförelse mellan tall (Pinus sylvestris) och contorta (Pinus contorta)

Influence of site on dominant height – a comparison between Scots pine (Pinus sylvestris) and lodgepole pine (Pinus contorta)

Alfred Deutgen & Sixten Walheim

Handledare: Tommy Mörling, Sveriges Lantbruksuniversitet SLU, Institutionen för Skogens ekologi och skötsel

Examinator: Tommy Mörling, Sveriges Lantbruksuniversitet SLU, Institutionen för Skogens ekologi och skötsel

Omfattning: (15 hp)
Nivå och fördjupning: (Grundnivå, G2E)
Kurstitel: Självständigt kandidatarbete i skogsvetenskap
Kurskod: EX0911
Program/utbildning: Jägmästarprogrammet
Kursansvarig inst: Institutionen för Skogens ekologi och skötsel
Tommy Mörling

Utgivningsort: Umeå
Utgivningsår: 2020
Serietitel: Kandidatarbeten i Skogsvetenskap
Delnummer i serien: 2020:9

Omslagsbild: Sixten Walheim

Nyckelord: Contorta, tall, höjdtillväxt, ståndort, markfuktighet, översilning, jordtextur, övre höjd.

Institutionen för Skogens ekologi och skötsel

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (PDF-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Mer information om publicering och arkivering går att hitta här: <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

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

SAMMANFATTNING

En framtida befarad virkessvacka under 2000-talet gjorde att skogsbruket i Sverige började experimentera med främmande trädslag på 1960-talet. Målet var att öka produktionen med det snabbväxande trädslaget contortatall. Idag finns mer än 650 000 ha contortaskog på varierande marker i Norrland. Contortan och tallen är jämförbara trädslag men påverkas olika beroende på vilken miljö de lever i. I denna studie undersöks hurvida contorta och tall påverkas olika beroende på markfuktighet, översilning och jordtextur. Utifrån resultatet diskuteras det om contortan skulle vara mer lämpad på vissa typer av marker än den svenska tallen. Hypotesen var att trädslagets övre höjd påverkas olika beroende på grad av översilning, markfukt och typ av jordtextur. Mätdata från nio olika försökslokaler där contorta och tall planterats i liknande förhållanden användes till undersökningen. En variansanalys (ANOVA) gjordes för att jämföra ståndortsegenskaperna mot trädslagets övre höjd.

Enligt modellen som skapades är det statistiskt bevisat att trädslag påverkar övre höjd och även att lokalen har ett samband med övre höjd. Modellen påvisar att översilning, markfuktighet och jordtextur inte påverkar övre höjd och inte heller att de påverkar de två trädslagen olika mycket. Om det finns en effekt från ståndortsegenskaperna är den effekten för liten för att upptäckas. Varje ståndortsegenskap är kopplad till den specifika lokalen träden växer på, vilket leder till att det är svårt att avgöra vilken variabel som påverkar resultatet.

ABSTRACT

The fear of a future shortage of wood supply in the 21st century caused the Swedish forestry to start experimenting with exotic tree species during the 1960s. The goal was to increase the forest production with the new species lodgepole pine (*Pinus contorta*). Today there are over 650 000 hectares of lodgepole pine forests on different types of land in Norrland. Lodgepole pine and scots pine (*Pinus sylvestris*) are comparable tree species but will react differently to various habitats. This study examines whether the species react differently to ground moisture, lateral water and soil texture. Depending on the result, a discussion is made on how preferable the lodgepole pine is on different types of grounds compared to scots pine. The hypothesis was that lodgepole pines and scots pines upper height will have different reactions on the various ground properties. Data from nine different trials, where both tree species had been planted in similar habitats, were used for the analysis. An analysis of variance (ANOVA) was performed in order to compare the habitat's ground properties against the upper height of the two tree species.

The result shows it is statistically significant that tree height depends on tree species and trial compartment. However, the model cannot prove that upper height is dependent on the three ground properties neither does the ground properties affect the tree species differently. If there is an effect from the ground properties it is probably too small to be found. Trial sites and ground properties are linked which makes a differentiation between them problematic.

FÖRORD

Skapandet och formandet av denna rapport blev kort men intensivt. Det visade sig att rådata från skogliga försök inte alltid är så lätt att få tag på. Halvvägs in i processen hjälpte Björn Elfving oss att hitta rätt typ av försök, vilket gjorde denna rapport möjlig.

Stort tack även till vår handledare Tommy Mörling som har hjälpt oss med detta arbete. Tack till Björn Elfving för snabba svar och att du lade ner tid på att finna vårt försöksdata. Tack Hilda Edlund för stödet i valet av analysmetod samt Henrik Persson som gett tips och stöd under processen. Tack också till SCA för visat engagemang och hjälp på vägen.

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING.....	6
ABSTRACT.....	7
Förord	8
1. INLEDNING	10
1.1. Bakgrund.....	10
1.2. Contortatallen i Sverige.....	10
1.3. Ståndortens påverkan på contorta och tall	13
1.4. Syfte.....	16
2. MATERIAL OCH METOD.....	17
2.1. Odlingförsöken.....	17
2.2. Ståndortsbeskrivning	18
2.2.1. Översilning.....	19
2.2.2. Markfuktighet.....	19
2.2.3. Jordtextur	20
2.2.4. Provträd.....	20
2.3. Analys	20
3. RESULTAT	23
4. Diskussion.....	26
4.1. Resultatdiskussion	26
4.2. Andra studier.....	28
4.3. Slutsats.....	28
5. Referenser	30
6. Bilagor.....	34
6.1. Bilaga 1: Jordtexturens påverkan på ståndorten	34
6.2. Bilaga 2: Markfuktigheten & översilningens påverkan på ståndorten	35
6.3. Bilaga 3: Exempel på karta över försöksyta	37

6.4.	Bilaga 4: Beskrivning av hur översilning klassas.....	38
6.5.	Bilaga 5: Beskrivning av hur markfuktighet klassas.....	39
6.6.	Bilaga 6: Variation av övre höjd inom varje lokal - per ståndortsegenskap	40
6.7.	Bilaga 7: Fördelning per ståndortsegenskap.....	41

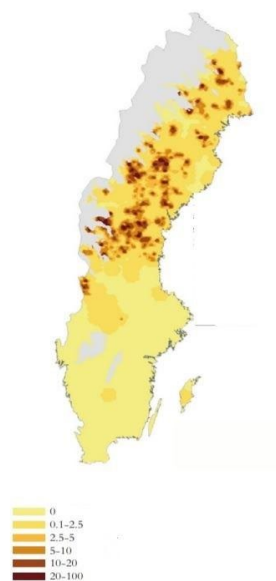
1. INLEDNING

1.1. Bakgrund

Länder i norra Europa har sedan länge experimenterat med att plantera exotiska trädslag i syfte att öka virkesproduktionen. Exotiska trädslag har en fördel av att de saknar konkurrenter och patogener på platserna där de introduceras. Exoter är därför goda konkurrenter mot de inhemska trädslagen (Nordlund & Mårald 2014). Att flytta trädslag från dess naturliga habitat får därför ofta en positiv effekt som ökad volymproduktion. Contortatalen är ett gott exempel på att förflyttning ökar produktionsförmågan (Gundale *et al.* 2014). Contortatalen har störst utbredning bland de exotiska trädslagen i Sverige. Den kallas idag för Sveriges tredje barrträd eftersom den täcker stora delar av markerna i Norrland. I en studie gjord på contorta och tall i Kanada menar Fries *et al.* (2017) att tall har högre överlevnad än contorta. Det tyder på att när den svenska tallen förflyttas till en ny kontinent får den liknande effekter som contorta får på svensk mark. I detta fall var färre skador något som ledde till signifikant högre överlevnad och därmed högre volym för tallen. Contorta hade dock fortfarande högre övre höjd än vad den svenska tallen hade, vilket visar att contorta har större produktionspotential.

1.2. Contortatalen i Sverige

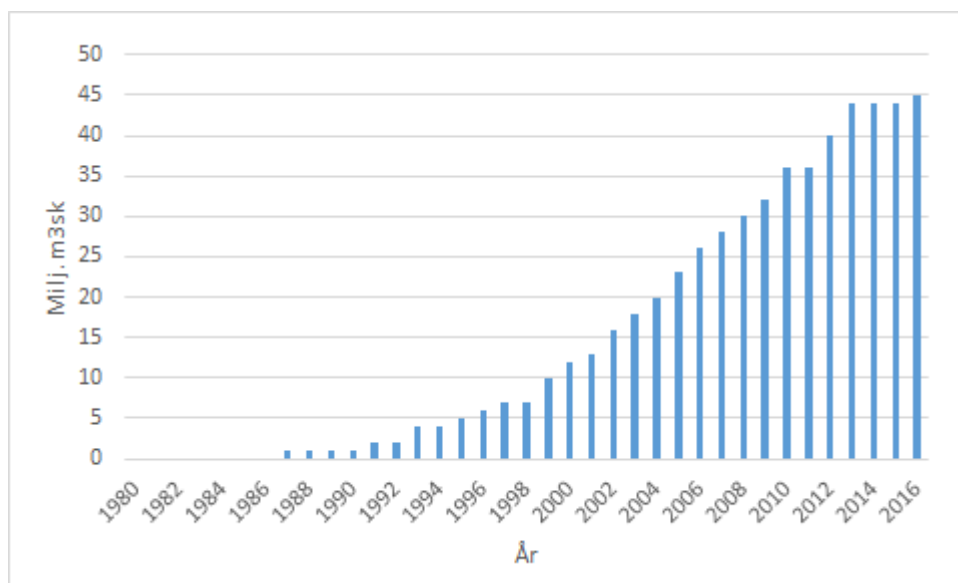
Contortatalen (*Pinus contorta var. latifolia*) planterades i Sverige på försök under 1920-talet. Fröernas hade sitt ursprung från västra Nordamerika, närmare bestämt i de inre delarna av British Columbia och Yukon. Planteringen av contorta eskalerade kraftigt under 1970-talet för att sedan kulminera på 80-talet och idag finns ca 650 000 ha contortaskogar i Sverige (Fransson 2010). Figur 1 visar contortans ungefärliga utbredningsområde i Sverige.



Figur 1. Contortatallens utbredningsområde i proportion till den produktiva skogsmarksarealen (%) (Fransson 2010).

Anledningen till att Sverige införde ett främmande trädslag var på grund av en befarad virkessvacka med brist på avverkningsbar skog under 2000-talet. Den storskaliga satsningen startade eftersom ett snabbväxande trädslag skulle kunna kompensera för den eventuella bristen på virke. Det fanns även ett underskott i tillgången på tallfrö vilket försvårade återbeskogningen av Sveriges nordligare delar (Frumerie 1999).

Under senare mitten av 1900-talet påbörjades mängder av försök med främmande trädslag. Målet var att nya trädslag för Sverige skulle höja produktionen (Karlman 1981). Steg för steg byggdes kunskapen upp om contortans egenskaper och krav. Det visade sig viktigt att rätt provenienser användes och de huvudsakliga försöken bestod därför av proveniensförsök. SCA låg i framkant och satsade på försök och nyetableringar av contorta (Elfving *et al.* 2001; Hagner 2005). Sammantaget finns det idag omkring 45 miljoner skogskubikmeter contorta i Sveriges skogar (Figur 2).



Figur 2. Sveriges virkesförråd av contortatall från 1980 fram till 2016 (Riksskogstaxeringen 2020).

Försöken med contortatall utvidgades under 60-, 70- och 80-talet efter breda insamlingar av fröer i Kanada. Det visade sig att contortan växte snabbt, redan vid 15–43 års ålder var den nästan 30% högre jämfört med tallen (Remröd 1976). I början av contortans introduktion konstruerades en höjdtvecklingskurva, medan fokus på volymmodeller kom först senare i utvecklingen. Höjdtvecklingskurvorna var av intresse för att kunna visa upp den förväntade volymen i framtiden och jämföra den med tall. Under tidigt 70-tal ansågs contorta kunna producera 50–80 % högre volymer än tall, det revideras allt eftersom försöksytorna växte. Volymberäkningarna baserades på övre höjd och i ung ålder var avvikelserna stora (Remröd 1976).

Med en kombination av produktionstabeller från Nordamerika och data från svenska försök kunde en produktionstabell för Sverige tas fram. Tabellen visade att contortatall kunde producera 25–48% mer volym. Contortatallen hade högst överlägsenhet jämfört med tall på svagare marker, SI 22 och lägre, medan skillnaden mellan arterna var betydligt lägre på bördiga marker (Remröd 1976).

År 1979 kom en ny produktionsmodell för contorta på svensk mark (Elfving *et al.* 1995). Modellen baserades på både svenska och finska försöksytorna, även här var överlägsenheten hög. På 80- och 90-talet redovisades återigen nya produktionsmodeller där contortans höjd var 33–50% högre. Övre höjd översattes till volym vilket resulterade i en liknande procentuell överlägsenhet. Fortsatt visade contortan högst överlägsenhet jämfört med tall på marker med låga ståndortsindex. Redan vid 5–12 års ålder var contortans övre höjd 30% högre än tallens, även vitaliteten i ungdomen var högre (Elfving *et al.* 1995).

De tidiga försöken med contortatall på svensk mark var inte alltid rättvist utlagda. Ofta planterades endast contorta för att sedan jämföras med naturligt föryngrad tall i de intilliggande bestånden vars historik ibland var okänd (Elfving & Norgren 1993). Flera olika contorta-provenienser jämfördes ofta med tallar som hade en okänd proveniens eller med tallar från områdets naturliga proveniens. På så sätt var det svårt att se hur höjdskillnaden skiftade mellan arterna och resultaten från försöken fick ofta stor inverkan på nya höjduitvecklingskurvor och produktionsmodeller. Detta i sin tur gjorde att de framförallt var anpassade efter bestånd i ung ålder (Lindgren *et al.* 1988).

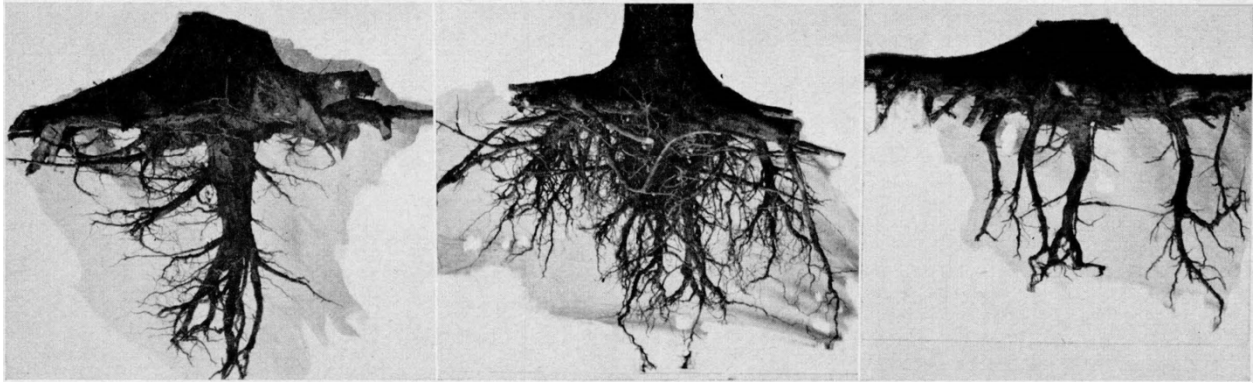
1.3. Ståndortens påverkan på contorta och tall

Markens jordtextur påverkar skogens och växtlighetens etablering men också tillväxt (Targhetta *et al.* 2015). Jordtexturen påverkar hur hårt vattnet i marken är bundet, vilket i sin tur påverkar rötternas förmåga att ta upp det vatten som finns att tillgå. Hur hårt vattnet är bundet påverkar även mängden syre som finns i marken (Magnusson 2015). Träd får ofta finare och mer ytliga rötter på finkorniga marker, som en naturlig reaktion eftersom marken riskerar att bli vattenmättad (Hallsby 2013). Lateralt rörligt markvatten, eller översilning som det kallas i denna rapport, hindrar den syrgasbrist som kan bildas vid högt markvatten. Det för ofta också med sig ökad mängd näringsämnen som ökar boniteten (Magnusson 2015). Flera ståndortsegenskaper tillsammans, där även klimatet ingår, påverkar gemensamt tillgången på vatten (Oberhuber *et al.* 1998). I Bilaga 1 och 2 finns mer information om hur ståndortsegenskaperna påverkar trädslagen.

Ett generellt problem som uppkommer för de flesta snabbväxande tall-arterna är instabilitet, något som ofta leder till vindskador och snöskador. Rätt typ av skötsel kan till viss del sänka andelen skador, såsom val av mark, föryngringsmetod och tidpunkt för gallring (Elfving *et al.* 2001). En åtgärd för att undvika instabilitet kan vara sådd av contorta i stället för plantering. Bergten & Sahlén (2013) menar att sådd av contorta gör att rotsystemet blir mer symmetriska och grenar sig bättre. Contortan har också tendens att skapa rotsnurr vilket i sin tur leder till högre avgångar och lägre tillväxt. Resultatet av sådd contorta är att plantorna kommer upp mer stabilt förankrade i marken (Bergsten & Sahlén 2013). I plantstadiet växer contortans rötter snabbare än tallens vilket innebär att rot-tillväxten lätt hämmas vid fel skötsel. Det i sin tur ger upphov till deformationer som leder till instabilitet. Detta är ofta en effekt av fördelningen av biomassan som contortan har. Relativt tallen så finns det mer biomassa i rötterna och krona hos contorta i plantstadiet (Elfving *et al.* 1995).

I det svenska skogsbruket rekommenderas plantering av contorta på svagare jordar. I sitt ursprungsområde i Nordamerika växer contorta på varierande marker. Huvudsakliga utbredningen finns i områden på västkusten där vintrarna är blöta och ibland kalla och somrarna kan vara mycket torra. Det finns fler varianter av contorta förutom *Pinus contorta* var. *latifolia* som odlas i Sverige. Några trivs på fuktiga organiska jordar och andra på extremt torra marker. Högst tillväxt har contorta på något bördigare marker med mindre extremt väder, likt Sveriges klimat. Contorta ett konkurrenskraftigt trädslag och konkurrerar ofta ut andra arter (University of California). Försök i USA visar dock att den variant av contorta som används i Sverige, slår om produktionen av biomassa från ovan jord till under jord på svaga- och framförallt torra jordar. Det minskar i sin tur tillväxten men det är ett normalt beteende eftersom trädet söker efter vatten och näring med rötterna. Andra trädslag gör likadant på sådana typer av marker (Remröd 1976; Comeau & Kimmins 1989).

I ett kanadensiskt försök varierade contortans utformning av rotsystemet inom samma typ av mark, vilket kan ses i figur 3. På grovkornig mark fann de dock att contortan oftare skapade djupgående pålrötter och färre sidorötter. På marker med mer finkorniga jordtexturer bildades färre eller mindre pålrötter men fler sidorötter (Horton 1958). Hallsby (2013) bekräftar även detta med att på fuktiga eller finkorniga marker blir contortans rotsystem tunt och ytligt. Tallen har generellt en högre frekvens av pålrot än contorta. Proveniensförsök visar dock att variationen är stor och beror på vilken contortaproveniens som används (Martinsson 1986). Pålrötter har en tendens att söka vatten djupare ned i marken samtidigt som förankringen i marken är bättre (Goodwin 2017). Horton (1958) visar i sina försök att på torr och mycket grovkornig mark, blir contortans rotsystem mycket begränsat både vertikalt och lateralt. På finkornigare marker där ett lateralt rotsystem ändå bildats, fick contortan ett djupgående rotsystem redan vid 30–40 års ålder. Fram tills dess är dock contortan relativt instabil när rötterna endast ligger ytligt. Som en sidosanteckning jämförde Horton contorta med tall, och beskrev tallens rötter som större och mer genomgående än contortans. Även jämfört med gran är contorta stabilare (Horton 1958). Då detta är en gammal studie, inte riktigt rätt proveniens och på kanadensisk mark, bör detta enbart ses som en indikation på ett beteende hos contorta.



Figur 3. Rötter från ett 85 årigt contortabestånd i Strachan, Alberta. Bilden visar tre olika rottyper på samma typ av mark (Horton 1958).

Även om klimatet i Sverige liknar ursprungsmiljön i Nordamerika visar det sig att contortatall växer bättre på svenska jordar. Detta beror på att contorta drar större fördelar av den symbios med de marksvampar som lever i Sverige jämfört med de i ursprungsmiljön. Detta trots ett rikare antal potentiella symbios-svampar i Nordamerikas jordar (Gundale *et al.* 2016). Contortan har även visat sig hushålla med näringsämnet kväve på ett mer effektivt sätt än tallen, vilket gör att det går åt mindre kväve per andel biomassa (Elfving *et al.* 1995). Mängden kväve är ofta en begränsande faktor i produktionen då det är en av de viktigaste komponenterna i skapandet av biomassa (Magnusson 2015). Där contorta och tall planterats i behållare med lika mycket näring, är contortans tillväxt högre i ungdomen än tallens. Contorta tar snabbt upp de näringsämnena som finns runt omkring den. Det gör att produktionen minskar med tiden då tillgängliga näringsämnena tar slut i behållaren. Att contorta har en högre mängd vind- och snöskador än tallen, beror delvis på att andelen biomassa i kronan är högre relativt tallen speciellt vid ung ålder (Norgren 1996). Problemet beskrivs också av Elfving *et al.* (1995) som menar att relationen biomassa i krona och rötter skapar problem med snö och vindskador.

En skillnad mellan tall och contorta är den skottsträckning som sker på våren och sommaren. Contortan har längre skott och barr än tallen även om växtsäsongen på platsen är lika lång för båda arterna (Norgren 1996). Detta är dock en effekt av förflyttning eftersom växtsäsongen i contortans ursprungsmiljö är längre. (Elfving *et al.* 1995; Fedorkov 2010).

En studie av Jansson *et al.* (2013) gjord på contorta och tall, visar att det finns ett samband mellan hur lätt marken torkar och volymtillväxt. Tallen klarar torka bra men handlar det om en längre tid hämmas tillväxten. I samma studie visade det sig att tallens tillväxt framförallt hämmades året efter ett torrt år. Detta på grund av att knoppsättningen inte blev lika god som vid ett normalår och på så sätt begränsas tillväxten året efter. För contortan fanns det ett samband mellan torka i början av

växtperioden och sämre tillväxt. Samtidigt finns ett samband mellan tillgängligheten av vatten på våren och tillväxt eftersom det är då vattenbehovet är som störst. Under våren spelar vädret och marktypen en viktig roll för hur mycket vatten som finns tillgängligt för rötterna. Även under början av invintringen kommer vattentillgången påverka contortans rotutveckling och hur effektiv den kommer vara på att ta upp vatten under våren (Jansons *et al.* 2013). I ett annat försök att om torkan kommer på våren påverkas tallens tillväxt redan samma år. Om torkan däremot kommer senare på året, påverkas tillväxten året efter Taeger *et al.* (2016). Om ett träd överlever en torka är det stor risk att dess tillväxt hämmas efterföljande år. Vilken proveniens som används kan ha stor inverkan på hur bra de överlever, hur snabbt de återhämtar sig och hur mycket de sedan växer efter torka (Montwé *et al.* 2016).

1.4. Syfte

Det finns många anledningar till att öka andelen contorta i de svenska skogarna då den producerar högre volym än många andra trädslag. Contorta jämförs ofta med tall även om de reagerar olika på samma typ av mark. Att veta hur ståndortsegenskaper påverkar träden skulle kunna avgöra vilket trädslag som bör planteras.

Syftet med arbetet var att undersöka om vattnet påverkar contorta och den inhemska tallen olika mycket. I denna studie undersöktes det om contortans och tallens övre höjd påverkas olika beroende på grad av översilning, markfuktighet och typer av jordtextur. Data från olika försök där contorta och tall planterats i liknande förhållanden användes till undersökningen. I denna rapport avgränsas analyserna till att endast undersöka höjdtillväxten.

Hypotesen var att trädslagets övre höjd påverkas olika mycket beroende på grad av översilning, markfuktighet och typ av jordtextur. Genom att analysera övre höjd och inte volym, undviks felkällor som vindskador och luckor i beståndet. Övre höjd talar om den maximala potentiella tillväxten för trädslagen.

2. MATERIAL OCH METOD

2.1. Odlingsförsöken

Underlaget till denna rapport kommer från SCA's odlingsförsök med contorta och tall. Det var nio olika odlingslokaler med parvis odlingsförsök, en med tall och en med contorta, som användes i denna undersökning. Försöket anlades mellan 1970 och 1972 och provytorna i odlingsförsöken lades ut 1979 och inventerades 1984, 1991 och 2007. Försöken ingick i HUGIN's ungskogsinventering där markförhållanden, skogsdata och data om växtlighet samlats in. Trädbestånd, fältskikt och ståndortsegenskaper beskrevs på 5 objektivt utlagda fasta provytor per objekt med radien 10m (Elfving 1982). Odlingslokalernas geografiska position kan ses i figur 4.



Figur 4. Odlingslokalernas position i Norrlands inland

Målet med SCA's odlingsförsök var att bestånden i varje försökspar skulle ha liknande förutsättningar gällande ståndort och markförhållanden. Det skulle göra dem lämpliga för jämförelser. Mellan 1970 och 1972 planterades objekten med tvååriga plantor och sedan lades de första provytorna ut 1979. Med fem fasta provytor per objekt och nio objekt innebär det att 44 ytor med tall och 45 ytor med

contorta ingår i materialet. En provyta med tall har plockats bort då anläggningen av beståndet misslyckats (Tabell 1).

Tabell 1. Alla odlingslokaler som användes i undersökningen

Lokal	Lokalens namn	Latitud	Longitud	Höjd över havet (m)	Anläggningsår
1	Oppbodarna	62.34	15.29	510	1972
2	Torrmyrtjärn	63.14	14.45	330	1972
3	Getingsmyren	63.24	15.48	480	1971
4	Björnavattnet	63.31	16.06	350	1971
5	Ringvattnet	64.10	15.43	450	1970
6	Kalva	64.05	15.47	390	1972
7	Norråker	64.35	15.46	380	1970
8	Bredsele	64.31	15.50	400	1972
9	Meselberget	64.29	15.58	400	1971

När de fasta provytorna lades ut 1979 lottades dess placering ut. Placeringen av provytorna kartlades tydligt för att göra det möjligt att senare leta upp provytorna igen. För att hitta provytornas centrum och rätt träd vid återinventering, märktes alla träd på ytan med ett ID-nummer och en ytskiss i skala 1:100 där trädens placering markerades ut. Redan vid anläggningen av försöken angavs information om topografi, lutningsriktning och blockförekomst. För att snabbt kunna identifiera tidigare inventerade träd, markerades ytcentrum med en påle och fyra vita plastpinnar fick i kanten av provytan visa väderstrecken och ytans slut (Bilaga 3).

2.2. Ståndortsbeskrivning

Varje odlingslokal kartlades grundligt genom en skiss på dess läge i terrängen samt beskrivning av ståndortsegenskaper. På varje provyta gjordes en ståndortsinventering där åtta ståndortsegenskaper inventerades. Ståndortsinventeringen är en bedömning och varje enskild egenskap kan uppfattas olika beroende på vem eller vilka som inventerade. De egenskaper som beskrevs var: markfuktighet, översilning, topografi, lutningsriktning, jordart, jordtextur, jorddjup och blockighet (Bilaga 3). I denna rapport kommer markfuktighet, översilning och jordtextur användas eftersom de ståndortsegenskaperna kan kopplas till trädens vattentillgång. Jorddjupet var mäktigt på samtliga lokaler vilket gjorde att marken hade liknande grundvattennivåer.

2.2.1. Översilning

Begreppet översilning används för att beskriva ståndortens och markvattnets egenskaper. Det är i moderna termer rörligt markvatten. Översilning beskrivs på samtliga provtytor i varje objekt och det är en subjektiv bedömning. Översilningen på en ståndort påverkas av såväl lutning, topografi och delvis markfuktighet (Bilaga 4). Översilning kan ses som en kombination av dessa med en tidsaspekt inblandat. Klassningen bestod av en samlad bedömning som innefattar fyra kategorier (Tabell 2).

Tabell 2. Ytornas fördelning på ståndortsegenskapen: Översilning (%)

Över/genom-silning	Tall %	Contorta %
1. Rörligt markvatten saknas	20	27
2. Sällan rörligt markvatten	36	27
3. Rörligt markvatten under kortare perioder	23	20
4. Rörligt markvatten under längre perioder	20	27
Summa:	100	100

2.2.2. Markfuktighet

Fuktigheten för en ståndort baseras på en okulär bedömning av topografi, textur, jordart, växtlighet, rotutformning så som socklar, och slutligen om grundvattenytan är synlig eller inte. Bedömningen innefattar av fyra klasser: torrt, friskt, friskt-fuktigt och blött mark (Tabell 3). Hur klassningen går till och med en mer detaljerad beskrivning av klasserna, se bilaga 5.

Tabell 3. Ytornas fördelning på ståndortsegenskapen: Markfuktighet (%)

Markfuktighet	Tall %	Contorta %
1. Torrt	7	7
2. Friskt	82	69
3. Friskt-Fuktigt	11	24
4. Blött	0	0
Summa:	100	100

2.2.3. Jordtextur

Jordens textur på en ståndort baseras på en okulär och taktill bedömning. En jordsond användes för att ta upp jord ur marken. Rullning av jorden utfördes och kornstorleken samt jordartstyp bestämdes. Samtliga provytor är planterade på liknande marker med fina jordarter. På provytorna fanns tre jordarter: grovmo, finmo och mjäla (Tabell 4). För mer information om jordtexturens egenskaper se Bilaga 1.

Tabell 4. Ytornas fördelning på ståndortsegenskapen jordtextur (%)

Jordtextur	Tall %	Contorta %
1.Grovmo	43	36
2.Finmo	41	51
3.Mjäla	16	11
Ej angivet	0	2
Summa:	100	100

2.2.4. Provträd

På varje provyta mättes grundytan med relaskop och två provträd valdes ut genom att markera de två grövsta träden inom provytan. Provträden representerade den övre höjden på provytan och ett medeltal av dessa användes i undersökningen. Endast de provträd som valdes ut vid inventeringen 2007 användes för övre höjd i denna undersökning. Sammanlagt blev det fem övrehöjdsträd per objekt och trädslag med undantag från lokal 7 där objektet med tall endast hade fyra träd. Varje övre höjd motsvarar de 100 högsta träden per hektar.

2.3. Analys

För att kunna avgöra vilken typ av statistisk analys som bör användas, kategoriseras variablerna. Övre höjd är en numerisk variabel och fick agera responsvariabel. Lokal, trädslag och ståndortsegenskap var de grupper som användes för att hitta ett eventuellt samband med trädhöjden. Eftersom tre olika ståndortsegenskaper ingick i undersökningen fanns det sammanlagt fem variabler. En analys för varje ståndortsegenskap utfördes för att hitta ett samband med övre höjd. I och med att det är tre kategoriska grupper per analys: trädslag, lokal och en ståndortsegenskap,

valdes slutligen ANOVA som analysmetod. En generell linjär modell passade bäst eftersom faktorerna bestod av fler än två grupper och en interaktionseffekt var nödvändig för att skilja trädslagen åt.

Varje provyta hade två övrehöjdsträd och ett medelvärde av dessa användes. Varje provytas medelvärde räknades som en observation. Trädslag, lokal och respektive ståndortsegenskap var de oberoende faktorer som användes i modellen. Dessa tre faktorer skulle enligt nollhypotesen inte påverka den beroende variabeln: övre höjd. En ny analys utfördes för varje enskild ståndortsegenskap då de baseras delvis på varandra. Exempelvis baseras markfuktighet delvis på översilning och jordtexturen påverkar också markfuktigheten. Därför bör ingen analys göras med flera ståndortsegenskaper tillsammans. Det skulle ge ett betydande bias och göra det näst intill omöjligt att förklara hur modellen hänger ihop. Det testades att köra analysen med flera ståndortsegenskaper samtidigt men efter rekommendationer avgränsas analysen till skilda körningar.

En interaktionseffekt lades till för att skilja på trädslagen i varje analys då intresset låg i att se skillnaden mellan dem. Analysen gjordes på så sätt att resultatet skulle visa om det fanns ett samband mellan övre höjd och trädslag, lokal samt ståndortsegenskap. Om resultatet visar att det inte finns en interaktionseffekt så innebär det att ingen evidens finns för att contorta och tall skulle fungera olika bra på olika grader av markfuktighet, översilning och typer av jordtexturer. Genom att lägga till varje ståndortsegenskap utan interaktionseffekt med trädslag, kan resultatet visa om det överhuvudtaget finns ett samband mellan den övre höjden och ståndortsegenskap oberoende på trädslag. Detta är dock något som redan studerats och det bör endast användas som stöd för att bekräfta tidigare studier.

Nollhypotesen som sattes upp var: inget samband mellan övre höjd, lokal och ståndortsegenskap.

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_n$$

μ_n = medelvärdet för undersökningsgruppen.

Den alternativa Hypotesen var att det finns ett samband mellan faktorerna och övre höjd.

$$H_1: \text{Alla } \mu \text{ är inte lika}$$

Modellen som användes till analysen:

$$\text{Outcome} = \text{intercept} + (\text{categorical Effects}) + \sum b_i x_i + \text{error}$$

En generell linjär modell innehåller både delar av en anova och regression. Den första delen av modellen är en kategorisk del och den andra halvan kontinuerlig. Analysen gjordes i statistik- och analys-programmet Minitab® Statistical Software och konfidensintervallet som valdes var standard på 95%. Detta betyder i praktiken att om p-värdet är lägre än 5% = 0,05 förkastas nollhypotesen. Då visar analysen att en signifikant skillnad mellan medelvärden finns, det vill säga ett samband finns mellan faktorn och övre höjd. Markfuktighet, översilning och jordtextur analyserades var för sig i Minitab med en generell linjär modell och boxplot-diagram skapades för visuell analys (Bilaga 6). Totalt användes 89 observationer i den slutgiltiga analysen där värden med onormalt stora avvikelser eller misslyckade provtytor tagits bort.

En beräkning gjordes av ståndortsindex (SIH) för samtliga objekt med hjälp av de övrehöjdsträd som stod där oberoende av trädslag. Funktionen som används visas i Figur 5.

$$h_2 = \frac{(h_1 + r + 23,80)}{\left[2 + \frac{\left(\frac{29582}{A_2^{1,7829}} \right)}{(h_1 + r - 23,80)} \right]} \quad \text{där: } r = \sqrt{(h_1 - 23,80)^2 + 29582 \times \frac{h_1}{A_1^{1,7829}}}$$

Figur 5. Höjden h_2 vid ålder A_2 uttryckt som funktionen av höjden h_1 vid åldern A_1 (Elfving & Kiviste 1997)

3. RESULTAT

Det finns inget empiriskt stöd för att övre höjd påverkas av översilning, markfuktighet eller jordtextur. Ståndortsegenskaperna påverkar inte heller trädslagen olika mycket då interaktionseffekten har ett p-värde över 0,05 (Tabell 5). Resultatet visade att det fanns en signifikant skillnad mellan contorta och tall i samtliga analyser och att lokalen har en signifikant påverkan på övre höjd.

Variationen i höjd kan med över 50% förklaras av modellerna vilket kan ses i tabell 6 där samtliga justerade R-värden ligger på ca 68%. Det är statistiskt bevisat att trädslag och lokal påverkar höjden på träden men inget bevis finns att översilning, markfuktighet eller jordtextur påverkar övre höjden.

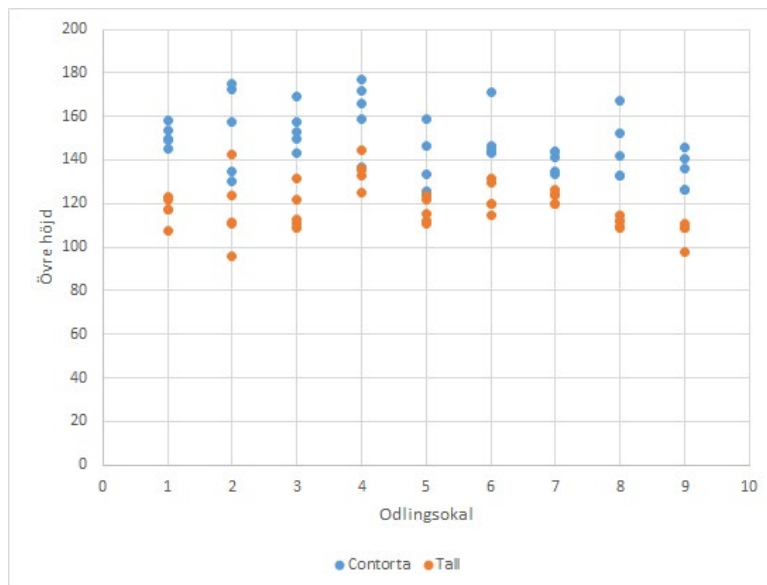
Tabell 5. En sammanställning över resultatet av variansanalysen för de olika ståndortsegenskaperna. Trädslag*ståndortsegenskap står för den interaktionseffekt som tidigare nämnts

Ståndortsegenskap	Faktor	DF	F-Value	P-Value
Översilning	Trädslag	1	159,41	0
	Lokal	8	4,44	0
	Översilning	3	1,50	0,222
	Trädslag*Översilning	3	1,08	0,364
Markfuktighet	Trädslag	1	47,1	0
	Lokal	8	4,99	0
	Markfuktighet	2	1,87	0,161
	Trädslag*Markfuktighet	2	0,84	0,434
Jordtextur	Trädslag	1	105,74	0
	Lokal	8	3,86	0,001
	Jordtextur	2	0,62	0,541
	Trädslag*Jordtextur	2	1,85	0,165

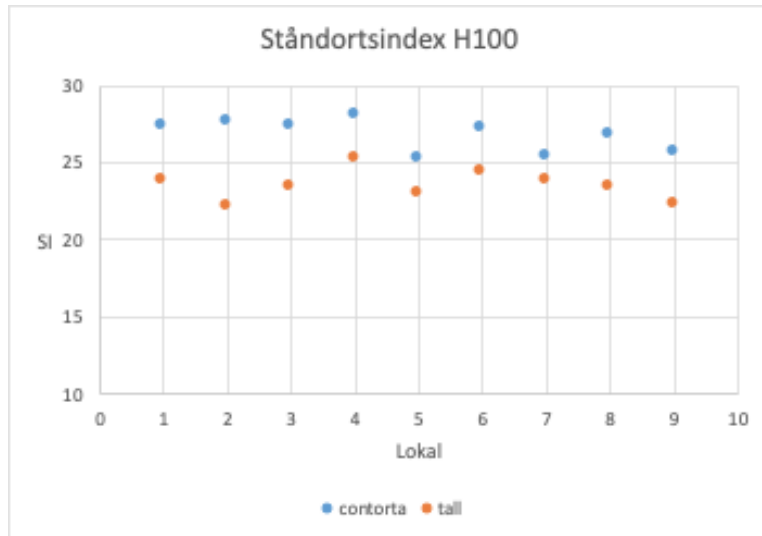
Tabell 6. Förklaringsgrad för varje variansanalys och ståndortsegenskap

Analys	S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
Översilning	10,7641	74,00%	68,66%	60,98%
Markfuktighet	10,7494	73,36%	68,74%	61,32%
Textur	10,8108	73,05%	68,38%	60,84%

Contorta är alltid högre än tallen förutom i lokal 2 där ett provträd har högre övre höjd. Variationen i övre höjd inom lokalen är kraftigast för contortan (Figur 6). Ståndortsindex på lokalerna för varje trädslag kan ses i figur 7 där contorta har ett högre SI på samtliga lokaler men inget statistiskt samband finns till ståndortsegenskaperna. Trädslag spelar signifikant roll enligt tabell 5 där p-värdet är 0, detta bekräftas i figur 8 som visar att contortan har högst ståndortsindex.



Figur 6. Övrehöjdsträden fördelat på lokal och trädslag. På varje lokal fanns fem medelvärden från vardera trädslag med undantag från lokal 7 där objektet med tall endast hade fyra värden.



Figur 7. Ståndortsindex (SIH) beräknat på övre höjdsträden i varje lokal för contorta och tall. Diagrammet visar beräknad övre höjd vid 100 års ålder.

Genom att skapa residualplottar över varje analys, kunde modellens antaganden bekräftas. Modellens antaganden var att slumpfelen är normalfördelade med samma varians inom varje grupp. Detta bekräftas i de grafer som skapades för varje analys även om en liten avvikelse kan antydans i en av dem (Bilaga 7). Variationen i övre höjd inom lokalerna kan ses i box-plottar (Bilaga 6). Variationen i övre höjd mellan lokalerna förklaras av lokal som faktor enligt tabell 5.

4. DISKUSSION

Kapitlet inleds med att diskutera resultaten i rapporten. Rapportens resultat jämförs sedan med liknande studier och kapitlet avslutas med en slutsats.

4.1. Resultatdiskussion

Resultatet visar att störst inverkan på övre höjd har trädslag. Analysen visade inte vilket av trädslagen som hade högst övre höjd men utifrån rådata syns det att contorta helt klart växer bäst oberoende på ståndortsfaktor och lokal. I analysen finns även empiriskt stöd för detta då p-värdet ligger nära noll, det vill säga att det är signifikant. Det som näst mest påverkar övre höjd är lokalen vilket kan tolkas som var i landet trädet växer. Det finns empiriskt stöd för att det är signifikant skillnad på övre höjd beroende på lokal. Dessa resultat är något som vi i denna rapport inte ägnar mycket energi åt då det inte ingick i hypotesen. För att titta på om markfuktighet, översilning och jordtextur påverkar contortans överlägsenhet jämfört med tallen måste dock dessa variabler tas i beaktning.

Resultatet tyder på att tall har en tendens till att producera högre övre höjd där rörligt grundvatten finns under längre perioder men samtidigt är variansen kraftigare inom den kategorin. Det finns inget empiriskt stöd till att så skulle vara fallet utan det kan endast antydast utifrån visuell analys. På samma sätt finns det ett litet mönster till att contorta skulle växa sig högre då rörligt grundvatten finns i kortare perioder men även något i områden med längre perioder. Detta mönster visade sig dock inte heller i modellen. Varken översilning eller interaktionstermerna var signifikanta. Tanken med försökslokalerna var att trädslagen skulle jämföras parvis vilket modellen bekräftar är lämpligast. När lokal är med som en faktor i modellen skulle det kunna antas att översilning inte längre är relevant. När lokal togs bort från modellen stärktes endast relationen till trädslag och signifikansnivån att översilning skulle inverka på övre höjd förändrades inte nämnvärt. Detta tyder på att lokal består av fler variabler som spelar större roll än översilning.

När det kommer till markfuktighet har tallen en tendens till att producera en högre övre höjd på frisk-fuktig mark vilket är helt naturligt. Kategorin

markfuktighet korrelerar med bonitet där friskt-fuktigt enligt bonitering med ståndortsegenskaper är en bättre mark än exempelvis torr eller blöt. Det finns dock inget empiriskt stöd till att det skulle vara någon skillnad på tallens höjd på olika grader av markfuktighet. Det finns en antydning till mönster i att contorta skulle växa sig högre på frisk mark men inte heller här finns det något empiriskt stöd i resultatet. På samma sätt skiljer sig inte heller differensen mellan tall och contorta, det finns alltså inget stöd till att contortan skulle växa mer eller mindre bättre än tallen på viss markfuktighet. Varken markfuktigheten eller interaktionstermen har ett signifikant samband med trädhöjden. Precis som vid analysen av översilning kan den lilla tendensen snarare representeras av lokalen än markfuktighet. Eftersom det finns ett starkt samband mellan översilning och markfuktighet så liknar analysernas resultat varandra.

Jordtextur har ett visst samband med markfuktighet och översilning. Markens jordtextur påverkar markens förmåga att hålla vatten därav valet att analysera denna ståndortsegenskap. Jordtexturen har likt de andra två ståndortsegenskaperna inget statistiskt signifikant samband med övre höjd, jordtexturen påverkar inte heller trädslagen olika. Mönstret upprepar sig i denna analys med att de båda trädslagens övre höjd varierar i liknande mönster beroende på typ av jordtextur. Något som är mycket intressant är att båda trädslagen verkar växa bäst på grovmo men det sambandet är inte statistiskt bevisat och tendensen förklaras snarare även den av lokal. En av lokalerna med grovmo har en kraftigt högre övre höjd vilket gör att det ser ut som om det är just jordtexturen som ökar den övre höjden. Huruvida det är jordtexturen eller lokalen som påverkar höjden är mycket svårt att säga, modellen kan inte bevisa att det beror på jordtexturen. Contorta och tall växer varken sämre eller bättre på lokaler med olika jordstruktur, skillnaden mellan trädslagen har inte heller något signifikant samband. Detta kan bero på att det inte bara är ståndortsegenskaper som påverkar hur bra träden växer. Det signifikanta sambandet mellan övre höjd och lokal kan snarare förklaras av begreppet: lokal, där såväl lokal miljö, näringstillgång, stormskador osv. ingår. Lokalen har därför en kraftigare påverkan på trädens höjd än en enstaka ståndortsfaktor.

Eftersom R-justerat är över 50% kan variationen av övre höjd till 50% förklaras av modellen. Modellen påvisar att översilning, markfuktighet och jordtextur inte påverkar höjden och inte heller trädslagen olika. Sammantaget kan det vara så att det finns en effekt från ståndortsegenskaperna men den effekten är för liten för att upptäckas. Det kan vara så att det finns en effekt men att ståndortsegenskaperna och lokal hänger ihop i observationerna vilket leder till att det är svårt att avgöra vilken av dem det är som påverkar. Fler lokaler på samma marker och lokaler som har större variation skulle ge ett intressant resultat. Modellen skulle få fler observationer att jobba med vilket kanske skulle leda till ett bättre resultat. Att skapa försöksytor på marker med samma SI och jämföra ståndortsegenskapernas

inverkan är mycket svårt då det finns många faktorer som kan påverka trädens tillväxt. En lokal i södra Sverige med samma SI som en lokal i norra Sverige har trots sin liknande produktionsförmåga, olika faktorer som kan påverka övre höjd.

4.2. Andra studier

Som tidigare nämnts finns det många faktorer som skulle kunna påverka höjdskillnaden mellan tall och contorta. Det finns teorier som överlappar varandra så som Gundales (2016) studie på att contorta skulle ha en effektivare symbios med marksvampar och forskning från Elfving och Norgren (1993) där contorta visade sig ta upp kväve bättre. Hur mycket av Elfving och Norgrens studie skulle kunna förklaras av Gundales är inte självklart. Dessa studier, tillsammans med några andra tidigare nämnda studier, visar en av de många faktorer som påverkar övre höjden för de båda trädslagen. Till exempel menar Fries et al. (2017) att contorta också har högre potentiell höjdtillväxt än tallen. Försök i Kanada visade att även om den svenska tallen är en exot i de områden där contortan har sitt ursprung, kommer contortan ha en högre övre höjd. Det finns något som gör att contortan växer bättre även i Kanada (Fries *et al.* 2017). Den forskning som gjorts angående skillnader i rötternas utformning visar både att contortans rötter växer snabbare och att de utformas på ett annorlunda sätt. Enligt Horton (1958) kan contortans rötter variera kraftigt mellan olika marktyper men också inom samma typ. Det saknas dock försök på hur tallens rötter varierar inom och mellan marktyper. Att contortan skulle vara bättre på att anpassa sig än tallen dementeras också i denna undersökning, då det inte finns något statistiskt samband i att contortan skulle växa mer eller mindre bättre på någon typ av mark. Horton (1958) menar dock att contortans rotutveckling är något som kan påverkas mycket av proveniensval. Den proveniens som används i försöken har rötter som är anpassade till marker i Nordamerika, contortan skulle därför kunna reagera på ett annorlunda sätt i Sverige. Det finns dock lite forskning på vilka skillnaderna som uppkommer när tall och contorta är planterade på samma mark. Det tydliga i denna undersökning är att oavsett markfuktighet, översilning eller jordtextur, växer contortan väsentligt bättre. Tallen påverkas inte heller av ståndortsegenskaperna utan har ständigt sämre tillväxt. Vad detta beror på kan vi inte svara på men fysiologiska tester på om exempelvis contortan har en effektivare användning av vatten och näring skulle vara intressant att studera.

4.3. Slutsats

Inget empiriskt stöd fanns till att skillnaden i övre höjd mellan tall och contorta varierar beroende på grad av översilning, markfuktighet eller jordtextur. Det är statistiskt bevisat att lokalen där försöken ligger påverkar övre höjd vilket gör det

svårt att bevisa att en specifik ståndortsegenskap påverkar trädhöjden. Det är också statistiskt bevisat att träslag påverkar övre höjd. Slutsatsen är att contorta kan producera en väsentligt högre övre höjd än tall oberoende på översilning, markfuktighet eller jordtextur. Modellen i denna rapport kan inte bevisa att contorta och tall skulle påverkas olika mycket beroende på de beaktade ståndortsegenskaperna.

Denna studie bygger på att jämföra övre höjd med tre ståndortsegenskaper där varje observation representerar 100 träd per hektar. Därför bör det inte dras för stora slutsatser om hur mycket mer volym contortan producerar. Övre höjd talar bara om den potentiellt maximala höjden för varje lokal. Det är statistiskt bevisat att träden inte påverkas av någon av ståndortsegenskaperna men det betyder inte att andra faktorer kan göra det. Exempelvis kan snö och vindskador kraftigt påverka volymen i ett contortabestånd. Det är därför i praktiken väsentligt att också titta på vitalitet eftersom det är volymen som är intressant inom skogsbruket och inte trädhöjd.

5. REFERENSER

- Alavi, G. (2002). The impact of soil moisture on stem growth of spruce forest during a 22-year period. *Forest Ecology and Management*, vol. 166 (2), ss. 17–33
- Bergsten, U. & Sahlén, K. (2013). *Skogsskötselserien-Sådd*. 2. uppl. Skogsstyrelsen. Tillgänglig: <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/mer-om-skog/skogsskotselserien/skogsskotsel-serien-5-sadd.pdf> [2020-04-14]
- Comeau, P.G. & Kimmins, J.P. (1989). Above- and below-ground biomass and production of lodgepole pine on sites with differing soil moisture regimes. *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 19 (4), ss. 447–454 NRC Research Press.
- Elfving, B., Ericsson, T. & Rosvall, O. (2001). The introduction of lodgepole pine for wood production in Sweden — a review. *Forest Ecology and Management*, vol. 141 (1), ss. 15–29
- Elfving, B. & Kiviste, A. (1997). Construction of site index equations for *Pinus sylvestris* L. using permanent plot data in Sweden. *Forest Ecology and Management*, vol. 98 (2), ss. 125–134
- Elfving, B. & Norgren, O. (1993). *Contortatallens produktion*. (71). Umeå: Institutionen för skogsskötsel.
- Elfving, B., Norgren, O. & Elfving (1995). Tall eller Contorta - valet mellan stabilitet och tillväxt avgör. *Sveriges Lantbruksuniversitet*, (15). Tillgänglig: <https://www.slu.se/globalassets/ew/ew-centrala/forskn/popvet-dok/faktaskog/faktaskog95/4s95-15.pdf> [2020-03-05]
- Fedorkov, A. (2010). Variation in shoot elongation patterns in *Pinus contorta* and *Pinus sylvestris* in north-west Russia. *Scandinavian Journal of Forest Research*, vol. 25, ss. 208–212

- Fries, A., Elfving, B. & Ukrainetz, N.K. (2017). Growth and survival of lodgepole pine and Scots pine after 25 years in a reciprocal transplant experiment in Canada and Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, vol. 32 (4), ss. 287–296 Taylor & Francis.
- Frumerie, G. (red.) (1999). *Miljökonsekvensbeskrivning (MKB) av skogsbruk med contortatall i Sverige*. 1. uppl. Oskarshamn: Jan Fry. Tillgänglig: <https://docplayer.se/8414651-Miljokonsekvensbeskrivning-mkb-av-skogsbruk-med-contortatall-i-sverige.html> [2020-02-28]
- Goodwin, D. (2017). *The Urban Tree*. New York: Routledge.
- Gundale, M.J., Almeida, J.P., Wallander, H., Wardle, D.A., Kardol, P., Nilsson, M.-C., Fajardo, A., Pauchard, A., Peltzer, D.A., Ruotsalainen, S., Mason, B. & Rosenstock, N. (2016). Differences in endophyte communities of introduced trees depend on the phylogenetic relatedness of the receiving forest. *Journal of Ecology*, vol. 104 (5), ss. 1219–1232
- Gundale, M.J., Kardol, P., Nilsson, M.-C., Nilsson, U., Lucas, R.W. & Wardle, D.A. (2014). Interactions with soil biota shift from negative to positive when a tree species is moved outside its native range. *New Phytologist*, vol. 202 (2), ss. 415–421 John Wiley & Sons, Ltd.
- Hagner, S. (2005). *Skog i förändring*. Sundsvall: Lars Ljunggren och Per Thunström. Tillgänglig: <https://www.ksla.se/anh/publikationer/solmed/skog-i-forandring/?hilite=%27contortatallen%27> [2020-03-05]
- Hallsby, G. (2013). *Skogsskötselserien - Plantering av barrträd*. 2. uppl. Skogsstyrelsen. (Skogsskötselserien; 3)
- Horton, K.W. (1958). *Rooting habits of Lodgepole pine*. (67). Canada: Department of Northern Affairs and National Resources Forestry Branch.
- Instruktion för fältarbete vid riksskogstaxeringen* (1979). Riksskogstaxeringen. Tillgänglig: <https://www.slu.se/centrumbildningar-och-projekt/riksskogstaxeringen/om-riksskogstaxeringen1/om-inventeringen/faltinstruktioner/>
- Jansons, A., Matisons, R., Lîbiete-Zâlîte, Z., Baders, E. & Rieksts, R. (2013). Relationships of Height Growth of Lodgepole Pine (*Pinus contorta* var. *latifolia*) and Scots Pine (*Pinus sylvestris*) with Climatic Factors in Zvirgzde, Latvia. *BALTIC FORESTRY*, vol. 19 (2), s. 9

- Karlman, M. (1981). *The introduction of exotic tree species with special reference to Pinus contorta in northern Sweden: Review and Background = Introduktion av främmande trädslag med särskild hänsyn till Pinus contorta i norra Sverige*. Uppsala.
- Lindgren, K., Lindgren, D. & Rosvall, O. (1988). *Förflyttningsrekommendation för provenienser av contortatall i Sverige*. (27). Umeå: Institutionen för genetik och växtfysiologi.
- Magnusson, T. (2015). *Skogsskötselserien – Skogsbruk – mark och vatten*. 2. uppl. Skogsstyrelsen. Tillgänglig:
<https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/mer-om-skog/skogsskotselserien/skogsskotsel-serien-13-skogsbruk-mark-och--vatten.pdf>
- Martinsson, O. (1986). Tap root formation and early root/shoot ratio of Pinus Contorta and Pinus sylvestris. *Scandinavian Journal of Forest Research*, vol. 1 (1–4), ss. 233–242 Taylor & Francis.
- Montwé, D., Isaac-Renton, M., Hamann, A. & Spiecker, H. (2016). Drought tolerance and growth in populations of a wide-ranging tree species indicate climate change risks for the boreal north. *Global Change Biology*, vol. 22
- Nordlund, C. & Mårald, E. (2014). *Idéer och värderingar. Rapport från Future Forests 2009-2012*. (Future Forests Rapportserie, 3). Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet, Enheten för skoglig fältforskning. Tillgänglig:
<https://www.slu.se/futureforests>
- Norgren, O. (1996). Growth analysis of Scots pine and lodgepole pine seedlings. *forest ecology and management*, vol. 1196 (86), ss. 15–26
- Oberhuber, W., Stumboeck, M. & Kofler, W. (1998). Climate-tree-growth relationships of Scots pine stands (Pinus sylvestris L.) exposed to soil dryness. *Trees*, vol. 13, ss. 19–27
- Remröd, J. (1976). *En produktionsmodell för contortatall i norra och mellersta Sverige-resultat från uppföljning av äldre kulturer med Pinus Contorta*. (Skogsförbättring, F 894/P 239). Sävar.
- Riksskogstaxeringen (2020). *Statistikdatabasen*. Tillgänglig:
<http://skogsstatistik.slu.se/pxweb/sv/OffStat/?rxid=5edc8346-e403-469c-9848-7ce50510785b> [2020-04-01]

Taeger, S., Zang, C., Liesebach, M., Schneck, V. & Menzel, A. (2013). Impact of climate and drought events on the growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) provenances. *Forest Ecology and Management*, vol. 307, ss. 30–42

Targhetta, N., Kesselmeier, J. & Wittmann, F. (2015). Effects of the hydroedaphic gradient on tree species composition and aboveground wood biomass of oligotrophic forest ecosystems in the central Amazon basin. *Folia Geobotanica*, vol. 50 (3), ss. 185–205

University of California *Lodgepole pine (Pinus contorta)*. *Forest research and outreach*. Tillgänglig:
https://ucanr.edu/sites/forestry/California_forests/http___ucanrorg_sites_forestry_California_forests_Tree_Identification_/Lodgepole_pine_Pinus_contorta [2020-04-27]

Copyright

MINITAB

"Portions of information contained in this publication/book are printed with permission of Minitab, LLC. All such material remains the exclusive property and copyright of Minitab, LLC. All rights reserved."

"This information may have been translated for your convenience from the original and official English language version, which can be found at www.minitab.com, or as embedded in Minitab Statistical Software. Minitab retains all rights therein, and Minitab disclaims any and all responsibility for any reliance by you upon the translated version, which you use at your own risk. In the event of any discrepancy the English language version shall control."

"MINITAB® and all other trademarks and logos for the Company's products and services are the exclusive property of Minitab, LLC. All other marks referenced remain the property of their respective owners. See minitab.com for more information."

BILAGOR

Bilaga 1: Jordtexturens påverkan på ståndorten

Markens jordtextur påverkar skogens och växtlighetens etablering men också tillväxt (Targhetta *et al.* 2015). Jordtexturen påverkar hur hårt vattnet i marken är bundet, vilket i sin tur påverkar rötternas förmåga att ta upp det vatten som finns att tillgå. Dessa jordtexturer hör till de finare kornstorlekarna som finns i landet. På marker med mjäla är risken större för syrgasbrist än på marker med grovmo eller finmo. Det kan samtidigt vara positivt med mer bundet vatten i jorden, som det ofta är på marker med mjäla. Kapaciteten att binda och hålla kvar vatten i marken står i omvänd proportion till porstorlek alltså det hålrum som finns mellan jordens partiklar. Finns där en större andel små porer är jorden ofta fuktigare. Storleken på porerna mellan partiklarna har ett samband med partikelstorleken, där små partiklar också ger små porer. På marker med mjäla är kornstorleken fin och på så sätt är även porerna små. Mjäla kan därför hålla mycket vatten och är ofta en fuktig jordtextur som kan orsaka syrgasbrist i trädens rötter och på så sätt hämma tillväxten. Detta kan även ske på marker med finmo men risken är mindre, lika så på grovmo. (Magnusson 2015). Hur rotsystemet är utformat på olika platser är en reaktion på ståndortens egenskaper, såsom vattennivå. Rötter som är i vatten för länge dör på grund av syrebrist (Boggie 1972).

För att träd och växter ska kunna leva och växa bör tillgången på syrgas i jorden vara god. Det är också en förutsättning för att nedbrytning av organiskt material och symbiosen med marksvampar ska fungera. Syrgasen i marken finns först och främst i den luft som letat sig ned mellan jordpartiklarna. Syrgasbrist uppstår där markluften trängts bort och vatten tagit plats i porerna mellan jordpartiklarna. Detta uppstår i framförallt finkorniga jordar där markvattnet är hårt bundet och porerna små. Ofta löser sig syrgas i vatten men det räcker inte till den mängd framförallt trädrötterna kräver (Magnusson 2015).

På marker med finkorniga jordar bildar träden vanligen finare och ytligare rötter. Det är en naturlig reaktion eftersom marken riskerar att bli vattenmättad. På marker med mer finkorniga jordtexturer bör trädararter som klarar av hög markfuktighet och syrgasbrist planteras. Samtidigt som träd med ytliga rötter kan växa bra på jordar med hög markfukt, ökar risken för uppfrysning och skador på grund av tjälskjutning (Hallsby 2013).

Bilaga 2: Markfuktigheten & översilningens påverkan på ståndorten

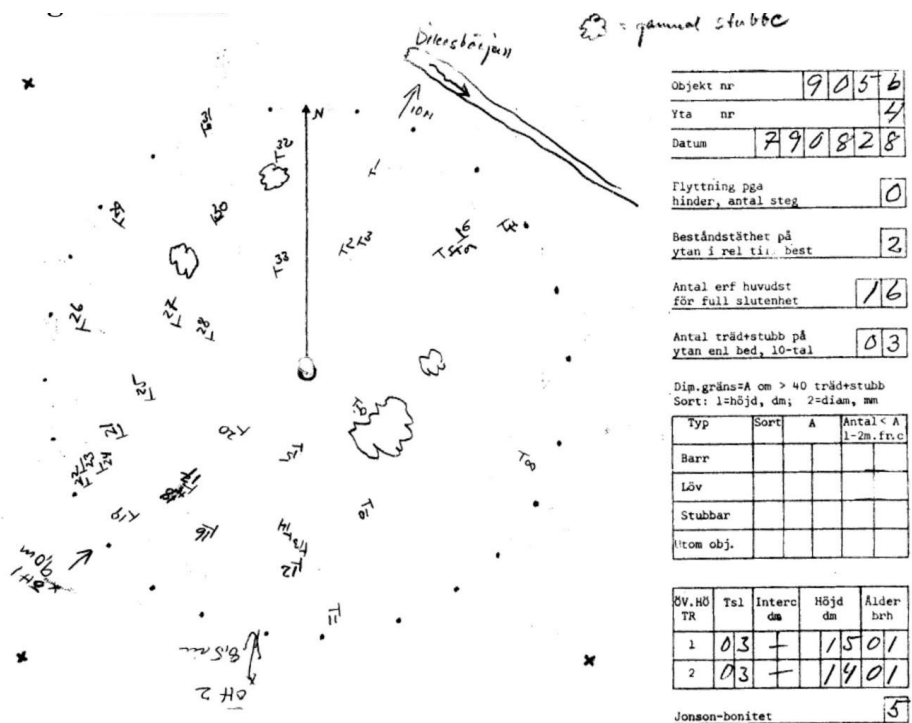
Lateralt rörligt grundvatten eller översilning som det kallas i denna rapport, kan hindra syrgasbrist. Jorden i marken kan vara nästintill vattenmättad utan att syrgasbrist i rötterna sker. Genom att marken lutar i sidled kan vattnet strömma genom jordens partiklar kontinuerligt samtidigt som luft kommer ner mellan porerna. Det rörliga grundvattnet för samtidigt med sig näringsämnen kontinuerligt vilket gynnar tillväxten och ökar boniteten (Magnusson 2015). Det är en mängd faktorer som spelar roll i hur mycket vatten eller syre som ett träd har tillgång till i marken. Även klimatet har en nyckelroll i hur mycket vatten som kommer finnas i marken. Ett extremt år (onormalt varmt eller regnar lite) så kommer dessa faktorer tillsammans ha en stor påverkan. Markens förmåga att hålla vattnet är vid sådana tillfällen avgörande om trädets tillväxt hämmas eller inte (Oberhuber *et al.* 1998).

Mängden vatten i marken är oftast mest väsentligt men även hur hårt det är bundet kan vara betydelsefullt. I mycket finkorniga jordar där porerna är mycket små, suger vattnet sig starkare fast till partiklarna än på grovkorniga marker. Delar av det markvatten som finns kan vara så pass hårt bundet att det inte är upptagbart för rötterna. Detta leder i sin tur till hämmad tillväxt, allra helst om det sker i kombination med brist på rörligt grundvatten och syrebrist. Begreppet kapillär uppsugning, beskriver en jords förmåga att suga upp vatten från grundvattnet till markytan. Kapillärkraften är hög i finkorniga jordar där vatten från tiotals meter kan förflyttas upp till markytan. På grovkorniga jordar är kapillärkraften begränsad till endast några tiotals centimeter, vilket kan leda till vattenbrist för de marklevande träden och växterna. Detta innebär att träd som växer i en grovkornig jord i praktiken är beroende av regelbunden nederbörd för att kunna försörja vattenåtgången. Ett alternativ till regelbunden nederbörd är att marken lutar och översilningen är god (Magnusson 2015)

Under perioder med torka drabbas träden i skogen av torkstress. Då är transpirationen i form av vattenånga till atmosfären, högre än tillförseln av vatten via rötterna. Detta stressar träden då transpirationen från bladen är för hög och tillgängligheten på vatten är för låg, träden torkar helt enkel ut. Vid tillfällen med för mycket vatten i jorden ökar risken att rötterna kvävs på grund av syrebristen som uppstår. Samtidigt som träden drabbas av syrebrist drabbas också mikroorganismerna i jorden av syrebrist. Detta stannar eller saktar in nedbrytningsprocessen av organiskt material och på så sätt kan även tillgången på näring minska. Samtidigt som vattnet hämmar tillväxten på skogen, påverkar mängden markvatten indirekt tillväxten genom förändrad tillgång på näringsämnen (Alavi 2002).

Flera ståndortsegenskaper tillsammans, där även klimatet ingår, påverkar gemensamt tillgången på vatten. Jordtexturen och markvattnet påverkar också hur lättillgängligt näringsämnena i marken är. Finkorniga moräner vittrar lättare och träden kan tillgodose sig näring bättre samtidigt som rörligt markvatten transporterar näring (Magnusson 2015).

Bilaga 3: Exempel på karta över försöksyta



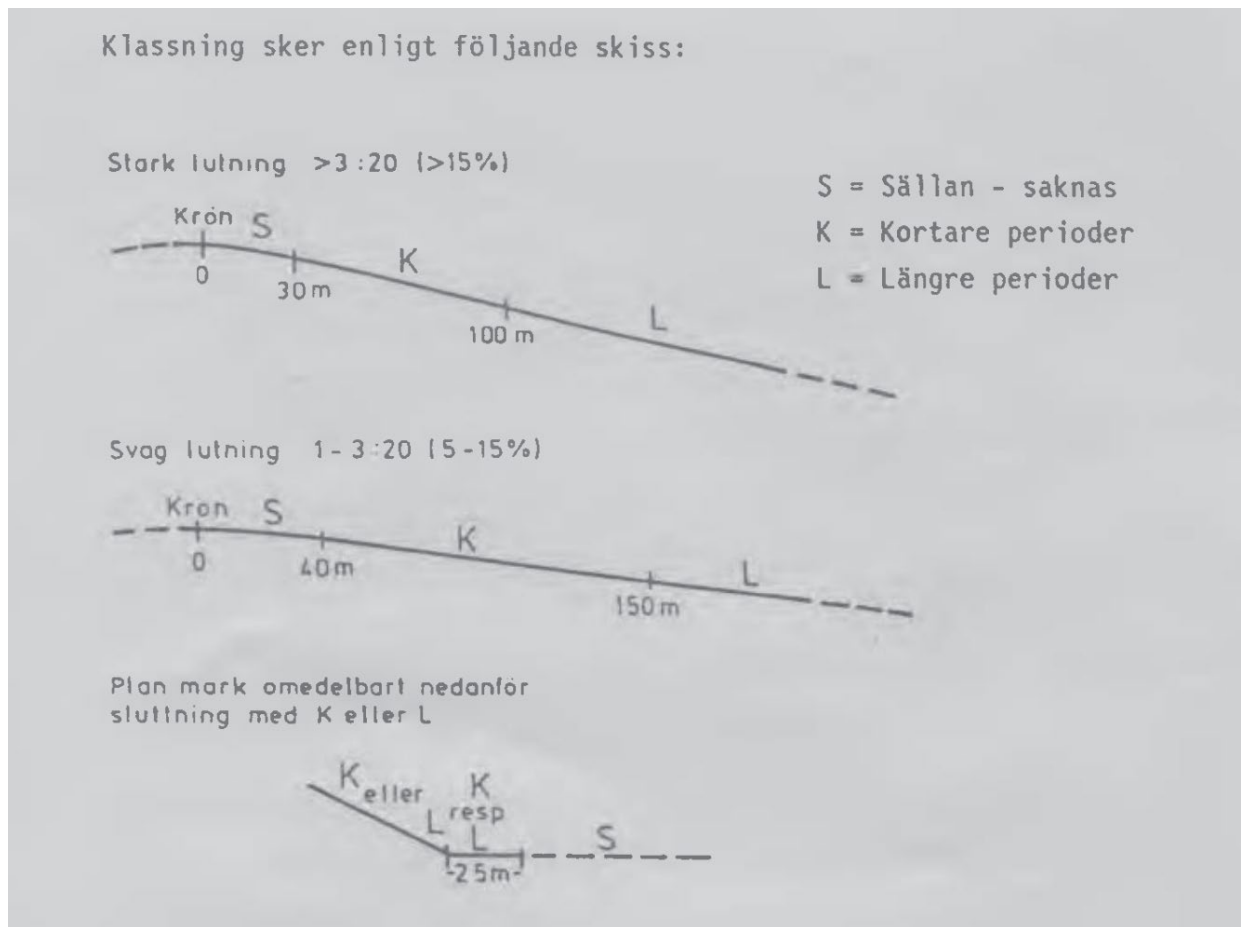
Ant: 461

Fuktighet	Övergenomslin.	Topografi	Lutningsart	Jordriktn	Textur	Jorddjup	Blockförekomst
4	4	3	2	2	5	1	7/13

Träd nr	Trädslag	Höjd dm	Diam mm	Skador	Träd nr	Trädslag	Höjd dm	Diam mm	Skador	Träd nr	Trädslag	Höjd dm	Diam mm	Skador
01	103	4	0		21	203	25	21		41				
02	120	11	0		22	220	5	0		42				
03	220	9	0		23	220	10	0		43				
04	103	4	0		24	220	8	0		44				
05	220	6	0		25	103	9	0		45				
06	222	8	0		26	103	12	0		46				
07	220	10	0		27	103	7	0	3112	47				
08	102	8	0		28	202	3	0		48				
09	102	8	0		29	103	11	0	3112	49				
10	103	9	0		30	103	6	0		50				
11	103	11	9	113	31	202	4	0		51				
12	202	9	0		32	102	7	0		52				
13	202	4	0		33	220	5	0		53				
14	202	4	0		34					54				
15	103	7	0		35					55				
16	102	14	8	642	36					56				
17	220	12	0		37					57				
18	220	5	0		38					58				
19	103	9	0		39					59				
20	220	11	0		40					60				

HUGIN, FÄLTUNDERSÖKNING I UNGSKOG, YTBLANKETT, 1979

Bilaga 4: Beskrivning av hur översilning klassas



(Instruktion för fältarbete vid riksskogstaxeringen 1979)

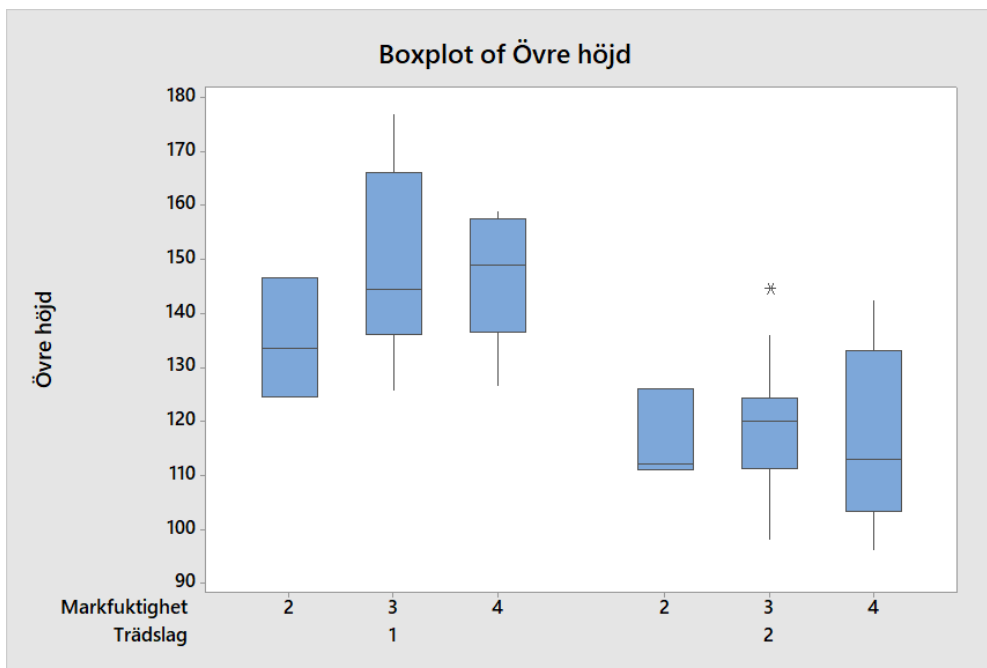
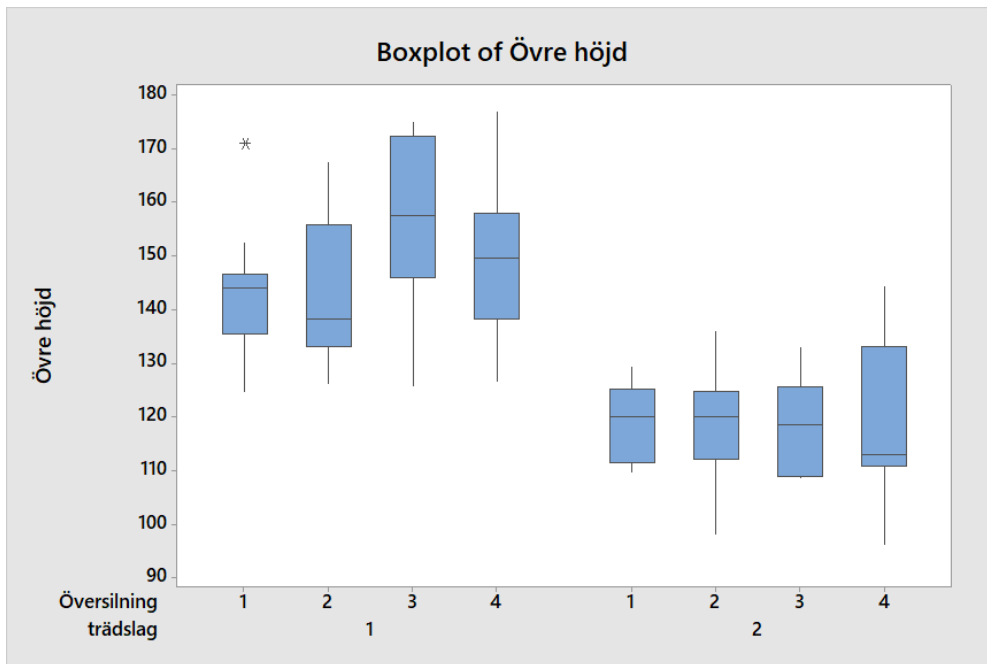
Bilaga 5: Beskrivning av hur markfuktighet klassas

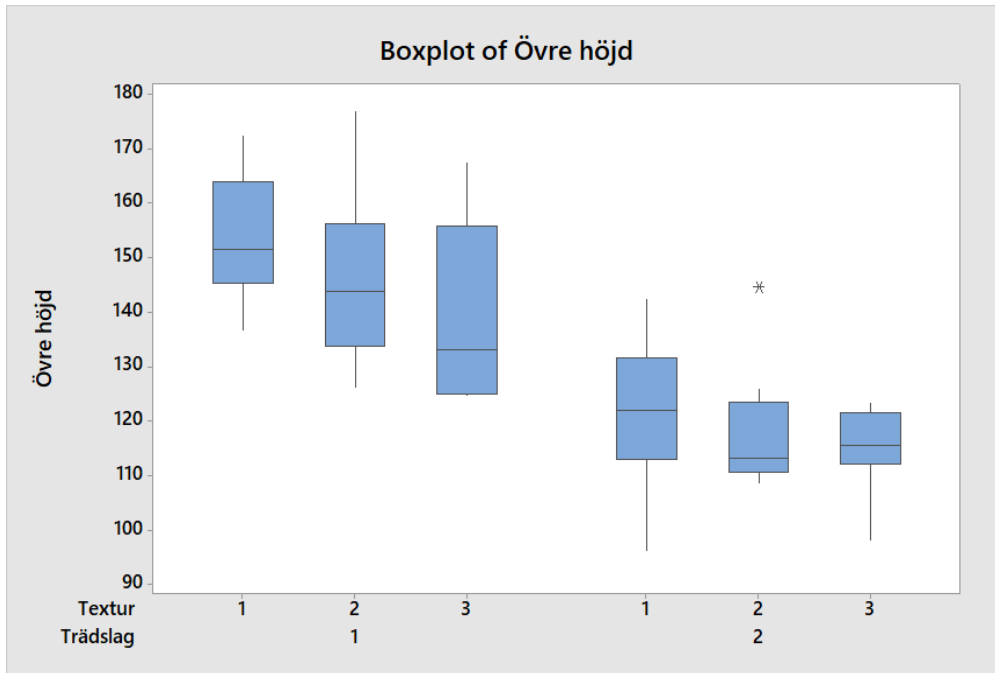
FUKTIGHET* Markfuktighetsklass

- 1 Torr mark. Grundvattnet djupare än 2 m. Plan mark på mäktiga isälvsavlagringar. Kullar, markerade krön och åsryggar. Platåer och flacka, högt belägna terrängavsnitt med hållar eller grov jordart. Rörligt markvatten saknas.
- 2 Frisk mark. Grundvattenytan på ett djup av 1-2 m under markytan. Plan mark och sluttningar. Inga vattensamlingar i markytan.
- 3 Fuktig mark. Grundvattenytan närmare markytan än 1 m och i extrema fall synlig i markerade svackor. Plan mark i låg terräng. Nedersta delen av längre sluttningar och plan mark närmast intill dessa. Sommartid kan man gå torrskodd om man utnyttjar tuvor. Träden växer ofta på socklar. Ofta bevuxen med sumpmossor.
- 4 Blöt mark. Grundvattnet bildar vattensamlingar i markytan. Man kan inte gå torrskodd. Tall och gran kan endast undantagsvis uppträda beståndsbildande.

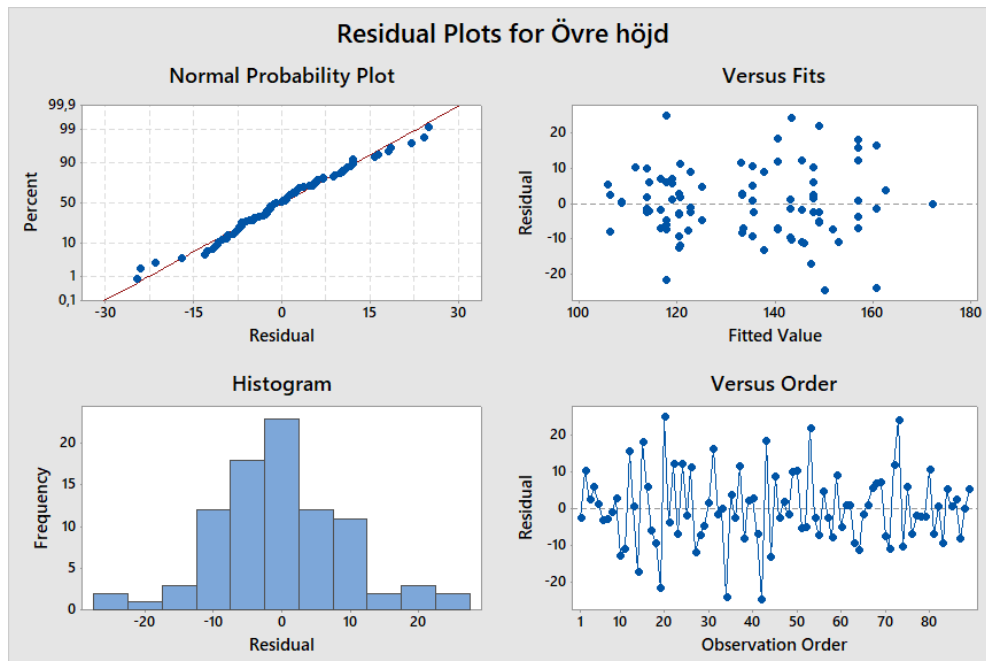
(Instruktion för fältarbete vid riksskogstaxeringen 1979)

Bilaga 6: Variation av övre höjd inom varje lokal - per ståndortsegenskap

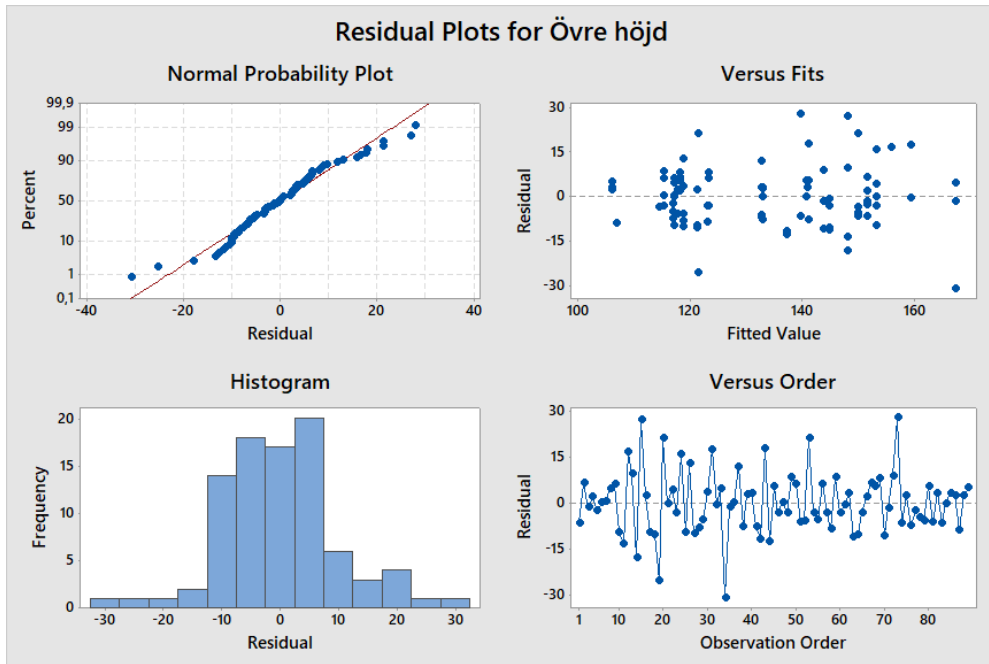




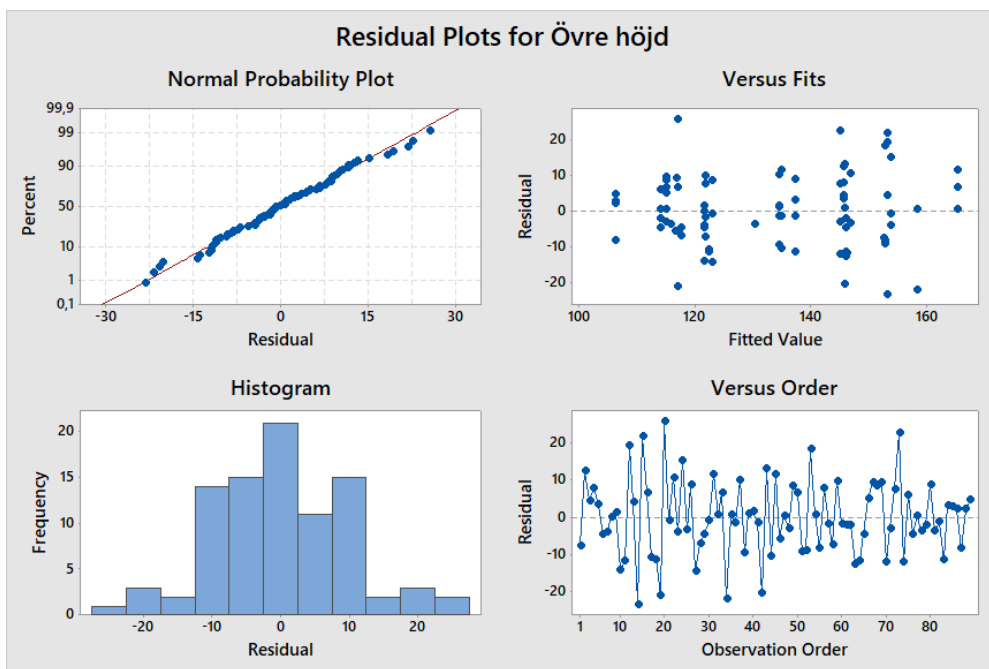
5.1. Bilaga 7: Fördelning per ståndortsegenskap



Översilning



Markfuktighet



Jordtextur