

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Fakultet for miljøvitenskap og teknologi
Institutt for naturforvaltning

Masteroppgave 2015
30 stp

Testing av tynningsalgoritmen ThinningSelector opp mot reelle tynninger i gran- (*Picea abies* (L.) Karst) dominert skog

Testing of the Thinning Algorithm ThinningSelector
Against Real Thinnings in Spruce (*Picea abies* (L.)
Karst) Dominated Forest

Simen Vermundsdammen

1. Forord

Jeg vil først og fremst takke veileder Andreas Brunner for hjelp med å utforme og utføre denne oppgaven. Jeg vil også takke medstudent Terje Olav Ryd for samarbeid under feltarbeidet og databehandlingen, samt Christian Gjørsum for hjelp under feltarbeidet. Videre vil jeg takke skogeierne for at vi fikk tilgang til skogområder og muligheten til å samle inn nødvendig data. Alle andre som har støttet opp gjennom prosessen takkes også.

I løpet av oppgaveskrivingen har jeg lært mye om tynningsalgoritmer og kompleksiteten i kalibrering og utforming av disse. Jeg har også lært viktigheten av god planlegging for å få gjennomført det som skal gjøres og hvordan manglende planlegging av små detaljer forplanter seg til større problemer og unødvendigheter i løpet av prosessen.

2. Sammendrag

Målet med denne oppgaven var å teste tynningsalgoritmen ThinningSelector på større prøveflater med kjent stikkvei, for å se i hvor stor grad den var i stand til å etterligne hvordan en hogstmaskinfører velger ut trær mellom stikkveiene. Algoritmen ble testet på 8 grandominerte (*Picea abies* (L.) Karst) prøveflater fra Ringsaker i Hedmark der det var foretatt en tidlig tynning. Datainnsamling ble gjort etter gjennomført tynning, og stubbenes posisjon og diameter ble benyttet til å tilbakeføre skogen til tilstand før tynning.

Ved å kalibrere målgrunnflate og antall ønskede fremtidstrær var algoritmen i stand til å klassifisere mellom 70 og 80 % av grunnflaten mellom stikkveiene på samme måte som maskinføreren hadde gjort det. Det ble tillatt en variasjon rundt den reelle grunnflaten etter tynning på 2 %. Algoritmen simulerte lavtynning på en god måte, med unimodale diameterfordelinger.

Algoritmen vil være egnet som en del av et system for å hjelpe maskinfører å ta avgjørelser, der maskinfører med større oversikt over kvalitet og andre hensyn kan overstyre mellom de enkelte trær. Algoritmen vil dermed kunne hjelpe til å holde en jevn tynning over tid, med god oversikt over hvilke trær som kan fjernes for å nå en ønsket grunnflate med god romlig fordeling.

Abstract

The aim of this study was to test the thinning algorithm ThinningSelector on larger test plots with known striproads. The purpose of this was to see to what degree the algorithm managed to simulate the way a harvester-operator chooses trees between the striproads. The algorithm was tested on 8 Spruce (*Picea abies* (L.) Karst) dominated test plots located in Ringsaker in Hedmark county, Norway, where an early thinning had been conducted. The data collection was done after the thinning, and position and diameter of stumps was used to revert the forest to its before thinning condition.

After calibrating target basal area and number of croptrees the algorithm managed to classify 70-80 % of the basal area in the same way as the harvester operator. A variation around the real basal area of 2 % was allowed for these simulations. The algorithm satisfactory simulated thinning from below, resulting in unimodal diameter distributions.

The algorithm is applicable as a part of a system to assist harvester operators in making decisions, where the operator has a greater control over quality issues and other considerations. This way he can choose other trees in specific situations, while the algorithm helps keeping the thinning even over time and giving suggestions to which trees can be removed while keeping to the desired basal area and an even spacing.

Innhold:

1. Forord	2
2. Sammendrag	3
Abstract	3
3. Innledning.....	5
3.1 Om tynningsalgoritmer	5
3.2 Thinning Selector	5
3.3 Målet med studien	7
4. Materialer og metoder	8
4.1 Områdebeskrivelse	8
4.2 Databehandling	10
4.3 Simuleringer i Thinning Selector.....	13
4.4 Simuleringer med mindre areal.....	16
4.5 Simuleringer uten de minste diameterklasser	16
5. Resultater	17
5.1 Simuleringer med ThinningSelector	19
5.2 Stikkveisandel i uttaket	26
5.3 Samlet vurdering	27
5.4 Resultater med redusert flatestørrelse	29
5.5 Resultater uten de minste diameterklasser	31
6. Diskusjon:	32
7. Referanser:	35
Vedlegg 1: Parameterfil.....	36

3. Innledning

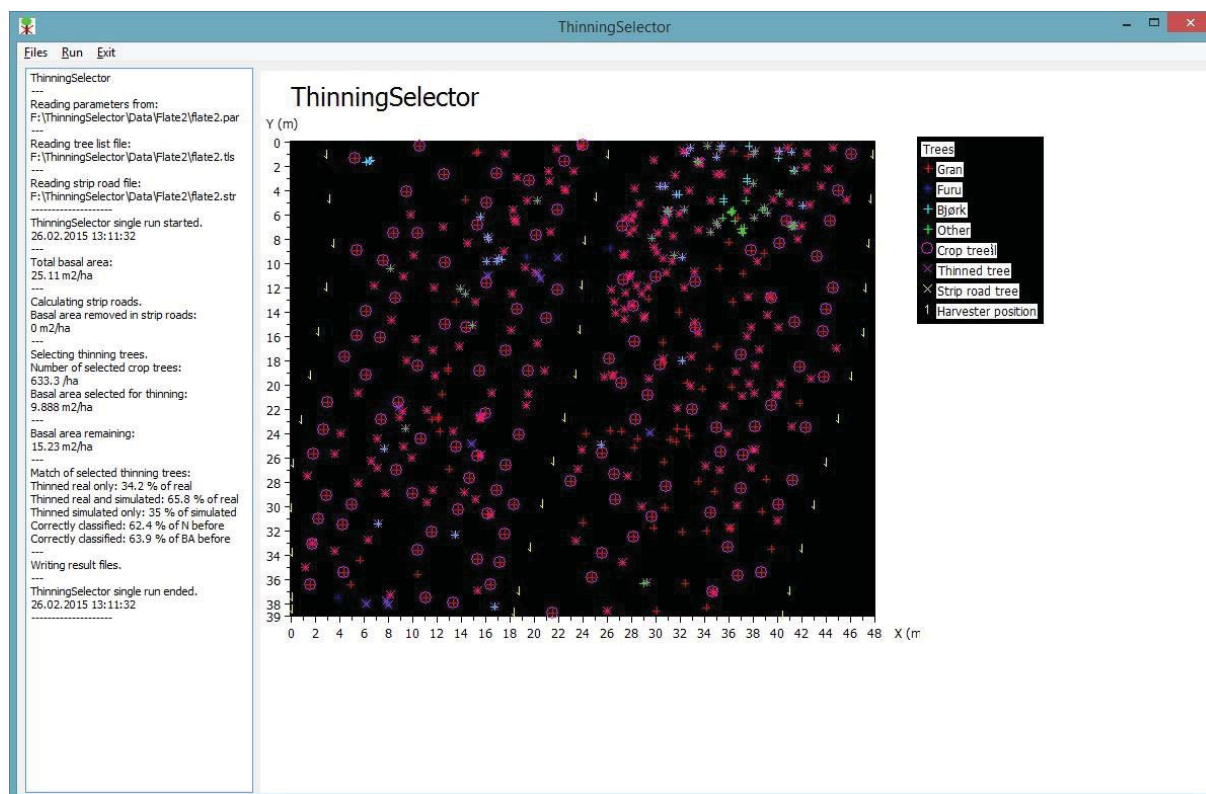
3.1 Om tynningsalgoritmer

Tynningsalgoritmer, også kalt tynningsmodeller, er en beskrevet forenkling av virkelighetens tynninger basert på regler, som hjelper oss å forstå og simulere en tynning. Disse er viktige i skogsimulatorer for å gi et helhetlig bilde av skogens utvikling også etter utførte inngrep (Söderberg og Ledermann 2003). Daume og Robertsson (2000) beskrev i sitt arbeid med å utvikle en heuristisk tynningsalgoritme en del ulemper med eksisterende tynningsalgoritmer. De beskriver hovedutfordringene ved de eksisterende algoritmene ved tre punkter. Det ene er bruken av for få, eller feil variabler benyttes som input i algoritmen. En annen er at selve algoritmen forutsetter informasjon som ikke er tilgjengelig for skogbrukeren. I følge Daume og Robertson (2000) vil algoritmer som benytter informasjon om hele bestandet ved tynning (eks. Eliasson 1999, Aari et al. 2007, Kahn 1995) insinuere at tynning av et tre i ene enden av bestandet har innvirkning på hvilket tre som fjernes i andre enden av bestanden. Daume og Robertsson(2000) mener det er mest sannsynlig at disse er helt uavhengige av hverandre. Den tredje utfordringen er at evalueringen av algoritmen ser på feil resultatparametre. De mente at de eksisterende algoritmene glemte det faktum at en tynningsprosess involverer en skogbruker og at det viktigste derfor var å identifisere prosessen og informasjonen tilgjengelig for skogbrukeren. Algoritmen de utviklet var en heuristisk algoritme med mål om å tenke som en skogbruker og ta avgjørelser basert på informasjonen skogbrukeren har tilgjengelig når tynningen utføres. Evalueringsmålet var da også at algoritmen fjernet i størst mulig grad de samme trær som skogbrukeren hadde fjernet i en reell tynning. I tillegg til hvordan de ulike tynningsalgoritmene som er utviklet varierer i hvordan de simulerer tynningsprosessen er det også store variasjoner i hvordan algoritmene er testet. Mange enkelttrebaserte tynningsalgoritmer er utviklet analytisk uten bakgrunn i reelle tynninger (Söderbergh og Ledermann 2003) eller testet på reelle bestand uten å sammenligne resultatet opp mot en reell tynning (Fabrika og Dursky 2005). Andre algoritmer er testet mot reelle bestand, men resultatet er sammenlignet ved å se på diameterfordelinger og bestandsparametre som grunnflate treantall (Aari et al. 2007). Dette er naturlig for bestandsmodeller der behandlingen av hele bestandet sett under ett er i fokus. Enkelttremodeller gir muligheten til å se resultatene av en simulert tynning på andre måter. Daume og Robertson (2000) hevder i sin artikkel at det er viktig å se på hvordan algoritmen utfører tynning ved å se på de enkelte trær modellen har valgt ut. Dette innebærer at algoritmen må sammenlignes tre for tre opp mot en reell tynning for å evaluere hvor gode resultater den kan oppnå. ThinningSelector benytter en algoritme av denne typen, der man ved testing mot reelle data kan sammenligne hvordan hogstmaskinfører og algoritme har behandlet det enkelte tre.

3.2 Thinning Selector

ThinningSelector er en algoritme skrevet av Andreas Brunner i samarbeid med Christian Fredriksson i forbindelse med sistnevntes mastergradsoppgave (Fredriksson 2010, Brunner & Fredriksson 2010). Målet med algoritmen var å simulere hogstmaskinførerens valg av trær under tynning, basert på kjent treposisjon, DBH og data om hogstmaskinen. Algoritmen benytter distanseavhengige konkurranseindekser til å luke ut de største konkurrentene til et gitt antall fremtidstrær. Videre vil den foreta en ren lavtynning til ønsket målgrunnflate om dette er nødvendig. Den arbeider ut fra prinsippet om at hogstmaskinføreren ikke har informasjon om hele skogen, men kun et arbeidsområde innenfor kranens rekkevidde foran maskinen. Den velger da ut fremtidstrær og trær

som skal tynnes innenfor et arbeidsområde, før den flytter maskinen en gitt avstand og den begynner arbeidet med neste arbeidsområde. Den behandler også områdene på hver side av stikkveien uavhengig, og vil derfor kunne kjøres på prøveflater med stikkveiene i kanten. I motsetning til hogstmaskinføreren har algoritmen ingen oversikt over kvalitet på enkeltreet, og tar heller ikke direkte hensyn til trær rett utenfor kranens arbeidsområde slike en hogstmaskinfører kan. I Figur 1 vises programmet ThinningSelector, med informasjon om simuleringen som er kjørt til venstre og et visuelt bilde av flaten programmet er benyttet på i senter.



Figur 1: Eksempelbilde på hvordan ThinningSelector vil se ut under kjøring.

Algoritmen ble av Fredriksson(2010) testet på furudominerte prøveflater på 250m² som i utgangspunktet var samlet inn med en annen hensikt. Alderen på skogen var fra 25 til 72 år. Det manglet informasjon om stikkveiplassering, og algoritmen ble testet med ulike stikkveiplasseringer innenfor det området man hadde tilgjengelig i hver prøveflate. Som mål på hvor nær den simulerte tynningen var den reelle tynningen benyttet Fredriksson(2010) andel i % av de tynnete trær i simuleringen som også var tynnet i realiteten. En simulering ble kun vurdert om grunnflaten etter simulert tynning var innenfor +/- 5 % av grunnflaten etter reell tynning. I tillegg ble simuleringer med grunnflate innenfor +/-10 % av reell tynning presentert om disse hadde bedre resultat. I gjennomsnitt av alle simuleringer var 84,3 % av de tynnete trær også tynnet i simuleringene, med grunnflaten var innenfor et avvik på 5 %. Beste resultatet var en simulering med 96,2 % av de reelt tynnete trær også tynnet i simulering. Noe av begrunnelsen på hvorfor ingen simuleringer nådde 100 % var at dataene benyttet til testing ikke hadde tilgjengelig informasjon om stikkveiplassering gjennom terrenget. Fredriksson(2010) viser også i sine resultater at det er sammenheng mellom resulterende grunnflate og andel reelt tynnete trær som også er tynnet i simulering. Dette henger sammen med at jo flere trær som tynnes bort i simuleringen, jo større sannsynlighet for at man treffer de trær som var tynnet i realiteten. Fredriksson (2010) konkluderer også med at det er

tilstrekkelig å variere antall fremtidstrær mellom simuleringene for å oppnå tilfredsstillende resultat av simuleringene. Parallelt med utvikling av algoritmen er det også gjennomført tester med annet utstyr med mål om å på sikt kunne utvikle et system for å kunne støtte hogstmaskinføreren under tynningsprosessen. Det er samtidig med denne studien gjort tester med laserscanner for å se hvordan den klarer å plassere trær og måle størrelse på disse i felt.

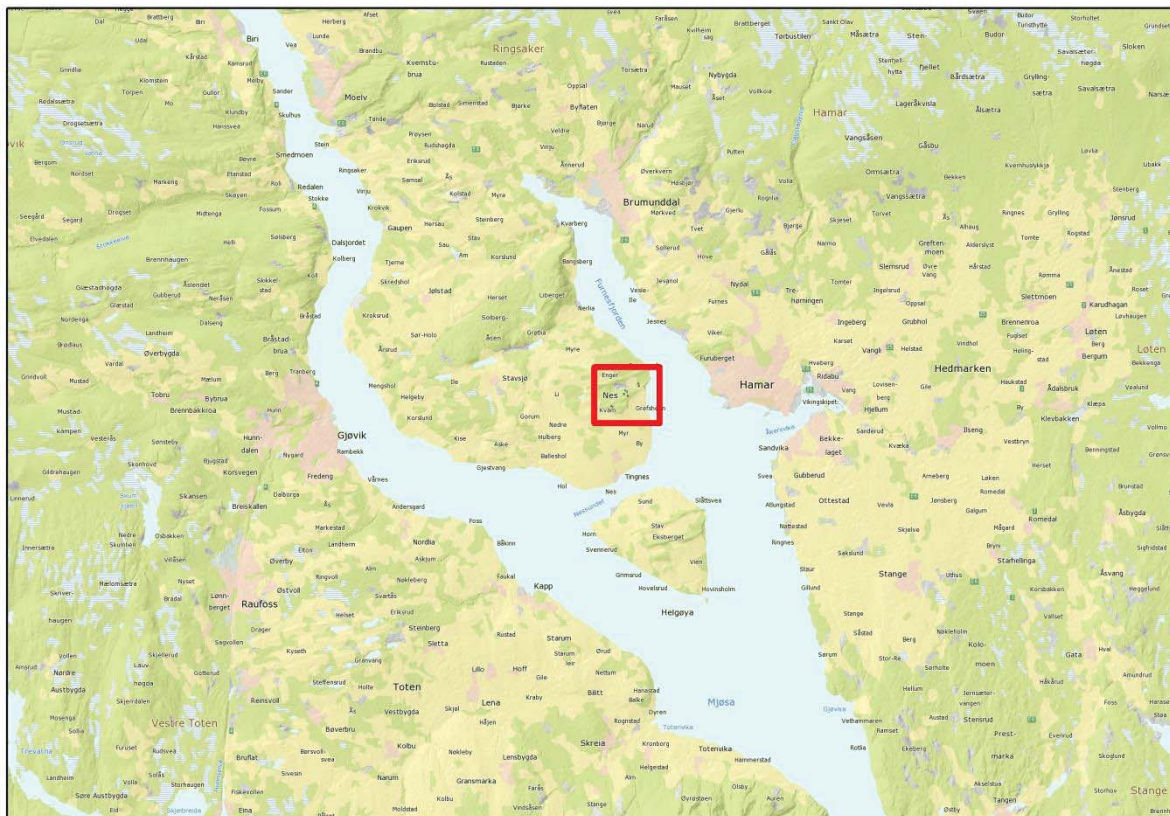
3.3 Målet med studien

Målet med denne studien var å samle inn data på større prøveflater med kjente stikkveier for så å se i hvor stor grad algoritmen var i stand til å simulere den reelle tynningen utført på disse, og om den derfor kan benyttes som del av et system for å hjelpe hogstmaskinfører å ta avgjørelser i en tynningsprosess. Videre var det et mål å se på effekten av størrelse på prøveflate på resultatene. Ved å ha kjente stikkveier kunne det fokuseres på algoritmens evne til å simulere tynning i områdene mellom stikkveier. Det ble også benyttet grandominert skog for å teste algoritmens effekt i flere skogtyper. Resultatene fra disse testene kunne da om nødvendig bli benyttet til utbedringer i algoritmen.

4. Materialer og metoder

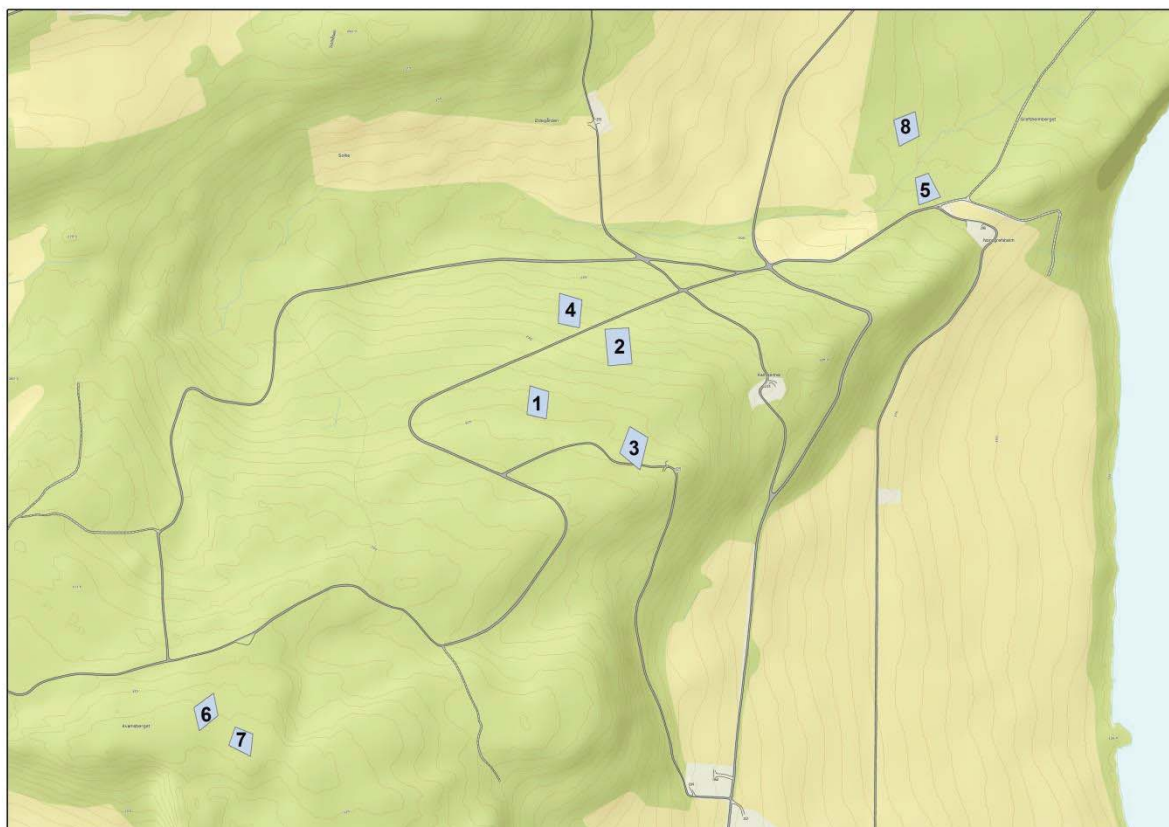
4.1 Områdebeskrivelse

Algoritmen ble testet på materiale innsamlet fra 5 bestand på Nes i Ringsaker kommune, Hedmark fylke. Datainnsamlingen ble foretatt i juli 2014. 8 prøveflater ble etablert der det ble målt opp 40 m langs en stikkvei, med rett vinkel ut til den neste parallelle stikkvei til begge sider. Bredden på prøveflatene fulgte midten av disse parallelle stikkveiene og er derfor varierende. Prøveflatene ble forsøkt anlagt med mest mulig homogene forhold innad, det vil si romlig fordeling og treslagsfordeling, i hver prøveflate, men likevel med variasjoner mellom prøveflatene. Flatene er derfor ikke fullstendig tilfeldig plassert. Figur 2 viser hvor området med prøveflatene er plassert i forhold til Mjøsa og omegn, og i Figur 3 vises hvordan flatene er plassert i forhold til hverandre.



Figur 2: Kart over Mjøsregionen og flatenes plassering i denne.

Flate 1-4 er plassert samme lise, nordlig vendt helning. I hele lisen finnes gjenstående trær fra tidligere omløp, hovedsakelig spredt furu og lerk. Disse flatene, sammen med flate 5 og 8 er plantet på tidligere beitemark. Flate 6 og 7 ligger på toppen av lisen i flater og noe tørrere område. Flate 5 og 8 er plassert på flaten nedenfor lisen, på hver sin side av en bekk.



Figur 3: Flatenes plassering i terrenget

På hver prøveflate ble hjørnene merket opp, og en teodolitt ble plassert på trefot på et punkt med oversikt over hele flaten. Retning nord fra teodolitten ble målt med vanlig kompass og markert med pinne i terrenget, som videre ble benyttet som retning 0 på teodolitten. Alle stående trær på prøveflaten ble nummerert og vinkel til disse og alle stubber ble målt med teodolitten. I tillegg ble horisontal avstand fra teodolitten til alle trær og stubber målt ved hjelp av Vertex IV som måler avstand ved hjelp av ultralyd. Diameter i 1,3 m høyde (DBH) ble målt på alle stående trær ved hjelp av diametermålebånd, og stubbediameter ble målt på hvert 4. tre ved hjelp av klave med klaveretning mot senter av flata. Stubbediameter ble målt på alle stubbene, også med klave med klaveretning mot senter av flata. I september samme år ble høyder målt på 5 trær blant de 25% største trær på hver prøveflate, 5 trær blant de 25 % nest største osv. ved hjelp av Vertex IV. I tillegg ble bestandsalder bedømt fra årringtellingene fra 4-5 tilfeldig utplukkede stubber på hver prøveflate.

Totalt ble 2262 trær og 1574 stubber målt og benyttet videre i analysene. Tabell 1 viser beskrivelser av flatene før og etter tynning. G er flatens grunnflate/ha, G gran, G annet bar og G lauv er andelen av grunnflaten som består av hhv. gran, andre bartrær og lauvtrær. Dg er grunnflatemiddeldiameter.

Tabell 1: Beskrivelse av flatene før og etter tynning.

Flate#	1	2	3	4	6	7	5	8
Areal (m²)	1575	1713	1404	1552	1656	1765	1300	1560
Treantall før tynning (N/ha)	2159	3047	2621	3705	2530	2714	3623	4244
G før tynning (m²/ha)	29.63	31.72	27.30	32.27	30.31	31.05	21.63	33.19
G gran før tynning (%)	67.92	75.83	88.18	63.09	82.09	78.29	80.38	81.11
G annet bar før tynning (%)	14.57	8.47	10.17	8.19	14.54	21.17	0.14	0.00
G lauv før tynning (%)	17.78	15.83	1.83	28.55	3.39	0.55	19.56	18.93
Dg før tynning (cm)	13.22	11.51	11.52	10.53	12.35	12.07	8.72	9.98
treantall etter tynning (N/ha)	756	1214	1068	1327	1159	1456	1354	1705
G_etter tynning (m²/ha)	15.52	16.51	16.01	17.87	18.25	19.73	11.20	17.15
G gran etter tynning (%)	85.52	86.60	88.08	76.81	82.04	75.51	98.90	94.58
G annet bar etter tynning (%)	13.91	12.02	10.68	6.49	17.86	24.40	0.00	0.00
G lauv etter tynning (%)	0.41	1.41	1.33	16.59	0.00	0.00	1.37	5.61
Dg etter tynning (cm)	16.17	13.16	13.81	13.09	14.16	13.14	10.26	11.32

4.2 Databehandling

Polarkoordinatene fra feltarbeidet ble rotert ved å legge til et likt antall gon (α) på alle observasjoner i en prøveflate til den ene kortsiden var parallell med x-aksen og stikkveiene mest mulig parallelle med y-aksen. Deretter ble polarkoordinatene konvertert til carthesiske koordinater. Dette ble gjort fordi ThinningSelector regner flaten som et rektangel basert på maksimal x- og y-koordinat gitt i *.par* filen, og en skråstilt flate vil gi store tomme felter i hjørnene. I tillegg legges arbeidssonene algoritmen jobber etter parallelt med x aksen, og det er derfor en fordel å få stikkveiene i størst mulig grad vinkelrett på denne for at arbeidssonene skal ligge vinkelrett ut til sidene fra stikkveisretningen. Siden ThinningSelector ikke aksepterer negative koordinater ble alle observasjoner flyttet til første kvadrant ved å legge til lengste negative avstand (b og c) fra aksene i datasettet for hver prøveflate til hhv x og y koordinatene. Dette gav følgende formler for koordinatkonvertering:

$$X = (Avstand(m) * \sin\left(\frac{(Retning(gon) + a)}{400} * 2\pi\right) + b$$

$$Y = (Avstand(m) * \cos\left(\frac{(Retning(gon) + a)}{400} * 2\pi\right) + c$$

De trærne der det var målt både DBH og Diameter stubbehøyde (DSH) ble benyttet til å finne en regresjonsanalyse for å finne DBH basert på DSH. JMP Pro 10 ble benyttet til regresjonsanalysene. Sammenhengen var nær lineær, men en svak «s-form» på residualer førte til at en kubisk regresjon ble benyttet. En regresjon basert på alle prøvetrær samlet ga en underestimering av DBH for bjørk når residualene ble plottet. Da det var tilstrekkelig antall prøvetrær av bjørk ble det derfor utviklet en egen modell for bjørk og en for resten av treslagene observert. Ved plotting av residualer på modellen for alle treslag uten bjørk var det ingen tydelige systematiske feil for de ulike treslag. Residualer for hver prøveflate ble også regnet ut, og modellen gir noe underestimering av DBH på flate 3 (Figur 4) og noe overestimering på flate 5 (Figur 5), ellers ingen tydelige skjevheter. Flate 5 var den yngste flaten, med klart lavest overhøyde, noe som kan forklare hvorfor modellen passer dårligere i denne flaten. Flate 3 hadde en mer spredt og ujevn romlig fordeling, enn de andre flatene, som kan ha påvirket veksten på denne flaten.

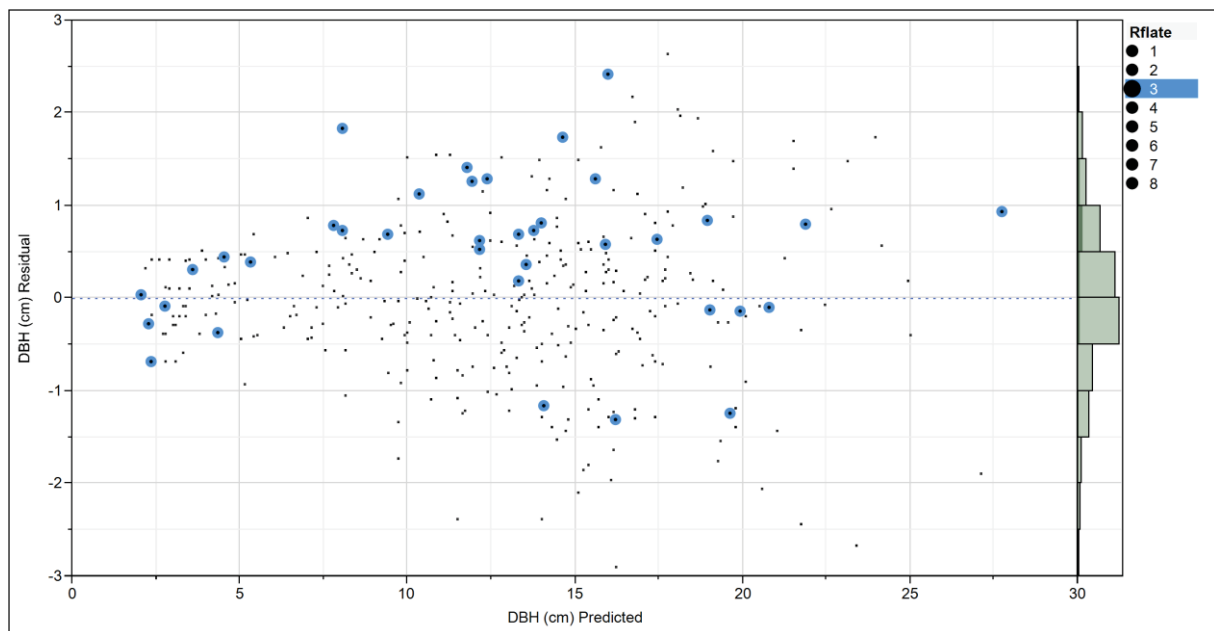
Disse to modellene ble videre benyttet til å estimere DBH før tynning fra stubbene som var målt:

Alle treslag unntatt bjørk:

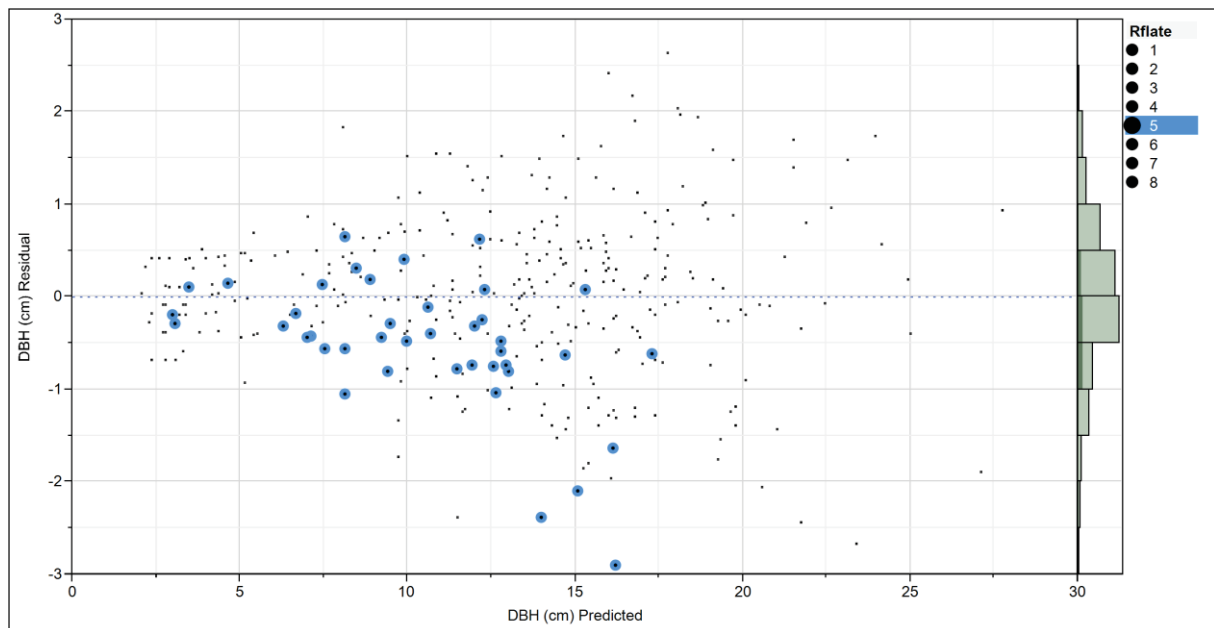
$$DBH(cm) = 1,470 + 0,7596 * DSH(cm) - 0,004908 * (DSH(cm) - 14,76)^2 + 0,0003612 * (DSH(cm) - 14,76)^3$$

Bjørk:

$$DBH(cm) = 0,2893 + 0,7681 * DSH(cm) - 0,003180 * (DSH(cm) - 11,64)^2 + 0,0003756 * (DSH(cm) - 11,64)^3$$



Figur 4: Residualplot for alle treslag unntatt bjørk. Residualer for flate 3 uthøvet med blått.



Figur 5: Residualplott for alle treslag unntatt bjørk. Residualer for flate 5 uthevet med blått.

Det må bemerkes at en vekstsesong hadde gått fra tynningstidspunkt til måletidspunkt. Dette betyr at regresjonen for stubbene fra vinteren 2014 ble laget på DBH – DSH sammenhengen fra sommeren 2014. I praksis betyr dette at de gjenstående trærne er noe større enn de var ved tynningstidspunktet. Denne tilveksten er vesentlig mindre enn variasjonen rundt DBH estimatene og ville heller ikke vært tydelig merkbar for maskinfører og vil derfor ikke ha noen større betydning for resultatet.

For å finne grunnflate før og etter tynning måtte arealet av prøveflatene finnes, og da metoden ved datainnsamling fulgte stikkveier fikk det ikke rektangulær form. Alle registreringer for hver flate ble derfor plottet ved hjelp av ArcGIS ArcMap 10.2.2. Posisjonene til de ytterste trær og stubber ble deretter benyttet til å tegne et polygon som dekket prøveflaten (vist i Figur 6 og Figur 7) , og programmet regnet da ut arealet av dette polygonet som ble benyttet som arealet av prøveflaten. Ved hjelp av stubbene og de nærmeste gjenstående trær ble senter av de ytre stikkveier estimert da dette var ytterkant av to sider av prøveflaten. DBH av stående trær, samt estimert DBH basert på DSH av stubbene ble deretter benyttet til å regne ut grunnflate før og etter tynning. ArcMap ble også benyttet til å finne koordinater for knekkpunkter i stikkveiene for å gi en forenklet versjon av hogstmaskinens kjørerute. Dette ble gjort med skjønn ved å plassere senter av stikkveien så nær senter som mulig av den reelle stikkveien vurdert ved hjelp av båndet av stubber som var vurdert tatt ut til stikkveien under datainnsamlingen. I praksis er det vanskelig å vite nøyaktig hvilke trær som ble tatt ut fordi de var i veien og hvilke som ble tatt ut i tynningsøyemed så dette ble i felt vurdert ut fra senter på den synlige stikkveien og 2 m ut til hver side.

Bonitering ble gjort med gjennomsnittlig alder fra stubbetellingene, og gjennomsnittlig overhøyde fra de 5 høyeste trær målt på prøveflaten. Landsskogstakseringens feltinstruks (2008) tabell 3, vedlegg A sier for G20 at det tar 10 år til treet når brysthøydealder. Det forutsettes i denne beregningen at det tar 4 år til alder i stubbehøyde, som betyr at differansen fra stubbehøyde til brysthøyde blir 6 år. Bonitering er gjort etter Tveite (1977).

Tabell 2: Overhøyde, aldersestimering og bonitet på flatene.

Flate#	1	2	3	4	6	7	5	8
Overhøyde (m)	16.68	15.76	15.02	16.3	15.6	14.8	11.36	13.34
Alder, stubbe	27	29	29	29	29	29	19	20
Est. Alder, brysthøyde.	21	23	23	23	23	23	13	14
Bonitet H40, gran	26.1	22.6	22.6	24.1	22.6	21.1	27.6	30.6

Det er høye boniteter på noen av flatene, noe av det kan forklares med at flate 1-5 og 8 er plassert på gammel beitemark.

4.3 Simuleringer i Thinning Selector

Ved bruk av ThinningSelector benyttes en *.t/s* fil. Denne inneholder en treliste med følgende informasjon om flatens trær og eller stubber: Trenummer, Status, Treslag, koordinater for posisjon (carthesiske) og diameter i brysthøyde (DBH). I tillegg behøver man en *.par* fil, som inneholder alle parametre man kan benytte til å styre algoritmens fremgangsmåte under simuleringen (se Vedlegg 1: Parameterfil). Denne inneholder blant annet ønsket målgrunnflate, antall ønskede fremtidstrær, stikkvei-bredde, hogstmaskinens rekkevidde og avstand mellom stoppunkter. Den inneholder også parametre for å beskrive prøveflatens størrelse, hvordan stikkveiene skal legges og muligheten til å kjøre flere simuleringer etter hverandre

Før analysearbeidet startet ble enkelte modifikasjoner utført på programmet. Det ble lagt til en ny parameterfil med betegnelsen *.str*, hvor man ved kjent stikkvei kan legge inn knekkpunkter for stikkveien og få algoritmen til å følge hogstmaskinførers faktiske kjørerute gjennom prøveflaten. En parameter i *.par* filen bestemmer om programmet skal benytte forhåndsbestemt stikkvei fra *.str* filen eller ikke.

I tillegg ble to nye resultatparametre lagt til, som forteller hvor stor prosentandel av treantall (N) og grunnflate (G) før tynning som er korrekt klassifisert etter simuleringen. Med korrekt klassifisert menes at treet blir satt til tynnet, tynnet for stikkvei eller ikke tynnet av algoritmen, og dette blir sammenlignet med statusfeltet i trelisten som beskriver hva som var utført i den reelle tynningen.

Programmet regner også ut grunnflate etter utført tynning, men benytter da hele rektangelet oppgitt i parameterfilen som areal. Da prøveflatene ikke er strengt rektangulære vil dette arealet avvike fra det reelle arealet målgrunnflaten er satt ut i fra, så en ny grunnflate basert på arealet ThinningSelector benytter ble regnet ut for å sammenligne de simulerte resultatene med den reelle grunnflaten.

Tabell 3: Areal og grunnflate benyttet i ThinningSelector.

Flate#	1	2	3	4	6	7	5	8
Areal TS (m ²)	2060	1863	1508	1695	1841	1851	1462	1752
Grunnflate TS (m ² /ha)	11.86	15.18	14.91	16.36	16.42	18.82	9.96	15.27

For å bedømme kvaliteten på en simulering ble også diameterfordelingen etter simulert tynning vurdert mot diameterfordelingen i den reelle tynningen. Dette ble gjort ved at det ble programmert i ThinningSelector en resultatparameter som viser variasjonskoeffisienten (CV) mellom de to diameterfordelingene (VarDBHford). Denne blir funnet ved at programmet først for både simulert og reell tynning fordeler 99-percentilen av DBH til de gjestående trær i 20 like store diameterklasser. 99-percentilen ble benyttet fordi enkelte flater hadde gjestående trær fra forrige omløp med mye større DBH enn resten av trærne, som ga en rekke tomme klasser og gjorde klassebredden større. For alle flater bortsett fra flate 5 resulterte dette i klasser på 2 cm. Videre blir antallet trær i hver klasse både for simulert og reell tynning regnet om til prosent av totalen, og kvadratet av differansen mellom treantallene regnet ut. Deretter blir RMSE, kvadratrotten av summen av disse differansene, og den gjennomsnittlige frekvensen regnet ut. VarDBHford er da hvilken prosentandel av den gjennomsnittlige frekvensen RMSE utgjør.

VarDBHford benyttes for å sammenligne ulike simulasjoner innenfor samme flate med samme parametre og gir sammen med grunnflate og andel av grunnflaten som er korrekt klassifisert et bilde på hvor nær en simulering er til den reelle tynningen.

For å gi best mulig utgangspunkt til å etterligne den reelle tynningen er det viktig å finne den beste kombinasjonen av justerbare parametre som input. To parametre som i stor grad påvirker resultatet er ønsket antall fremtidstrær og ønsket målgrunnflate. Settes ønsket antall fremtidstrær lik 0, eller til et veldig høyt tall vil simuleringen i hovedsak foreta en ren lavtynning. Ved fremtidstrær satt til 0 vil den tynne fra de laveste diametre og opp til ønsket målgrunnflate. Ved å sette et antall fremtidstrær vil den ta vare på større trær, men her vil tynning på nærmeste konkurrent også foretas, noe som fører til at det unngås trær tett opp til de større trær algoritmen velger som fremtidsre.

Størrelsen på arbeidssonene bestemmes i bredden av en parameter som vil tilsvare hvor langt fra stikkveien hogstmaskinen får tak i trær. Denne ble satt til 10,8 m siden det ved bruk av bredde 10 m oppsto områder mellom stikkveiene som ikke var dekket av arbeidssoner som man i kartene kunne se at var tynnet i realiteten (se Figur 6 og Figur 7). Ved en reell tynning vil hogstmaskinføreren ha mulighet til å flytte maskinen noe inn i terrenget for å nå trær lengre unna stikkveien, og dette kompenseres for i algoritmen med en økning i kranarmens rekkevidde. I lengderetning bestemmes arbeidssonens størrelse av avstanden mellom 2 stopp, samt en gitt avstand bak stoppunktet. Avstanden mellom stoppunktene var satt til 3,68 m da Ovaskainen et al. (2004) sin tynningsstudie fra Finland fant at dette var middellavstand mellom stopp under tynningsprosessen. Avstanden bakover fra stoppunktet inkludert i arbeidssonen ble satt til 1 m siden Ovaskainen et al. (2006) i sin studie fant at dette var en vanlig avstand for hogstmaskinen å plukke trær bak seg. Dette fører også til en viss overlapp mellom arbeidssonene, der en arbeidssone overlapper den forrige arbeidssonen med 1 m.

Flate 2 ble plukket for de initielle analysene, da denne ut i fra kartene i Figur 6 og Figur 7 visuelt ble vurdert som mest homogen med tanke på treslagsfordeling og romlig fordeling etter tynning. Dette ble gjort for å benytte en «best-case scenario» for oppsett av algoritmen. Simuleringene ble kjørt i serier på 200, først 100 i en kjøreretning, og deretter 100 i den andre kjøreretningen. Hver simulering flyttet startpunktet for hogstmaskinen 3,68 cm langs stikkveien (lengden mellom stoppunkter delt på antall simuleringer i hver retning).

Resultatfilen algoritmen produserer inneholder flere ulike måter å vurdere i hvor stor grad en simulering ligner den reelle tynningen. I tillegg til VarDBHford benyttes prosentandel av grunnflaten som er korrekt klassifisert, heretter kalt treff%, da denne tar større hensyn til de større trær enn de små. De større trær vil med større sannsynlighet være de dominerende trær gjennom omløpet, og bør derfor tillegges større betydning i vurderingen av algoritmen enn små trær som står igjen som utfyllningstrær eller fordi de ikke er i veien for et dominerende tre.

For alle flater blir simuleringer med 0, 1000 og 1200 fremtidstrær utført, for å simulere lavtynning på litt ulike måter. Gran er satt som hovedtreslag. I tillegg blir det for enkelte flater kjørt simuleringer med 1400 fremtidstrær. På flate 4 og 7 var det satt igjen en del større trær av hhv bjørk og furu. På disse ble det derfor i tillegg til overnevnte simulasjonsserier kjørt en serie med fritt treslag av fremtidstre. Dette ble gjort med det antall fremtidstrær > 0 som hadde høyest treff% i gjennomsnitt. For hver simuleringsserie ble alle simuleringer som klassifiserte alle trær likt med en annen simulering fjernet, noe som ga en liste over unike simuleringer på hver flate og med hvert antall fremtidstrær. En grunnflate nær opp mot den reelle tynningen ble satt som et krav, og grunnflatekravet ble satt til 2 % variasjon rundt grunnflaten etter den reelle tynningen. Det ble satt et strengere grunnflatekrav enn Fredriksson (2010) og ved å sette et strengt grunnflatekrav kunne alle simuleringer på en flate innenfor grunnflatekravet vurderes opp mot hverandre uten å ta videre hensyn til hvilken simulering som hadde grunnflate tettest opp mot den reelle.

For flate 1 – 3 vises også resultater fra simuleringsserier med 0-1000 fremtidstrær. Disse var årsaken til at de videre analysene ble foretatt uten disse simuleringsseriene da treff% i disse er lavere enn de laveste og høyeste antall fremtidstrær. Dette stemmer overens med det som ble funnet av Fredriksson (2010) og tyder på at det er en lavtynning som er utført.

ThinningSelector ble kjørt med målgrunnflate som var tilpasset hver prøveflate og det aktuelle antall fremtidstrær i simulasjonsserien. For å finne denne ble først den aktuelle grunnflaten etter tynning for flaten (Tabell 1) benyttet i en simulasjonsserie med et gitt antall fremtidstrær. Om antall unike simuleringer innenfor grunnflatekravet var færre enn 10 ble målgrunnflaten justert med differansen mellom gjennomsnittet av de resultatgrunnflatene simuleringen gav og den ønskede grunnflaten. Dette ble om nødvendig gjentatt til simulasjonsserien gav minst 10 unike simuleringer innenfor grunnflatekravet. For påfølgende simulasjonsserier med annet antall fremtidstrær ble det først forsøkt med målgrunnflaten fra forrige simulasjonsserie, og deretter ble om nødvendig prosessen over gjentatt.

Oppsummeringstabellen i Tabell 6 viser gjennomsnittlig treff% blant de 10 % simuleringer innenfor grunnflatekravet med høyest treff% i den simuleringsserien for hver flate som vurderes til å treffe best opp mot den reelle tynningen. Årsaken til at 10 ble valgt som minimum antall unike simuleringer innenfor grunnflatekravet var at dette gir én eller flere innenfor 10 %. Videre i samme tabell vises den totale treff% for hele flaten inkludert stikkvei. Denne forutsetter at alle trær som i feltarbeidet ble vurdert til å være tatt ut i forbindelse med stikkveien er vurdert korrekt, og at treff% i stikkveien dermed er 100 %. Videre blir stikkveisandelen av den opprinnelige grunnflaten, vist i Tabell 5, sammen med topp 10% gjennomsnittlig treff% for flaten benyttet til å finne total treff%.

Antall fremtidstrær/ha og inkremitter

Årsaken til å benytte inkremitter på 200 fremtidstrær mellom simulasjonsrundene er som følger. Arbeidssonen til hogstmaskinen er på 10,8 m x 4,68 m, som gir et areal på 50,54 m². Dette gir 197,86 arbeidssoner/ha og ett tre i hver arbeidssone gir derfor 200 trær/ha i ThinningSelector da denne runder av til nærmeste heltall. En økning fra 1000 -1200 fremtidstrær/ha betyr en økning fra 5 – 6 fremtidstrær pr arbeidssone. Fremtidstrær velges etter visse kriterier. Det velges kun blant den valgte arten for fremtidstrær, i disse simulasjoner er dette oftest gran. I tillegg velges kun trær over 50 % percentilen av DBH. Minimum avstand mellom fremtidstrær bestemmes av kvadratisk avstand mellom trærne ganget med en faktor som i algoritmen er satt til 0,55. Med 5 fremtidstrær i arbeidssonen beskrevet over vil treavstanden være gjennomsnittlig 3,18 m. Med en faktor på 0,55 betyr dette at minimum avstand mellom to fremtidstrær er 1,75 m.

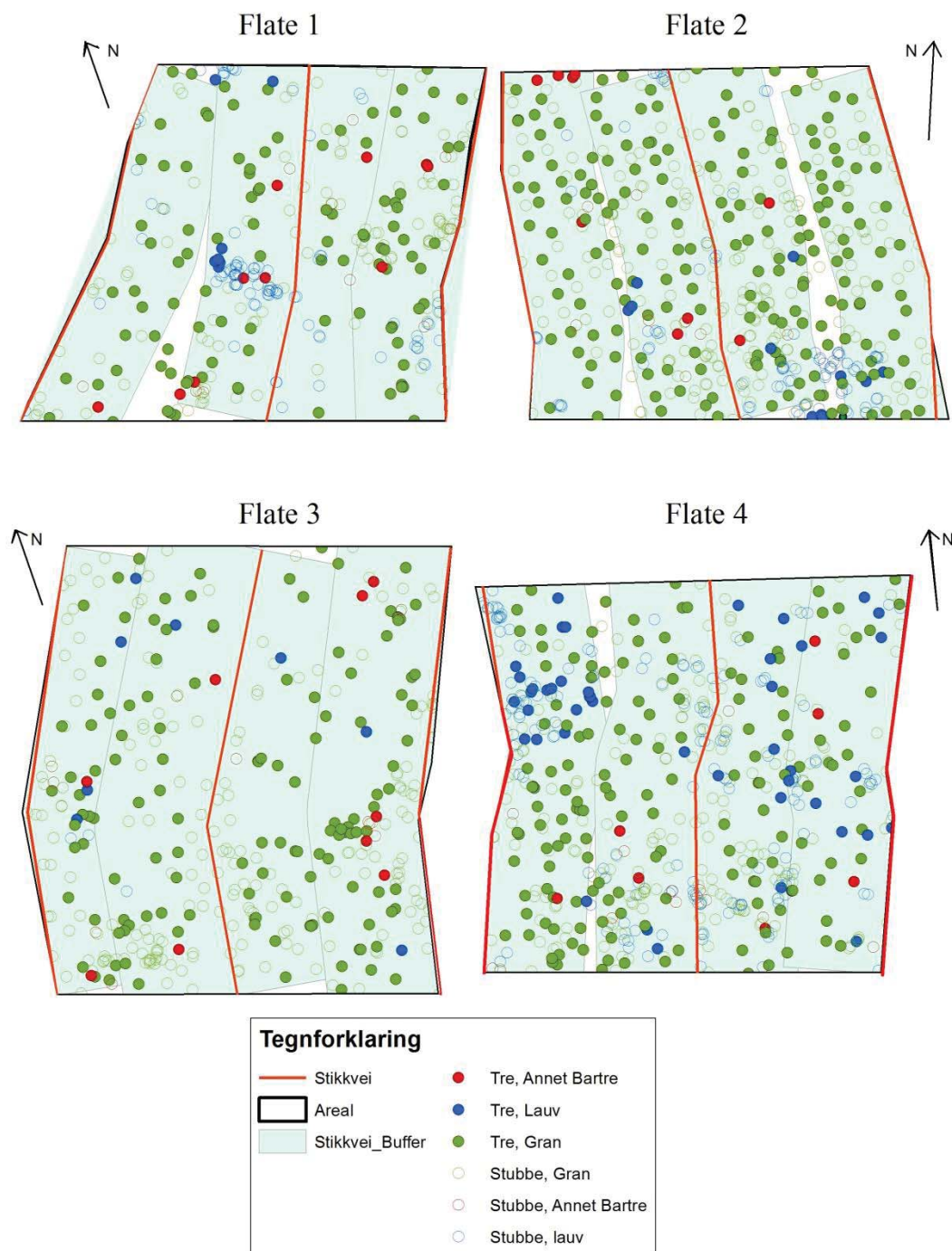
4.4 Simuleringer med mindre areal

Det var av interesse å se på effekten av flatestørrelse på algoritmens evne til å simulere den reelle tynningen. Det ble derfor i flate 2 valgt ut mindre områder for å sammenligne med den større flaten. Dette ble gjort ved å benytte den midtre stikkvei i flaten og manuelt plukke ut trær innenfor en bredde av ca. 10 m fra senter av stikkveien på begge sider i en lengde som gav ca. 250m² totalareal. Dette arealet tilsvarer det benyttet av Fredriksson(2010). De resulterende flatene er vist i Figur 16, Figur 17 og Figur 18. Det er noe usikkerhet knyttet til arealets størrelse siden utvelgelsen foregikk manuelt, men grunnet ThinningSelectors måte å beregne areal og grunnflate har dette ingen betydning for selve analysene. Utsnitt 3 ble ca. 270 m² da resten av stikkveislengden ble utnyttet.

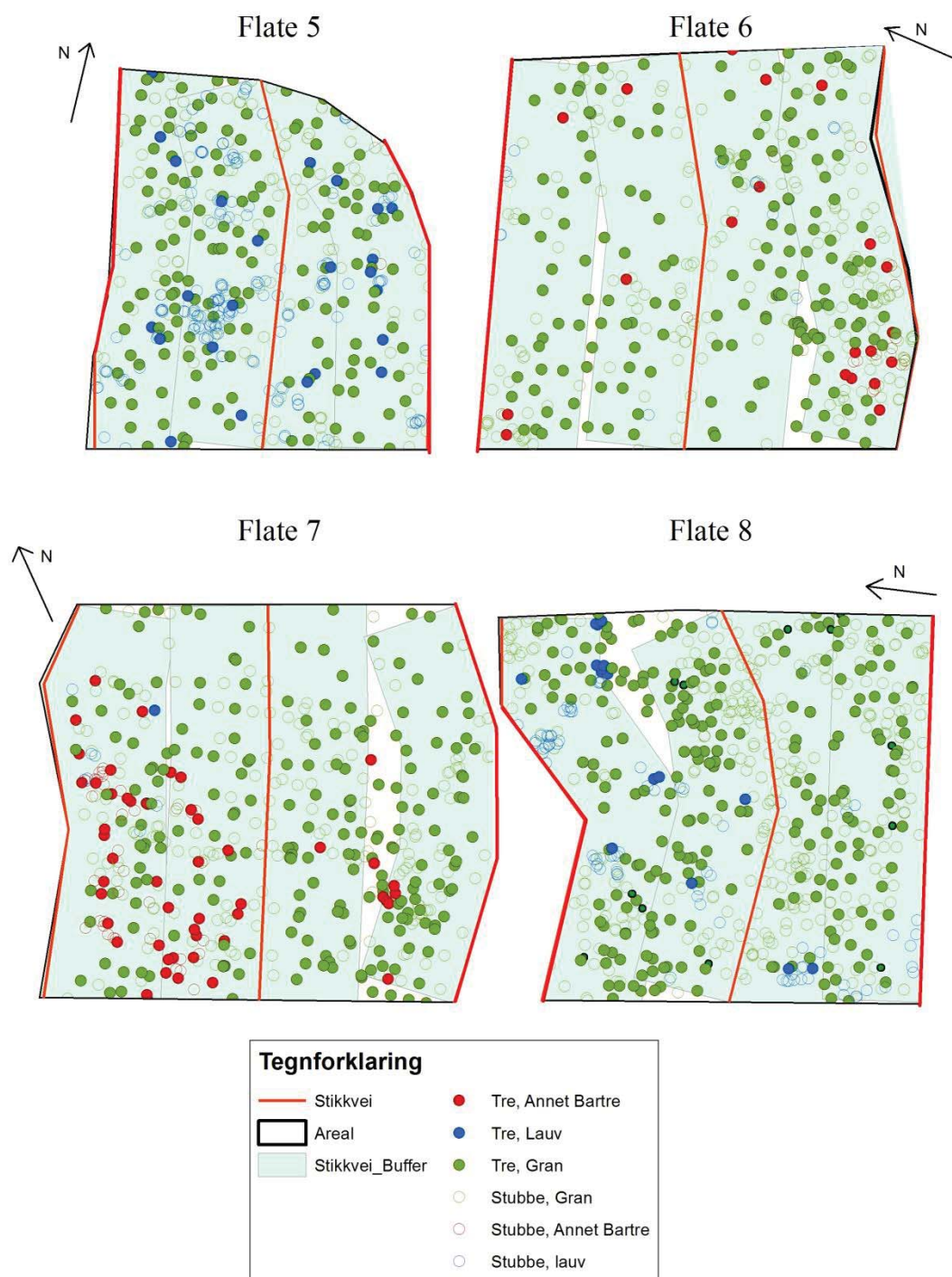
4.5 Simuleringer uten de minste diameterklasser

Da de første analyser var utført ble det tydelig at det for de fleste flater var stor forskjell på simulerte og reelle tynninger i de minste diameterklasser (eks. Figur 10 og Figur 13). Det var derfor av interesse å se i hvor stor grad dette påvirket VarDBHford og treff%. I vår datainnsamling ble 20 mm benyttet som nedre DBH begrensning for trær som skulle registreres. Det er vanlig, blant annet i landsskogtakseringen (Landsskogtakseringens feltinstruks 2008), å benytte 50 mm som nedre begrensning. På en flate ble derfor alle trær og stubber under 50 mm fjernet fra trelisten før analysene ble kjørt på ny.

5. Resultater



Figur 6: Kart over trær og stubbers posisjon og treslagsgruppe. Flate 1-4. Buffer viser områder innenfor 10 m fra stikkvei.



Figur 7: Kart over trær og stubbers posisjon og treslagsgruppe. Flate 5-8. Buffer viser områder innenfor 10 m fra stikkvei.

5.1 Simuleringer med ThinningSelector

Til sammen ble det utført 44 simuleringssomganger med 200 simuleringer hver fordelt på de 8 ordinære prøveflatene. Dette resulterte i 7976 unike simuleringer, med 2803 innenfor grunnflatekravet. Siden det er foretatt mange simuleringer i hver simuleringsserie er treff% og VarDBHford i Tabell 4 presentert med gjennomsnittlig tall for alle simuleringer i serien for å ta høyde for variasjoner blant simuleringene. I kap. 5.3 presenteres resultater fra de simuleringer på hver prøveflate som var nærmest den reelle tynningen. Simuleringsseriene på prøveflatene (Tabell 4) viser at innad i de ulike flater er det i større eller mindre grad variasjon i treff% og VarDBHford mellom de ulike antall fremtidstrær. I flate 3 og 8 er det en simuleringsserie som skiller seg tydelig ut med høyere treff% enn resten, mens det for flere av de resterende flatene er mindre tydelig og jevnere resultater mellom flere simuleringsserier. Det er også stor variasjon av antall unike simuleringer innenfor grunnflatekravet, men standardavviket for treff% og VarDBHford er lavt, noe som forteller at algoritmen gir omtrent like godt treff selv om startpunktet for simuleringen flyttes.

I flere av simuleringsseriene over er målgrunnflaten benyttet i algoritmen lavere enn den reelle grunnflaten etter tynning. Dette skyldes at man ved å sette et høyt antall fremtidstrær i mange tilfeller får en høyere resultatgrunnflate enn ønsket. Som eksempel på dette kan vi bruke simulering nr 26 fra simuleringene med 1200 fremtidstrær på flate 2 som er vist på Figur 10. Gjennomsnittlig grunnflate hos de valgte fremtidstrær i denne simuleringen er $0,0172 \text{ m}^2$. Om vi i en arbeidssone har 6 gjennomsnittlige trær utgjør dette en grunnflate i arbeidssonen på $20,47 \text{ m}^2/\text{ha}$. Selv om det bare finnes 5 gjennomsnittlige fremtidstrær i arbeidssonen ender grunnflaten opp høyere enn målgrunnflaten på $15,18 \text{ m}^2/\text{ha}$ (Tabell 3). Likevel har vi med et høyt antall fremtidstrær en bedre treff% enn ved et lavere antall fremtidstrær der målgrunnflaten kunne settes til den reelle grunnflaten etter tynning noe som tyder på at grunnflaten etter tynning varierer mye gjennom flaten.

VarDBHford og treff% i Tabell 4 under er basert på de simuleringene som var innenfor grunnflatekravet. For de tre første flatene ble simuleringsserier kjørt fra 0 til 1400 fremtidstrær/ha i inkremerter på 200. For alle disse flatene er det tydelig at treff% går ned ved 200-400 fremtidstrær før de stiger mot 1000 fremtidstrær. For å få simuleringer innenfor grunnflatekravet måtte målgrunnflaten på mange av disse justeres i flere omganger. Dette skyldes at ved de lavere antall fremtidstrær blir mange av de større trær på flatene definert som største konkurrent i stedet for fremtidstre, og en større del av grunnflaten blir fjernet i første del av tynningen. Dette gjør at en må tvinge en lavere lavtynningsandel i de tettere delene av flaten for å oppnå ønsket grunnflate etter tynning.

Tabell 4: Resultater fra simuleringer med ThinningSelector.

Flate	Antall fremtids-trær (N/ha)	Målgrunnflate benyttet i TS (m ² /ha)	Antall unike simuleringer	Antall innenfor 2 % grunnflate-avvik	Gjennom - snitt treff%	SD treff%	VarDBHford (%)	SD VarDBHford	Gjennom - snitt antall fremtids-trær valgt (N/ha)
1	0	17.18	172	28	65.8	1.7	31.1	4.8	0
	200	20.48	177	19	63.4	1.7	48.6	2.3	138
	400	20.48	171	66	61.0	1.8	40.0	3.9	232
	600	20.48	178	84	70.1	2.1	32.4	4.5	286
	800	15.52	165	65	74.4	1.8	32.2	2.4	351
	1000	15.52	159	87	76.6	1.5	29.9	4.5	381
	1200	15.52	148	50	78.0	1.7	33.6	4.3	396
	1400	15.52	139	44	77.9	1.5	34.2	3.9	402
2	0	16.51	195	68	59.5	2.0	26.4	5.1	0
	200	18.37	195	58	50.8	3.0	48.2	5.7	164
	400	18.37	193	87	56.1	1.8	43.0	3.9	325
	600	18.37	197	99	59.1	2.4	29.0	5.0	450
	800	16.51	195	104	62.8	1.6	18.8	3.1	569
	1000	15.5	193	76	65.1	1.1	22.8	3.5	646
	1200	13.5	184	30	68.2	1.3	36.9	2.7	695
	1400	11.66	167	75	68.3	1.4	42.9	3.1	746
3	0	19	181	28	72.2	1.3	57.1	5.4	0
	200	27.16	176	46	63.0	1.6	54.4	7.6	195
	400	27.16	171	73	63.8	2.5	52.9	4.2	328
	600	27.16	176	60	63.1	2.1	52.8	4.9	426
	800	21.2	183	30	67.0	3.3	43.5	7.4	555
	1000	17.87	180	10	66.7	1.6	57.6	3.5	626
	1200	17.87	172	134	68.5	1.9	61.1	6.3	671
	1400	15.52	160	84	67.4	1.4	61.8	6.0	709
4	0	17.87	191	18	72.2	0.9	27.7	4.0	0
	1000	19.12	193	57	74.8	1.1	32.5	6.1	612
	1200	19.12	195	99	76.1	1.2	27.3	5.1	663
	1400	19.12	193	116	75.4	1.1	26.5	4.1	693
	1200 alle treslag	19.12	196	25	76.0	1.0	18.2	4.7	809
6	0	18.25	184	62	71.9	0.8	42.8	3.1	0
	1000	18.25	175	110	69.3	1.5	39.7	4.4	531
	1200	18.25	177	76	71.1	1.4	48.2	5.9	632
7	0	22.03	190	87	72.2	0.9	51.4	5.8	0
	1000	21.15	192	43	70.7	0.9	19.9	2.4	668
	1200	21.15	194	132	69.6	1.4	44.6	7.5	749
	1000 alle treslag	21.15	191	106	72.3	1.1	27.6	8.3	760
5	0	12.47	183	12	68.6	1.1	45.3	1.1	0
	1000	11.2	188	28	77.5	2.5	38.9	4.0	721
	1200	11.2	172	86	79.2	1.9	52.7	4.0	806
	1400	10.64	162	11	78.4	1.8	57.1	6.1	839
8	0	18.61	194	63	65.5	1.6	53.6	7.0	0
	1000	18.25	194	20	68.3	1.3	32.3	8.0	639
	1200	18.25	193	115	71.4	1.8	48.3	7.9	749
	1400	18.25	192	32	74.0	0.7	54.0	4.6	835

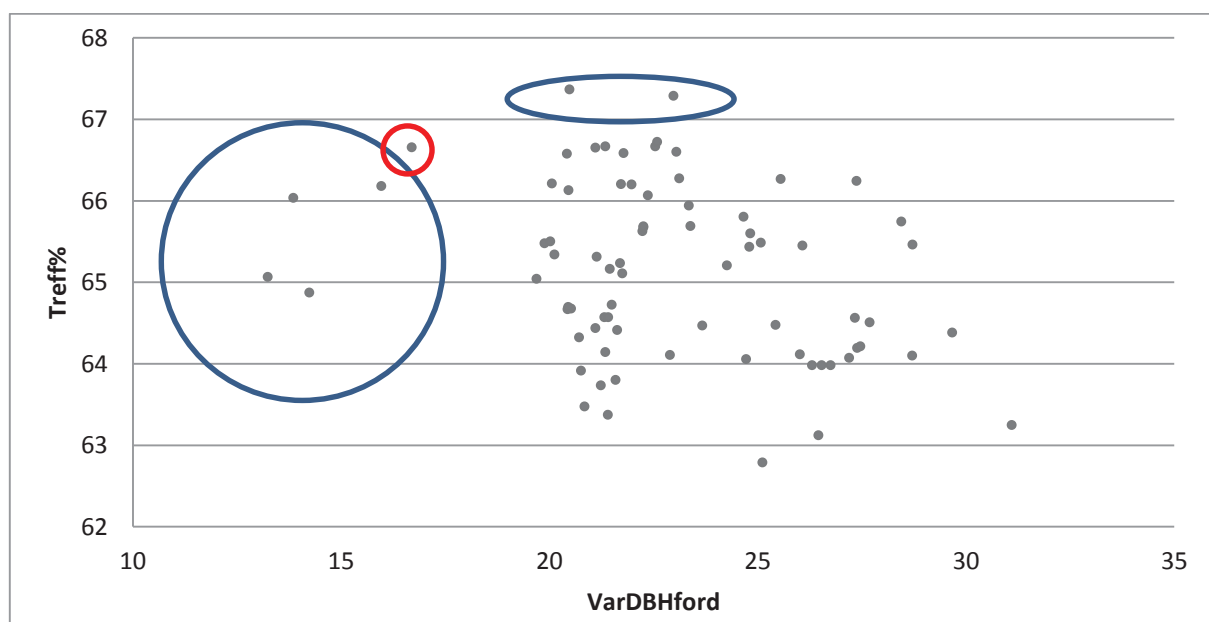
Hvilken simuleringsserie som i størst grad ligner den reelle tynningen varierer for hver flate og videre følger begrunnelse for utvelgelse av disse simuleringsserier for hver flate.

Flate 1

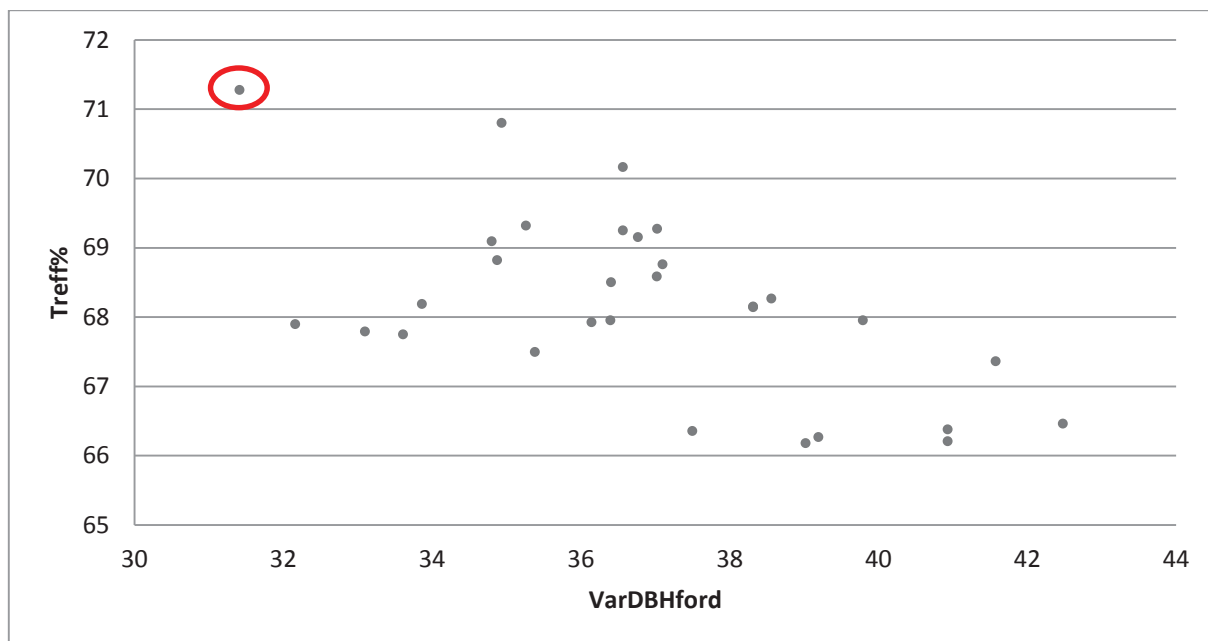
VarDBHford øker noe fra 1000 til 1200 fremtidstrær, men det gjør også treff%. Med størst fokus på de største trær gjør høyest treff% at simuleringene med 1200 fremtidstrær har størst likhet med den reelle tynningen på denne flaten.

Flate 2

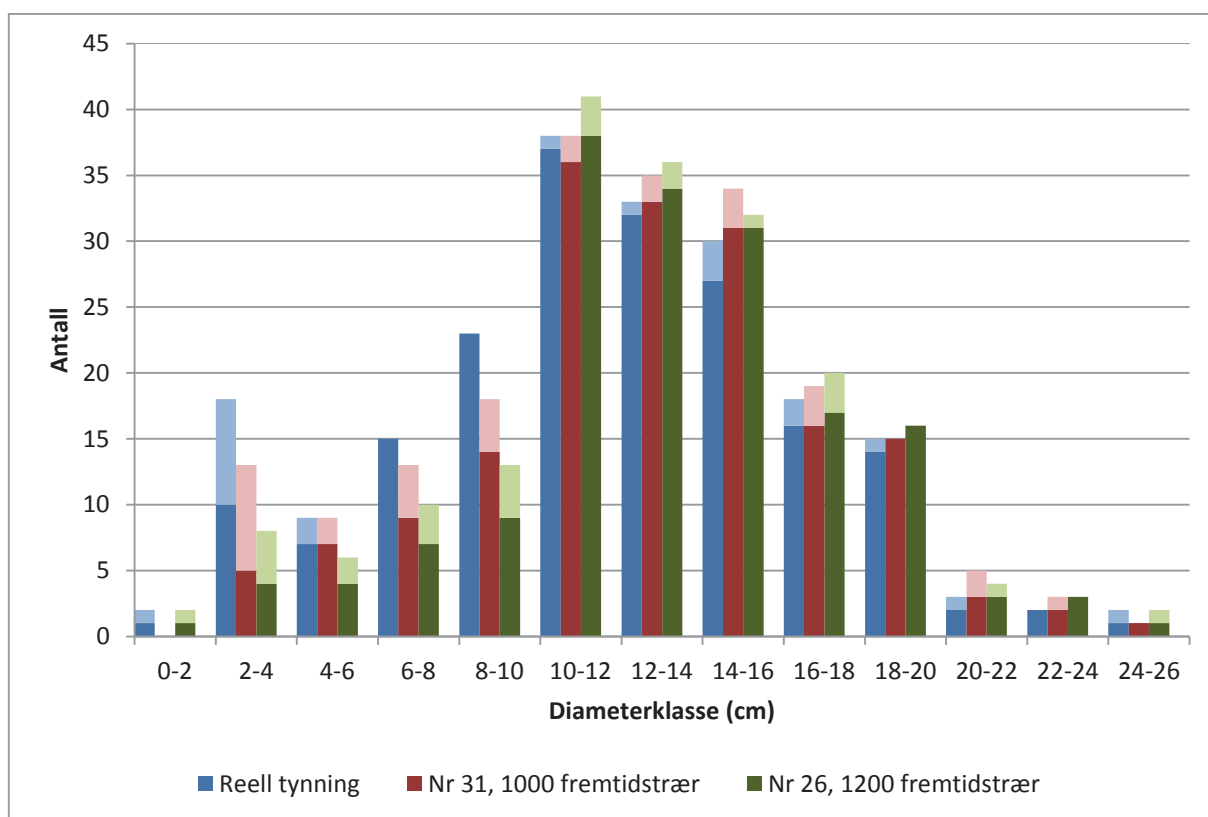
Som Tabell 4 viser så er treff% gjennomsnittlig høyest med 1200 fremtidstrær og VarDBHford er lavest ved 1000 fremtidstrær. Figur 8 og Figur 9 viser sammenheng mellom treff% og VarDBHford for de unike simuleringer innenfor grunnflatekravet for hhv 1000 og 1200 fremtidstrær. Ved å se på disse kan simuleringer der alle 3 variabler er gode plukkes ut og sammenlignes. Blant simuleringene med 1200 fremtidstrær er det en simulering som tydelig skiller seg ut (simulering nr. 26) ved å ha den laveste VarDBHford og høyeste treff%. Denne er merket med rødt i Figur 9. Blant de med 1000 fremtidstrær er det 2 grupperinger med simuleringer som skiller seg ut fra resten (se Figur 8). 5 Simuleringer skiller seg ut med lavere VarDBHford enn resten, og to simuleringer har tydelig høyere treff%. Simuleringen merket med rødt (simulering nr. 31) har best treff% blant gruppen med lavest VarDBHford. Sammenlignes diameterfordelingen til disse to simuleringer med samme kombinasjon av høy treff% og lav VarDBHford med diameterfordelingen etter den reelle tynningen (Figur 10), vises det tydelig at det er satt igjen flere trær både av gran og andre treslag i de laveste diameterklassene (mellom 2 og 10 cm DBH) i den reelle tynningen. I simuleringen med 1000 fremtidstrær er også mange av disse tilstede fortsatt, mens de i simuleringen med 1200 fremtidstrær i større grad er tatt ut siden det måtte tvinges en større andel lavtynning for å nå den ønskede målgrunnflaten. Det er viktigere å se på fordelingen av de største trær da disse utgjør en større andel av grunnflaten, og også er de trær som vil dominere skogen fremover. Sett ut fra diameterfordelingene på trær over 10 cm DBH er det større likheter mellom simulert og reell tynning ved simuleringen med 1200 fremtidstrær. Dette kombinert med en høyere treff% i simuleringer med 1200 fremtidstrær gjør at dette er det beste alternativet på denne flaten.



Figur 8: Sammenheng mellom treff% og VarDBHford ved 1000 fremtidstrær på flate 2.



Figur 9: Sammenhengen mellom treff% og VarDBHford ved 1200 fremtidstrær på flate 2.



Figur 10: Diameterfordelinger for reell tynning, simulering nr. 31 med 1000 fremtidstrær og simulering nr. 26 med 1200 fremtidstrær på flate 2. Mørke farger er gran, lyse farger er andre treslag.

Flate 3

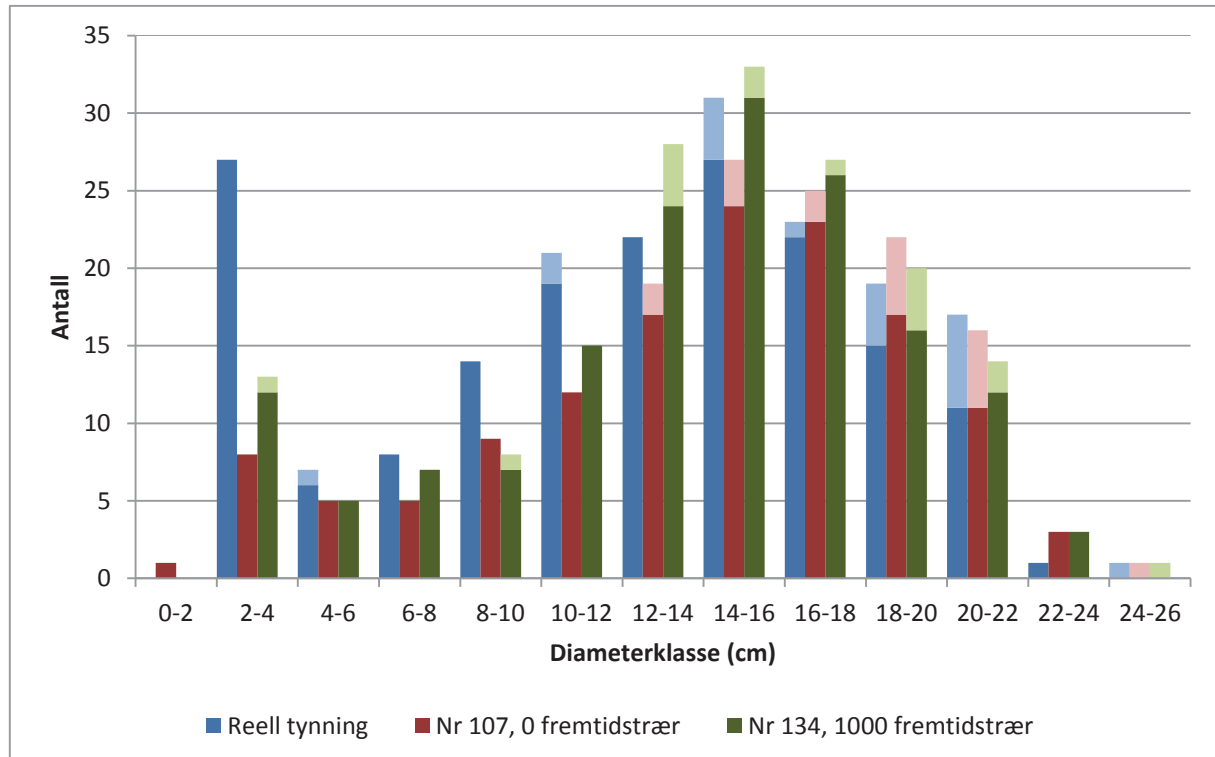
Alle simuleringsseriene hadde en høy gjennomsnittlig VarDBHford. Simuleringer med 0 fremtidstrær oppnådde høyest gjennomsnittlig treff% og dette var derfor simuleringene som ble vurdert til å ha størst likhet mot den reelle tynningen.

Flate 4

VarDBHford var synkende med antall fremtidstrær, mens treff% var høyest ved 1200 fremtidstrær. Siden denne flaten hadde et høyere antall gjensatt bjørk av større diameter ble også en simuleringsserie med 1200 fremtidstrær blant alle treslag utført. Denne fikk en marginalt lavere treff% enn simuleringene med 1200 fremtidstrær av gran, men gjennomsnittlig VarDBHford var den laveste av alle simuleringsseriene og dette kombinert med den høye treff% gjorde at dette var simuleringene med størst likhet opp mot reell tynning på flaten.

Flate 6

Høyeste treff% ble funnet ved 0 fremtidstrær, mens lavest VarDBHford ble funnet med 1000 fremtidstrær. Figur 11 under viser diameterfordelingen på flaten etter den reelle tynningen og de simuleringer med høyest treff% fra hhv. 0 (simulering nr. 107) og 1000 (simulering nr. 134) fremtidstrær. Fra disse figurene kan man se at selv om diameterfordelingen ved 1000 fremtidstrær er nærmere den reelle i de lavere diameterklasser, så er diameterfordelingen ved 0 fremtidstrær nærmere i de større diameterklasser. Dette forsterkes når man se på treslagsfordelingen mellom gran og andre treslag på figurene. Simuleringene med 0 fremtidstrær er derfor mer lik den reelle tynningen på denne flaten.



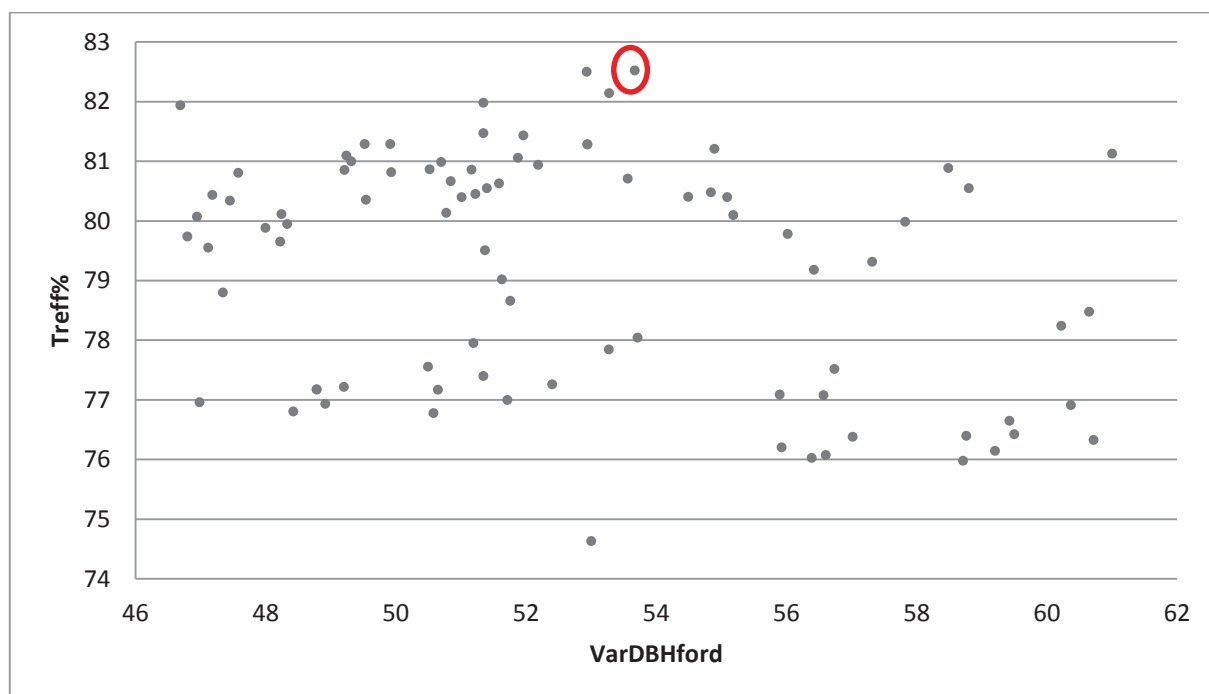
Figur 11: Diameterfordelinger for reell tynning, simulering nr. 107 med 0 fremtidstrær og simulering nr. 134 med 1000 fremtidstrær på flate 2. Mørke farger er gran, lyse farger er andre treslag.

Flate 7

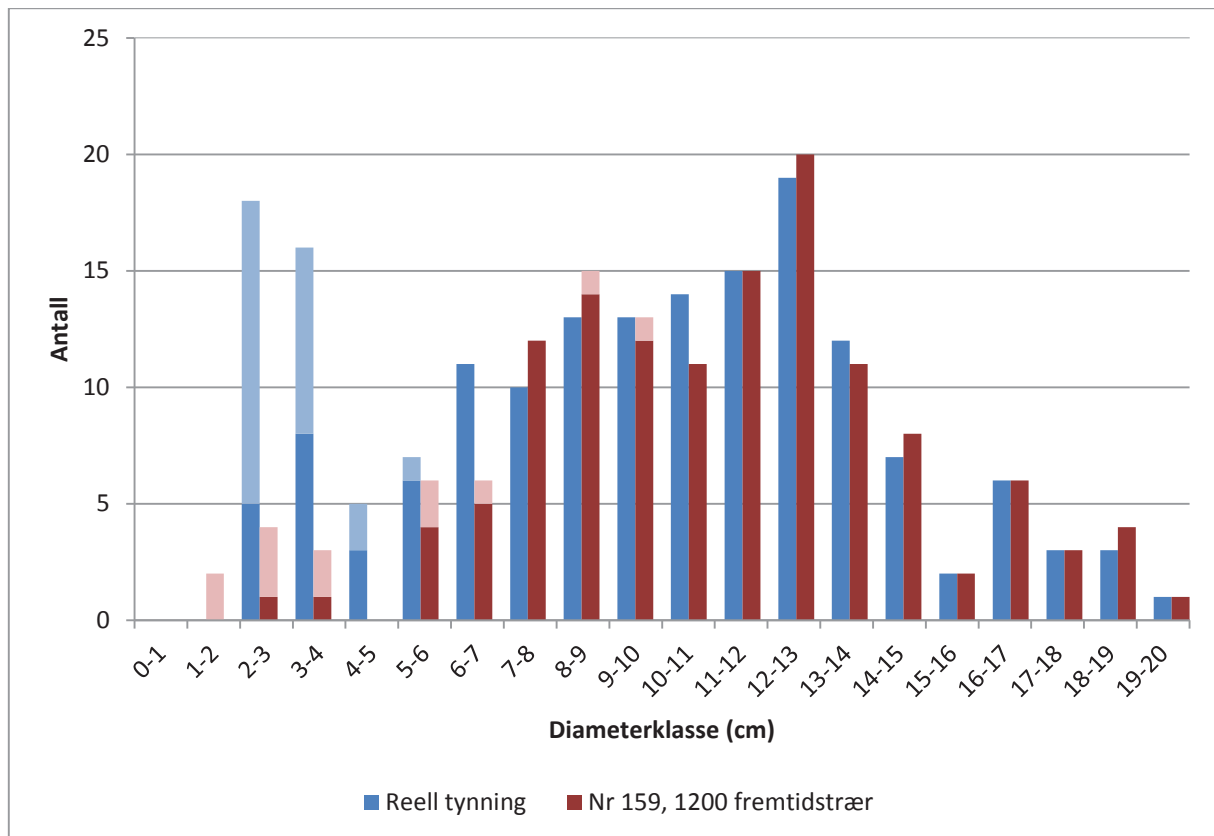
Simuleringene med 0 fremtidstrær den høyeste treff%, og 1000 fremtidstrær hadde klart lavest VarDBHford. Grunnet høyere andel furu etter tynning på denne flaten (Tabell 1) ble det også kjørt en simuleringsserie med 1000 fremtidstrær av valgfritt treslag. Disse simuleringene hadde også høyest treff% av alle simuleringene på flaten og hadde lavere VarDBHford enn 1000 og 1200 fremtidstrær av gran. Treff% for simuleringene med 0 fremtidstrær og simulasjonene med 1000 fremtidstrær av fritt treslag ble nær lik, men sistnevnte fikk en diameterfordeling som var nærmere den reelle. 1000 fremtidstrær av valgfritt treslag ga derfor simuleringer nærmest opp mot den reelle tynningen på denne flaten.

Flate 5

Treff% ble klart best med 1200 fremtidstrær, med de høyeste resultatene på over 82% av grunnflaten korrekt klassifisert. Det var jevnt over en høy VarDBHford, men den laveste ble funnet ved 1000 fremtidstrær. Simulering nr. 159 (merket med rødt i Figur 12) ved 1200 fremtidstrær var den simuleringen med høyest treff% blant alle simuleringer på alle flater. I Figur 13 vises diameterfordelinger etter reell tynning og for denne simuleringen. Det er tydelig at den største variasjonen i diameterfordelingene til den reelle tynningen og simuleringen ligger i de lavere diameterklasser (< 7 cm). I de høyere diameterklasser er fordelingene nesten identiske. Høy VarDBHford skyldes at flaten hadde et lavere spenn av diametre, som førte til at algoritmen delte den opp i 1 cm klasser og at det i den reelle tynningen er satt igjen et betydelig antall trær av liten diameter som ikke er med i den simulerte tynningen. Da treff% er vektet mot de større diametre og treff% er bedre ved 1200 fremtidstrær, er det simuleringer med 1200 fremtidstrær som ligner mest på den reelle tynningen på denne flaten.



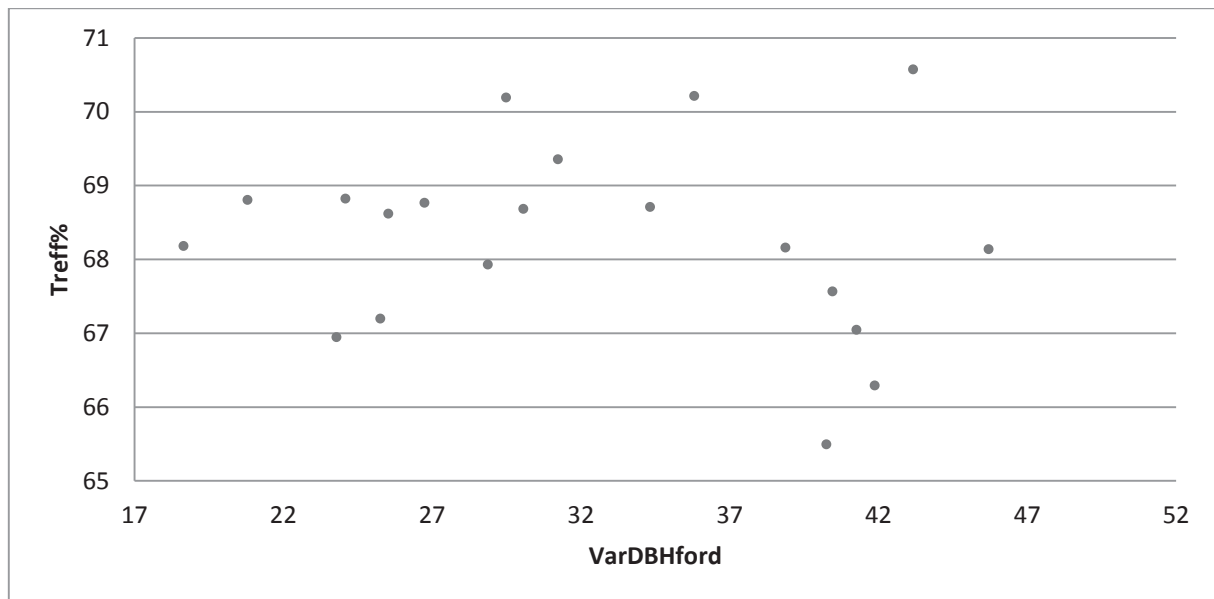
Figur 12: Sammenhengen mellom treff% og VarDBHford ved 1200 fremtidstrær på flate 5.



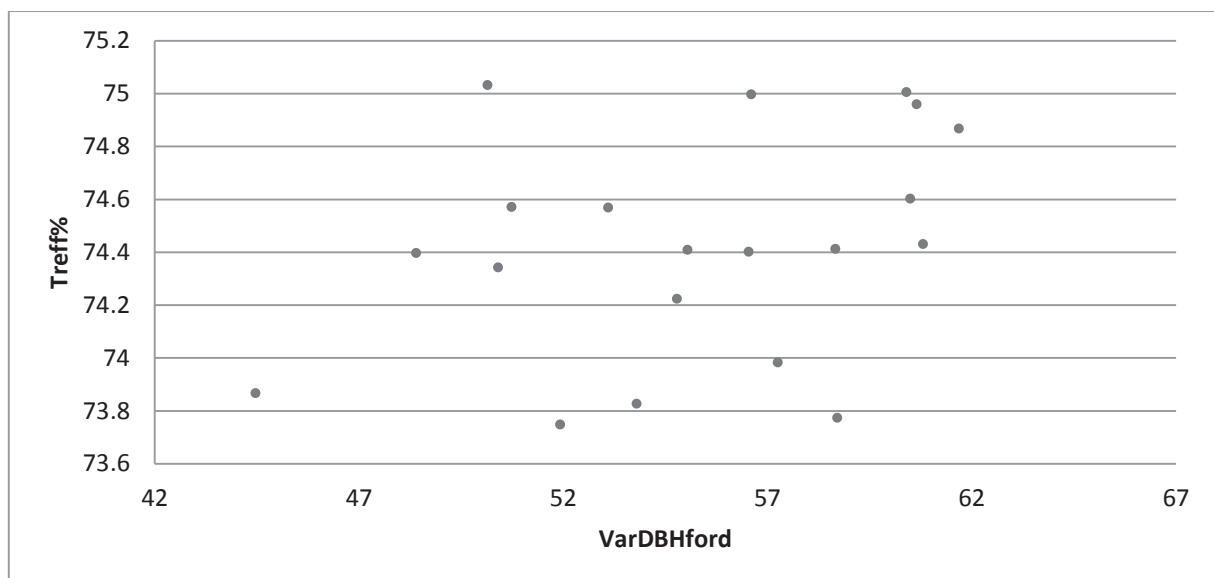
Figur 13: Diameterfordeling etter reell tynning og for simulering nr. 159 ved 1200 fremtidstrær på flate 5 (Merket med rødt i Figur 12) til høyre. Gran mørk farge, andre treslag har lys farge.

Flate 8

I flate 8 måtte målgrunnflaten justeres for alle simuleringer da algoritmen ga for lav resultatgrunnflate i alle simuleringsserier ved bruk av grunnflate etter reell tynning. Simuleringene med 1400 fremtidstrær hadde den høyeste treff%, mens simuleringene med 1000 fremtidstrær hadde lavest VarDBHford. Også i denne flaten ligger de store differansene i diameterfordelingen blant de laveste diameterklasser. Siden simuleringene med høyest treff% ved både 1000 og 1400 ligger i det øvre sjiktet av VarDBHford (Figur 14 og Figur 15) vurderes simuleringer med 1400 fremtidstrær som de som ligger nærmest den reelle tynningen siden treff% er høyere her. Dette betyr som tidligere forklart at disse simuleringene er nærmest den reelle tynningen i de høyere diameterklasser.



Figur 14: Sammenheng mellom VarDBHford og treff% ved simuleringer med 1000 fremtidstrær på flate 8.



Figur 15: Sammenheng mellom VarDBHford og treff% ved simuleringer med 1400 fremtidstrær på flate 8.

5.2 Stikkveisandel i uttaket

I simuleringene i denne oppgaven er trærne som sto i stikkveien fjernet fra datasettet da tynningen mellom stikkveiene er mer interessant å teste. Ved å fjerne trærne i stikkveien forsvinner en feilkilde ved nøyaktig plassering av stikkvei i *.str*-filen. Om ThinningSelector skal benyttes som en del av et hjelpemiddel til en hogstmaskinfører under tynningen vil stikkveien uansett bestemmes av hogstmaskinføreren. Det er likevel interessant å se på hvor stor andel av uttaket som er stikkvei for å kunne se hvor stor andel av den totale tynningen som er beskrevet i simuleringene, og for kap. 5.3 hvor den totale treff% for både trær i stikkvei og trær mellom stikkvei er beregnet. Tabell 5 viser andelen av uttaket, og andelen av grunnflate tatt ut i stikkvei i hver flate.

Tabell 5: Stikkveisandel i uttaket

Flate	1	2	3	4	6	7	5	8
Grunnflate tatt ut (m ² /ha)	14.12	15.20	11.29	14.40	12.05	11.31	10.43	16.05
Grunnflate stikkvei (m ² /ha)	5.81	4.37	5.08	6.74	4.90	3.27	4.34	5.45
Stikkveisandel av totaluttak (%)	41.12	28.75	45.02	46.76	40.63	28.91	41.63	33.97
Stikkveisandel av grunnflate før tynning (%)	19.59	13.78	18.62	20.87	16.16	10.53	20.07	16.42

En stor andel av det totale uttaket har foregått i stikkveiene. Med unntak av flate 2,7 og 8 var stikkveisuttaket over 40 %. I flate 2 er det tydelige planterekker, og ved å utnytte forbandet mellom rekkene tok stikkveien hovedsakelig ut kun en rekke, noe som sørget for at de nødvendige uttakene i forbindelse med stikkveien var lavere. I flate 7 var den ene stikkveien lagt til en allerede eksisterende sti eller traktorvei, noe som førte til at ingen trær var tatt ut i forbindelse med stikkveien langs denne siden. I flate 8 var de to ytre stikkveiene lagt langs åpne grupper, så selv om det var fjernet et stort antall trær i forbindelse med den sentrale stikkveien så er summen av disse fortsatt noe lavere enn de 5 gjenstående flatene.

Om stikkveisbredden er 4 m og det er 20 m fra midten av en stikkvei til midten av den neste utgjør dette 20 % av totalarealet. Dette betyr at uttaksandelen stikkveien utgjør fra den opprinnelige grunnflaten bør ligge rundt dette tallet. Variasjoner rundt dette tallet er avhengig av flere faktorer, som avstand mellom stikkveiene, andel av grunnflaten plassert der stikkveien går og vår vurdering i felt av hvilke trær som er tatt ut i forbindelse med stikkvei eller ikke.

5.3 Samlet vurdering

Algoritmen hadde høyest treff% på flate 5, fulgt av flate 1 og 4. Selv om dette var flatene der algoritmen i størst grad klarte å simulere den reelle tynningen var det store forskjeller flatene mellom både før og etter tynning når man sammenligner med alle de andre flatene (Tabell 1). Flate 5 er den minste flaten, og også den yngste flaten. Flaten hadde også den største andelen gran (98,9 %) etter tynning. Grunnflatemiddeldiameter (Dg) var den laveste blant alle flatene før og etter tynning. Flate 1 var den tredje største flaten, men samtidig den flaten med lavest treantall (N/ha) både før og etter tynning. Den hadde tredje yngste alder, men bare 2 år forskjell fra de 5 med høyest alder. Granandelen etter tynning var den tredje laveste. Flaten hadde den høyeste Dg både før og etter tynning. Flate nr. 4 hadde det tredje laveste arealet, men med det nest høyeste treantall (N/ha) før tynning og det fjerde høyeste etter tynning. Granandelen var den laveste før tynning og den nest laveste etter tynning. Flaten hadde tredje lavest Dg før og etter tynning. Flate 4 fikk også de laveste VarDBHford, dvs. at denne flaten hadde simuleringer med diameterfordeling mest lik den fra reell tynning.

I Tabell 6 vises gjennomsnittlig treff% for de unike simuleringsserier innenfor grunnflatekravet som best simulerer den reelle tynningen på flatene. Videre vises det gjennomsnittlig treff% blant de 10% simuleringer med høyest treff% i den valgte simuleringsserien. Til slutt vises samlet andel av

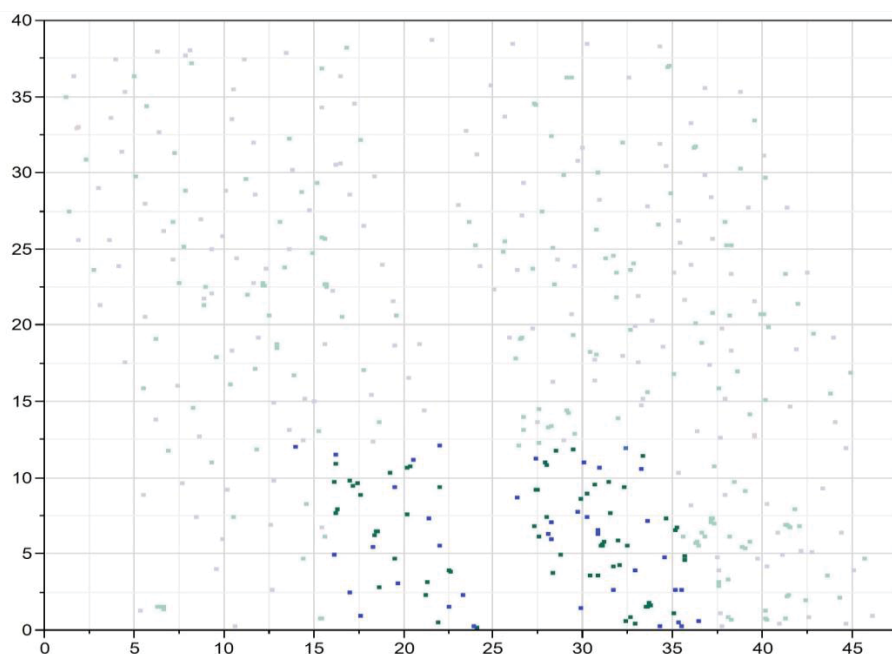
grunnflaten korrekt klassifisert forutsatt at arealene dekket av stikkvei har treff% på 100%. Den totale treff% ligger mellom 74,8 og 85,5% og gjennomsnittet på alle flatene er 79,8%.

Tabell 6: Treff% for de 10 % simuleringer med best treff% på alle flater, og total treff% iberegnet stikkvei.

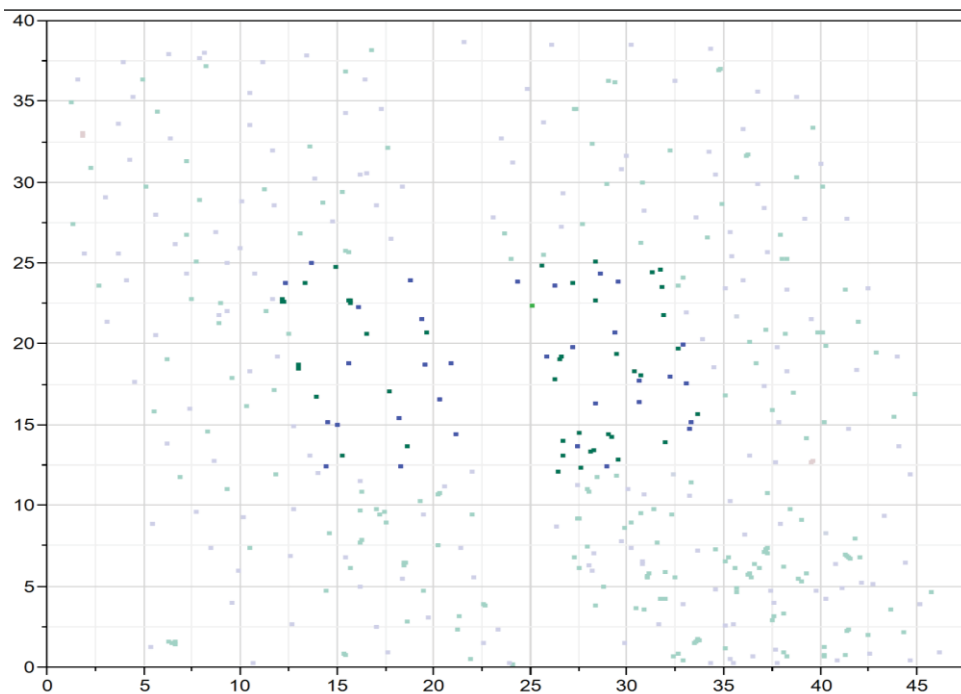
Flate	1	2	3	4	6	7	5	8
Beste simuleringer	1200	1200	0	1200, fritt treslag	0	1000, fritt treslag	1200	1400
Gjennomsnitt treff %	78.0	68.2	72.2	76.0	71.9	72.3	79.2	74.0
Gjennomsnitt treff% top 10% av simuleringer	80.9	70.8	73.0	77.2	73.5	74.2	81.8	75.0
% av grunnflate korrekt klassifisert totalt (stikkvei og tynning)	84.6	74.8	78.0	82.0	77.8	76.9	85.5	79.1

5.4 Resultater med redusert flatestørrelse

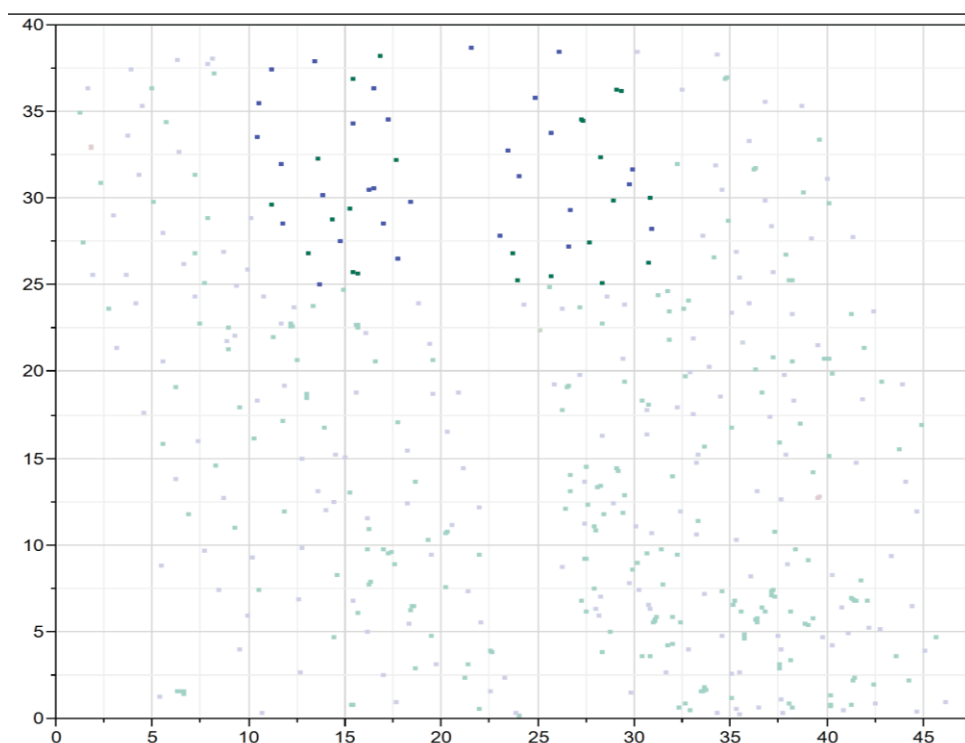
For å teste effekten av størrelsen på flaten ble et område tilsvarende 250m² plukket ut rundt den midtre stikkvei på flate 2. De tre flatene dette resulterte i kan sees i Figur 16, Figur 17 og Figur 18.



Figur 16: Plassering av trær og stubber på flate 2. Utsnitt 1 benyttet ved simuleringer på en mindre flate markert med mørkere farger.



Figur 17: Plassering av trær og stubber på flate 2. Utsnitt 2 benyttet ved simuleringer på en mindre flate markert med mørkere farger.



Figur 18: Plassering av trær og stubber på flate 2. Utsnitt 3 benyttet ved simuleringer på en mindre flate markert med mørkere farger.

Tabell 7 viser resultatene etter simulasjonsserier med mindre areal. Sammenlignet med hele flate 2 (Tabell 4) så ga 1000 og 1200 fremtidstrær på 2 av flatene en treff% som var 5 – 14 prosentpoeng høyere enn det var for hele flaten. Det midtre utsnittet fikk 3 – 14 prosentpoeng lavere treff% enn hele flaten. De 10 % simuleringer med høyest treff% ved 1200 fremtidstrær i utsnitt 3 hadde gjennomsnittlig treff% på 82,8.

Tabell 7: Resultater fra simulasjonsserier i ThinningSelector med ulike utsnitt fra flate 2.

Flate:	Antall fremtids-trær (N/ha)	Målgrunn-flate benyttet i TS (m ² /ha)	Antall unike simulasjoner	Antall innenfor 2 % grunnflate-avvik	Gjennomsnitt treff%	SD treff%	VarDBHford (%)	SD VarDBHford	Gjennomsnitt antall fremtids-trær valgt (N/ha)
2, utsnitt 1	0	17.28	79	12	53.6	4.6	77.2	14.7	0
	1000	16.51	94	18	70.8	3.7	51.0	7.2	557
	1200	16.51	101	29	74.3	4.1	67.0	13.5	574
2, utsnitt 2	0	15.85	110	10	56.1	2.8	41.6	4.2	0
	1000	13.89	92	13	61.1	6.3	50.3	6.9	670
	1200	11.35	85	20	54.4	3.8	54.9	5.0	750
2, utsnitt 3	0	14.11	98	20	57.2	4.4	52.1	8.4	0
	1000	12.61	75	12	80.2	3.3	42.8	3.5	642
	1200	11.63	62	20	81.7	3.0	40.7	5.8	657

5.5 Resultater uten de minste diameterklasser

For analysen uten trær og stubber i de minste diameterklassene ble flate 5 benyttet. Dette var fordi denne flaten både hadde den høyeste treff% av alle flatene, men også hadde den største differansen mellom simulert og reell diameterfordeling i de minste diameterklassene. Resultater etter simuleringene vises i Tabell 8. Uten trær i de minste diameterklasser ble som forventet VarDBHford lavere. Bortsett fra ved 0 fremtidstrær ble treff% lavere med 1-2 prosentpoeng i disse simuleringene. Det ble også funnet et gjennomsnittlig antall fremtidstrær som var betydelig lavere enn i de simuleringene der de minste diametre var tilstede. Dette ble forårsaket av at ved å fjerne et stort antall trær i de laveste diameterklassene ble minste DBH for fremtidstrær, bestemt av 50 percentilen, økt. Minste DBH for fremtidstrær ved det fulle datasettet tilsvarte DBH ved 25 percentil i det reduserte datasettet. Nye simuleringsserier med minste DBH bestemt av 25 percentil resulterte i en lavere VarDBHford enn tidligere, og en treff% tilsvarende de ved fullt datasett (Tabell 4).

Tabell 8: Resultater fra simulasjonsserier i ThinningSelector på flate 5 uten trær under 5 cm.

Flate:	Antall fremtids-trær (N/ha)	Målgrunnflate benyttet i TS (m ² /ha)	Antall unike simulasjoner	Antall innenfor 2 % grunnflate-avvik	Gjennomsnitt treff%	SD treff%	VarDBHford (%)	SD VarDBHford	Gjennomsnitt antall fremtids-trær valgt (N/ha)
5, over 5 cm	0	12.47	179	28	70.9	2.1	18.1	4.7	0
	1000	11.2	167	61	75.7	2.0	27.1	4.5	589
	1200	11.2	156	85	76.5	1.8	30.6	6.0	644
	1400	10.8	155	12	77.1	1.4	38.3	3.6	676
5, over 5 cm 25 percentil	1000	11.2	152	65	78.1	1.9	25.2	3.1	715
	1200	11.2	159	59	79.3	1.7	28.8	2.7	783
	1400	9.35	138	23	79.1	1.6	34.5	3.0	833

6. Diskusjon:

Algoritmen leverer et jevnt resultat på flater som varierer både med treslagsfordeling grunnflate, uttaksandel og romlig fordeling. Gitt kalibrering av antall fremtidstrær og målgrunnflate leverte den simuleringer som klassifiserte mellom 70% og 80% av grunnflaten i områdene mellom stikkveier på samme måte som maskinføreren. Det er denne delen av tynningen som er mest interessant da tynning i stikkveien foregår uavhengig av tynningsregler. Ser man bort fra de minste diametre gir algoritmen en god etterligning av diameterfordelingene etter de reelle tynningene. Algoritmen benytter kun art, posisjon og DBH for å oppnå denne treff%. Om algoritmen skal benyttes som en del av et system for å hjelpe hogstmaskinføreren å ta avgjørelser vil maskinfører kunne overstyre systemet i de tilfeller han er uenig i valget av trær men i de fleste tilfeller foreslo algoritmen de samme trær som maskinføreren i prøveflatene i denne undersøkelsen.

I løpet av en tynning vil maskinfører møte variasjoner av ulike skoglige forhold som romlig fordeling og treslagsblandinger og det er kjent at maskinførere ikke er konsekvent i sin tynning over tid. På større flater reduseres sannsynligheten for at maskinfører har tynnet på samme måte i alle stikkveiene, til samme tetthet i tett skog og mer åpen skog eller hvor konsekvent han er ved prioritering av ulike treslag. Tidligere forsøk har vist at den samme skogbrukeren i snitt bare valgte drøyt halvparten av de samme trær ved gjentakelse av samme tynning (Kahle 1995, lest via Daume og Robertson 2000). Daume og Robertson(2000) kommenterer også at om skogbrukeren er konsekvent i reglene sine kan det fortsatt dukke opp ulike resultater ved gjentak, men at dette viser at det finnes ulike måter å gjennomføre den samme tynningen på. Dette medfører at det er mindre sannsynlig med høye treff% på større prøveflater. Alle flatene i denne undersøkelsen var tynnet av de samme to førerne, en erfaren fører og en lærling. Det er ikke kjent hvilke flater som er tynnet av hvem av disse. Ved å implementere ThinningSelector i et hjelpemiddel til maskinfører vil man i større grad kunne unngå denne typen variasjoner over større områder.

Den resulterende diameterfordelingen sammenlignet med den reelle diameterfordelingen svinger veldig fra flate til flate, og dette skyldes i stor grad at de ulike flatene har noe varierende form på de reelle diameterfordelingene, der de minste trærne i større eller mindre grad er satt igjen. Algoritmen gir på sin side en tynning på samme måte i alle flater, der de minste diametre i de fleste tilfeller fjernes helt. Det kan være ulike årsaker til at maskinføreren i større grad setter tilbake enkelte og små grupper av små trær. Dette kan være både for å sette igjen utfyllingstrær i et åpent område, der de uansett ikke er i veien for et fremtidstre, kalt indifferente trær av Albrektson et al. (2008). Det kan også være fordi tidsforbruket ved kranforflytning og hogstoperasjoner ikke forsvaret den marginale gevinsten av å plukke med seg små trær (Björheden et al. 2002)). Da det i realiteten står igjen en del mindre trær som øker grunnflaten etter tynning, vil algoritmen i sine simuleringer sette igjen noen få trær i større diameterklasser som ellers var fjernet i realiteten for å oppnå samme grunnflate. Effekten av forskjellene i diameterfordeling blant de minste trær er betydelig for VarDBHford (Se kap. 5.5) men betyr mindre for treff%. I kapittel 5.5 vises effekten av å ikke registrere de minste trær. I dette eksempelet blir også effekten forsterket av små diameterklasser og et svært høyt antall trær i de minste diameterklasser.

Selv om algoritmen i utgangspunktet ikke er ment for treslagsblandinger så viser resultatene fra flate 4, 6 og 7 at den likevel kan oppnå gode resultater. Så lenge det ikke finnes store trær av treslag som

er ønsket fjernet i tynningen fungerer det bra å gi algoritmen fritt valg av fremtidstre uavhengig av art, da den kun tar hensyn til diameter og plassering ved valg av fremtidstre, eventuelt kan antallet fremtidstre settes til 0. Dette ga treff% i samme størrelsesorden som det man oppnådde i de flatene som var mer homogene med tanke på treslag både før og etter tynning.

Resultatene fra kapittel 5.4 viser at ved å dele en flate opp i mindre flater vil treff% variere i stor grad mot treff% til hele flaten. Intensjonen med disse analysene var å se om mindre flater førte til en høyere treff%. For to av flatene var det en tydelig økning av treff% opp mot den større flaten, mens for den siste var det en tydelig reduksjon. Ved å ha en mindre flate har man også et redusert treantall og dermed en redusert sannsynlighet for å ha spesielle situasjoner som påvirker valget av fremtidstrær. I tillegg vil det på en mindre flate være færre mulige måter å sette igjen trær som oppnår en grunnflate innenfor målgrunnflaten. Med økende antall trær vil det være et økende antall mulige kombinasjoner av tynnete og gjensatte trær som treffer svært nær samme grunnflate. Ved et likt antall simuleringer vil algoritmen derfor finne en større andel av de mulige måtene å tynne flaten på en mindre flate, og dermed øke sannsynligheten for at den finner en simulering nær eller lik den reelle tynningen. Det er derfor naturlig at man oftere vil få en høy treff% på en mindre flate enn på en større flate.

Resultatene i denne oppgaven er ikke direkte sammenlignbare med Fredriksson (2010) sine resultater. Treff% benyttet i analysene her tar hensyn til både trær som er tynnet ut, og gjestående trær, mens Fredriksson (2010) sine resultater benytter hvor stor prosent av trærne som er tynnet både i reell og simulert tynning. Det er likevel tydelig at simuleringen av flatene benyttet i Fredrikssons (2010) analyser oppnådde en høyere andel treff. Fredriksson (2010) benyttet mindre prøveflater, men selv ved å gjøre analyser på deler av en prøveflate oppnåddes det i denne studien ikke tilsvarende resultater. Trærne i flatene benyttet i Fredriksson (2010) sine tester var i gjennomsnitt eldre enn trærne i flatene benyttet i denne studien. I tillegg var flatene i denne studien dominert av gran, ikke furu som hos Fredriksson (2010). Dette kan tyde på at algoritmen er bedre tilpasset å simulere tynninger i eldre furuskog enn i yngre granskog eller at den arbeider etter regler mer likt de benyttet i Fredrikssons (2010) prøveflater enn de maskinføreren benyttet i flatene representert i denne studien.

Et problem med metodikken benyttet i analysene over er nødvendigheten av å justere målgrunnflaten sammenlignet med den reelle grunnflaten etter tynning. Metoden for å finne en målgrunnflate som ga resultater innenfor grunnflatekravet er svært enkel og gir sannsynligvis ikke den optimale målgrunnflaten. Standardavviket for treff% både for de simulasjonsserier som ga mange simuleringer innenfor grunnflatekravet og de simulasjonsserien som ga få innenfor grunnflatekravet ligger mellom 0,8 og 2 % og resultatene er ellers jevne. Dette betyr at selv om det hadde blitt tilpasset målgrunnflater som ga flere unike simuleringer innenfor grunnflatekravet i de enkelte simuleringsserier så ville ikke dette i noen stor grad endret gjennomsnittlig treff% for simuleringsserien. Da det for enkelte flater er svært tett mellom treff% i simuleringsseriene ville det likevel kunne hatt en innvirkning på hvilket antall fremtidstrær som best simulerte den reelle tynningen på flaten. Flere simuleringer innenfor grunnflatekravet ville også bety at enkeltsimuleringer med bedre treff% ville kunne bli funnet, og dermed økt gjennomsnittet av de 10 % simuleringer med best treff% presentert i Tabell 6. Skal algoritmen benyttes som en del av et hjelpemiddel for hogstmaskinføreren er det viktig at den kan levere en stabil resultatgrunnflate over tid for å kunne gi et forutsigbart resultat etter tynningen. Det kan derfor være av interesse at

algoritmen tar hensyn til grunnflaten fra tidligere arbeidssoner når den tynner en arbeidssone for å ta hensyn til variasjoner i den opprinnelige grunnflaten før tynning. Det må likevel begrenses i hvor stor grad den kan sette igjen trær, da en åpning i bestanden ikke bør medfølge at den i neste arbeidssone ikke tynner i det hele tatt. På samme måte kan heller ikke en stikkvei lagt til kanten av et bestand mot et åpent område (f.eks. flate 7) føre til at det ikke tynnes på andre siden av veien. Etter at en ønsket grunnflate bestemmes i systemet bør likevel en form for gjennomsnittlig grunnflate av de tidligere tynnede flatene åpne for en mulighet for at neste arbeidssone kan ha en variasjon på 10-15 % på den satte målgrunnflaten for å over tid jevne ut grunnflateforskjeller. På samme måte bør algoritmen begrense antall fremtidstrær i en arbeidssone om det er mange nok trær av stor diameter i den aktuelle arbeidssonen til at grunnflaten går langt over den ønskede.

I disse analysene er det også bare enkelte av de ulike parameterne i parameterfilen (Vedlegg 1) som er justert på mellom de ulike flater og simuleringsserier. Det hadde også vært interessant å se effekten av å justere minimum avstand mellom fremtidstrær (*croptree_mindist_par*) og minimum DBH av fremtidstre (*croptree_dbh_percentile*) på treff% og VarDBHford. For å holde omfanget av oppgaven til et reelt nivå uten å miste oversikt og sammenheng i de ulike analyser er det her likevel bare fokusert på enkelte av parameterne.

7. Referanser:

- Albrektson, A., Elfvig, B., Lundqvist, L. & Valinger, E. (2008) Skogsskötselserien nr 1, Skogsskötselns grunder og samband. *Skogsskötselserien*. 88 s.
- Arij, K., Caspersen, J.P., Jones, T.A. & Thomas, S.C. (2007) A Selection Harvesting Algorithm for use in Spatially Explicit Individual-based Forest Simulation Models. *Ecological Modelling* 211(2008): 251-266.
- Björheden, R., Gullberg, T. & Johansson, J. (2002) Systems Analyses for Harvesting Small Trees for Forest Fuel in Urban Forestry. *Biomass and Bioenergy* 24: 389-400.
- Brunner, A. & Fredriksson, C. (2010) A Thinning Model Describing Individual Tree Selection by Harvester Operators. *Manuscript*. 28 s.
- Daume, S. & Robertson, D. (2000) A Heuristic Approach to Modelling Thinnings. *Silva Fennica*, 34(3): 237-249.
- Eliasson, L. (1999) Simulation of Thinning with a Single-Grip Harvester. *Forest Science*, 45(1): 26-34.
- Fabrika, M. & Dursky, J. (2005) Algorithms and Software Solution of Thinning Models for SIBYLA Growth Simulator. *Journal of Forest Science*, 51(10): 431-445.
- Fredriksson, C. (2010) Modellering av Skördarförarens Trädval vid Gallring. UMB *Institutt for Naturforvaltning, Masteroppgave*. 72 s.
- Landsskogtakseringens Feltinstruks 2008. *Håndbok fra Skog og Landskap, 05/2008*. 153 s.
- Kahle, M. (1995) Die Analyse von Bestandseingriffen in einem Buchen-Edellaubholz Mischbestand. *Diplomarbeit, Forstliche Fakultät Göttingen*.
- Kahn, M. (1995) Auf Fuzzy Logik basierte Modellierung von Durchforstungseingriffen. *Allg. Forst- und Jagdzeitung* 166: 9-10, 169-176.
- Ovaskainen, H., Uusitalo, J. & Väättäin, K (2004) Characteristics and Significance of a Harvester Operators' Working Technique in Thinnings. *International journal of Forest Engineering*, 15(2): 67-77.
- Ovaskainen, H., Uusitalo, J & Sassi, T. (2006) Effect of Edge Trees on Harvester Positioning in Thinning. *Forest Science*, 52(6): 277-283.
- Söderbergh, I. & Ledermann, T. (2003) Algorithms for Simulating Thinning and Harvesting in Five European Individual-tree Growth Simulators: A Review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 39(2): 115-140.
- Tveite, B. (1977) Bonitetskurver for gran (Site-index curves for Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.)) *Medd. Nor. Inst. Skogforsk*. 33.1: 84 s.

Vedlegg 1: Parameterfil

[* ThinningSelector Settings *]

[*** Files ***]

Parameter_input_file	F:\ThinningSelector\Data\Flate2\flate2.par	(Plassering av parameterfil)
Tree_list_input_file	F:\ThinningSelector\Data\Flate2\flate2.tls	(Plassering av trelistefil)
Strip_road_input_file	F:\ThinningSelector\Data\Flate2\flate2.str	(Plassering av stikkveifil)

[*** Settings ***]

[- Tree list settings -]

NoSpecies	5	(Antall ulike treslag)
SpeciesNames	Gran Furu Bjørk Annen_lauv Annen_bar	(Navn på ulike treslag)

[- Plot settings -]

plotX_(m)	23.8	(Flatens utstrekning i X retning)
plotY_(m)	15.0	(Flatens utstrekning i Y retning)

[*** Parameters ***]

[- Strip road parameters -]

striproad_file_(0/1)	1	(Tilgang på stikkveifil nei/ja)
striproad_start_(0/1)	0	
harvester_direction_(0/1)	0	(Startretning for hogstmaskin)
striproad_width_(m)	0.1	(Stikkveibredde)
harvester_range_(m)	10.8	(Kranrekkevidde)
stop_distance_(m)	3.68	(Stopplengde for hogstmaskin)
workzone_y_backward_(m)	1	(Rekkevidde bak hogstmaskin)
RandomHarvStart_(0/1)	0	(Tilfeldig startpunkt nei/ja)

[- Crop tree parameters -]

croptree_number_ha_(/ha)	0	(Ønsket antall fremtidstrær)
croptree_mindist_par_(0..1)	0.55	(Faktor for minimum treavstand)
croptree_species_(listno.)	1	(Ønsket treslag for framtidstre)
croptree_min_dbh_diff_(cm)	2.0	(Variasjon rundt minimum DBH)
croptree_dbh_percentile_(%)	50.0	(Percentil for minimum DBH)

[- Basal area target -]

BA_target_(m2/ha)	17.28	(Målgrunnflate)
-------------------	-------	-----------------

[*** Options ***]

Circular_plot_(0/1)	0	(Prøveflate som sirkel nei/ja)
Circular_plot_expansion_(0/1)	0	(Utfyllning av manglende trær)
NoReplicates	100	(Antall simuleringer)
MultipleRunFileOutput	1	(Resultatfil for hver simulering)



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Postboks 5003
NO-1432 Ås
67 23 00 00
www.nmbu.no